

Tworzywa Sztuczne Przemysle

ISSN 2082-6877

DWUMIESIĘCZNIK

Wesołych Świąt!

BISTAR



huzap

ILLION

moldmaker.eu

Plastoplan
Tworzywa

PROORGANIKA

ROTOMAT
rotomoulding

RB
rolbatch
DR. LAABS

STORK
INJECTION MOULDING MACHINES

Wittmann

YUDO

Gdziekolwiek,
Jesteśmy bliżej niż myślisz



Pojemniki



Nakrętki i zamknięcia



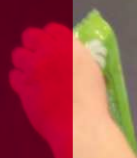
Kosmetyki



Wyroby medyczne



Higiena osobista



YUDO Rozwiązania wielogniazdowe
dla poprawy jakości produktu

**Łatwo,
Estetycznie,
Wydajnie.**

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



SPIIS TREŚCI

PORADNIK PRZETWÓRSTWA TWORZYW – MODYFIKACJA TWORZYW

- N 4** Wpływ dodatku poroforu chemicznego i włókna szklanego na wybrane właściwości wyprasek wtryskowych z poliamidu i polipropylenu
- 8** Wszechstronność zastosowań polipropylenu
- 10** Jak identyfikować pigmenty w recepturach lub wyrobach?
- F 11** GRAFE nadaje bogaty efekt jedwabistego połysku
- 12** Studia podyplomowe „Wyroby Lakierowe. Technologia i Zastosowanie”
- N 14** Krzemoorganiczne pochodne jako modyfikatory właściwości tworzyw termoplastycznych dla przyrostowej techniki FDM
- N 22** Innowacyjne materiały typu solid surface
- 26** Napętniać czy wzmacniać?

PROBLEMY I WADY W PROCESIE PRZETWÓRSTWA TWORZYWA SZTUCZNYCH

- 30** Wady wyprasek w przetwórstwie tworzyw sztucznych
- N 34** Wady w procesie produkcji części samochodowych z tworzyw sztucznych

PROCES PRZETWÓRSTWA TWORZYW – SPRZĘT I MASZYN

- F 40** Używane wtryskarki – kompleksowe podejście do relokacji, serwisu i przygotowania
- N 42** Normy dotyczące maszyn do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych
- N 46** Badania diagnostyczne przyczyn awarii wylączarki przemysłowej do tworzyw sztucznych fi 90
- 50** Maszyny do formowania rotacyjnego tworzyw i analiza działania
- 54** Dobra wtryskarka, czyli jaka?
- F 58** Bezprzewodowe liczniki cykli
- 60** Dozowanie granulatu w przemyśle tworzyw sztucznych

PORADNIK PRZETWÓRSTWA TWORZYW – RECYKLING I EKOLOGIA

- F 62** Kompatybilizatory do recyklingu – Gabriel-Chemie wprowadza na rynek nową serię produktów MAXILOOP
- N 64** Recyklat czy oryginał? Oto jest pytanie!
- F 69** Maszyny do pomocy w procesach produkcyjnych
- N 70** Rozwiązanie gospodarki wodno-osadowej w recyklingu tworzyw sztucznych

PORADNIK PRZETWÓRSTWA TWORZYW – PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA

- N 74** Zaawansowane materiały polimerowe dla energetyki jądrowej

WYDARZENIA BRANŻOWE

- 77** Plastics Industry Meeting 2024
- 78** Konferencja PLASTINVENT'2024

OZNACZENIA: **F** – artykuł firmowy; **N** – artykuł naukowy

Tworzywa Sztuczne
Przemysły

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

Wydawca

Media Tech s.c.
mediatech@tworzywasztuczne.biz

Adres redakcji

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

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 Nabiałek**
dr inż. **Paweł Palutkiewicz**
dr hab. inż. **Marta Piątek-Hnat**
prof. nadzw. dr hab. inż. **Andrzej Pusz**
prof. dr hab. inż. **Janusz Sikora**
dr inż. **Aneta Tor-Świątek**
dr inż. **Łukasz Wierzbicki**
dr inż. **Piotr Żach**

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

Redakcja nie odpowiada za treść reklam oraz artykułów promocyjnych. Zastrzegamy sobie prawo do skracania i adiacji tekstów. Przedruk i rozpowszechnianie artykułów i reklam opracowanych przez redakcję są zabronione bez zgody wydawcy.



facebook
POLUB NAS
NA FACEBOOKU!

Wpływ dodatku poroforu chemicznego i włókna szklanego na wybrane właściwości wyprasek wtryskowych z poliamidu i polipropylenu

Paweł Palutkiewicz, Marta Bold

Termoplastyczne kompozyty polipropylenowe są szeroko stosowane w wielu gałęziach przemysłu ze względu na niski koszt, łatwość formowania wtryskowego i szerokie parametry temperatury przetwarzania. Stosowanie napelniaczy zależy od tego, czy celem jest obniżenie kosztów produkcji, czy też zmiana właściwości wyprasek. Możliwość zastosowania różnych rodzajów modyfikacji (napelniacze włókniste lub proszkowe) umożliwia poprawę różnych właściwości tworzyw [1–5]. Trudne jest jednak osiągnięcie poprawy we wszystkich aspektach jednocześnie. Napelniacze pozwalają na znaczne zaoszczędzenie surowca stosowanego do wytwarzania wyrobów z tworzyw. Zaoszczędzenie ilości tworzywa można również osiągnąć poprzez jego porowanie [6–12]. Wtryskiwanie porujące należy do niekonwencjonalnych metod wtryskiwania. W procesie tym otrzymuje się wypraski z litym zewnętrznym naskórkim i porowatym rdzeniem [8,9]. Proces porowania można prowadzić za pomocą konwencjonalnych wtryskarek i form, co jest ważne ze względu na koszty produkcji. Metoda ta pozwala też na zmniej-

szczenie masy wyprasek, ich skurczu i zapadnięć, oraz skrócenie czasu cyklu wtrysku (poprzez zmniejszenie lub wyeliminowanie ciśnienia i czasu docisku). Istnieją dwie metody porowania wyprasek: wtryskiwanie z porofoarami chemicznymi i wtryskiwanie z porofoarami fizycznymi (mikroporujące MuCell) [10,11]. Porofoary chemiczne wprowadzane są do polimeru przed procesem przetwórstwa. Zazwyczaj dodaje się je w ilości 0,1–3% mas. Zjawisko porowania zachodzi przez rozkład poroforu i wydzielanie gazu (N lub CO₂) na skutek spadku ciśnienia podczas napełniania gniazda formy tworzywem. Porofoary te dzielą się na endotermiczne (nieorganiczne) i egzotermiczne (organiczne). Obecnie częściej stosuje się porofoary endotermiczne ze względu na korzystniejszą strukturę porowatą (drobne, gęsto rozmieszczone pory) i łatwiejsze ustawienie parametrów procesu. Właściwości wyprasek porowatych i ich struktura zależą od takich czynników jak: temperatura formy, temperatura wtrysku, ciśnienie i czas docisku, a także od kształtu i wymiarów gniazda formy [8–14].

W pracy dokonano oceny wpływu dodatku środka porującego

Tabela 1. Parametry procesu wtryskiwania

Rodzaj tworzywa	Czas [s]			Temperatura [°C]		Ciśnienie docisku [MPa]	Prędkość wtryskiwania [cm ³ /s]
	wtrysku	docisku	chłodzenia	wtryskiwania	formy		
PA6	0,5	15	20	265	60	70	60
PA6 + 1% por.	0,5	2	20	265	60	30	60
PA6 + 15% GF	0,5	15	20	265	60	70	60
PA6 + 15% GF + 1% por.	0,5	2	20	265	60	30	60
PA6 + 30% GF	0,5	15	20	265	60	70	60
PA6 + 30% GF + 1% por.	0,5	2	20	265	60	30	60
PP	0,85	20	20	210	20	60	60
PP + 1% por.	0,85	5	20	210	20	20	60
PP + 15% CF	0,85	20	20	210	20	60	60
PP + 15% CF + 1% por.	0,85	5	20	210	20	20	60
PP + 30% CF	0,85	20	20	210	20	60	60
PP + 30% CF + 1 % por.	0,85	5	20	210	20	20	60

i napelniaczy (włókna szklanego i węglowego) na właściwości wyprasek wtryskowych z PA6 i PP. PA6 jest tworzywem stosowanym zazwyczaj do wytwarzania elementów poddawanych dużym obciążeniom (elementy konstrukcyjne), a PP jest stosowany do wytwarzania wyrobów, które zwykle nie są poddawane dużym obciążeniom mechanicznym (np. zderzaki samochodowe).

Celem badań była ocena wpływu napelniaczy w postaci włókien szklanych i węglowych oraz poroforu chemicznego na wybrane właściwości wyprasek wytwarzanych z tworzyw termoplastycznych.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA – MATERIAŁY

Badaniom poddano próbki wytworzone z poliamidu 6 - nienapełnionego Bazamid PA6 Natural (Granulat Sp.j.) i PA6 z 30% mas. włókna szklanego Bazamid PA6 GF30 Natural (Granulat Sp.j.) napełnionego podczas procesu produkcji granulatu oraz z polipropylenu (Moplen HP456J (Basell Orlen Polyolefins). PP napełniano włóknami węglowymi Tenax-J HT C493 (Tenax). Jako porofor stosowano Hydrocerol CF (Clariant).

METODYKA BADAŃ

Tworzywo suszono przed procesem wtryskiwania przez 24h w temp. 100 °C. Próbkę z PA6 z 15% mas. włókna szklanego otrzymano przez zmieszanie dwóch rodzajów granulatu: nienapełnionego i napełnionego włóknem szklanym w ilości 30% mas. Porowatą strukturę wyprasek uzyskano przez dodanie 1% masy endotermicznego poroforu Hydrocerol CF w postaci proszku. Granulat z tworzywa mieszano z poroforem przed procesem wtryskiwania. Wypraski z polipropylenu uzyskiwano z tworzywa Moplen HP456J zarówno nienapełnionego, jak i z dodatkiem 15 i 30% mas. włókien węglowych Tenax-J HT C493. Włókna węglowe z polipropylem mieszano na wylączarce z granulatem celem uzyskania zhomogenizowanych granulatu. W celu wytworzenia struktury porowatej użyto, podobnie jak w przypadku tworzywa PA6, 1% mas. poroforu Hydrocerol CF. Próbkę w postaci wiosełek o grubości 4 mm zgodnych z normą [15] poddano statycznej próbie rozciągania. Próbkę wykonano przy zastosowaniu formy dwugniazdowej zainstalowanej we wtryskarce KM65-160 (Krauss-Maffei). Parametry procesu wtryskiwania przedstawiono w tabeli 1.

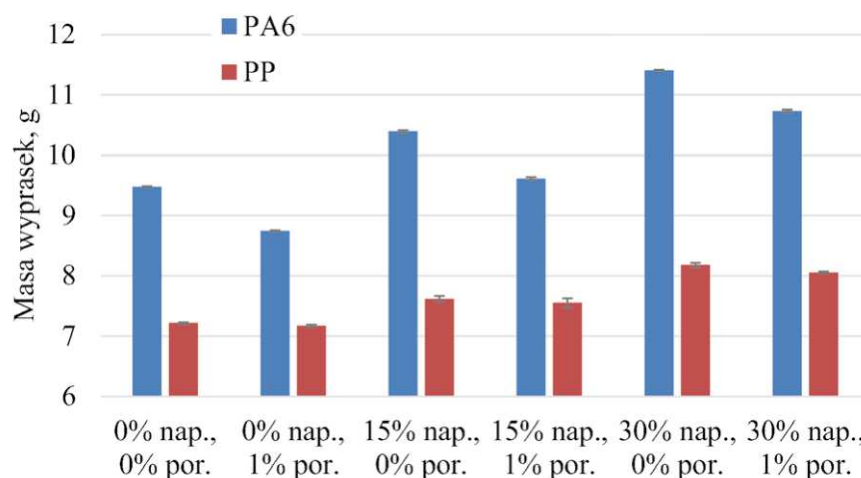
Wytwarzano zarówno wypraski lite (bez poroforu), jak i porowate. W przypadku wyprasek z dodatkiem poroforu możliwe było wytwarzanie wyprasek ze zmniejszonym ciśnieniem i skróconym czasem docisku, gdyż rozkład poroforu mógł powodować efekt podobny do wywołanego w fazie docisku w konwencjonalnym procesie wtryskiwania. Umożliwiało to ponadto skrócenie czasu całego cyklu wtryskiwania. Wypraski z PA6 i PP wytwarzane były przy oddzielnych parametrach przetwarzania, koniecznych do uzyskania poprawnie wytworzonych wyprasek (bez zapadnięć i niedolewów). Parametry te były różne dla dwóch badanych tworzyw.

Określono masę wyprasek z jednego gniazda formy (aby zapobiec błędom po-

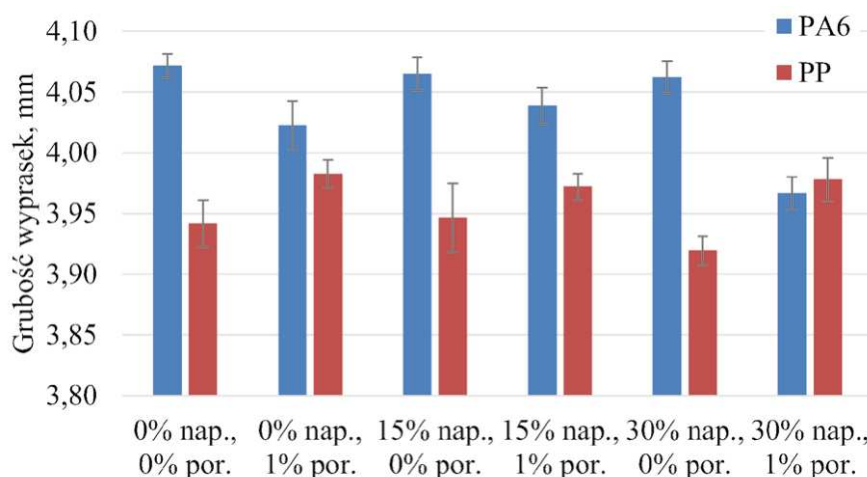
miarów wynikających z niedokładności jej wykonania). Średnią masę wyprasek z poszczególnych cykli badań określono z dokładnością $\pm 0,1$ mg za pomocą wagi laboratoryjnej. Pomiar grubości wyprasek wykonano za pomocą mikrometru cyfrowego z dokładnością $\pm 0,01$ mm, po upływie 24h od zakończenia wtryskiwania. Grubość mierzono w środku wyprasek. Wysokość gniazda formującego wynosiła 4,1 mm. Badanie twardości przeprowadzono metodą wciskania kulki zgodnie z normą [16]. Twardość zbadano w środkowej części wyprasek z wykorzystaniem twardościomierza kulkowego. Wytrzymałość na rozciąganie (σ_m) określono w statycznej próbie jednoosiowego rozciągania. Prędkość rozciągania wynosiła 50 mm/min. Badania strukturalne przeprowadzono z wykorzystaniem stereoskopowego mikroskopu inspekcyjnego. Obserwowano przełomy środkowej części próbki, prostopadle do kierunku przepływu tworzywa.

WYNIKI BADAŃ

Na rys. 1 przedstawiono wpływ dodatku poroforu na masę wyprasek. Obserwowano obniżenie masy o ok. 8% dla wszystkich wyprasek, zarówno litych, jak i z 15 i 30% zawartością włókna szklanego. Dodatek włókna szklanego w ilości 15% spowodował zwiększenie masy wyprasek o ok. 10% w stosunku do wyprasek nienapełnionych, a dodatek włókna szklanego w ilości 30% spowodował wzrost masy o ok. 20% w stosunku do wyprasek nienapełnionych. W przypadku wyprasek z PP, dodatek poroforu przyczynił się do obniżenia masy o ok. 2% dla wyprasek litych i napełnionych. Napelniaz w postaci włókna węglowego spowo-



Rys. 1. Masa wyprasek z PA6 i PP



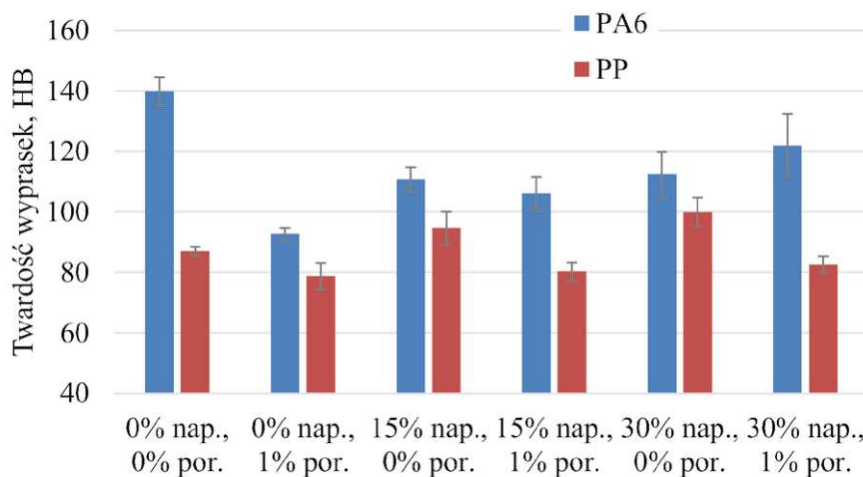
Rys. 2. Grubość wyprasek z PA6 i PP

dołwał wzrost masy w stosunku do wyprasek nienapełnionych o ok. 5% dla 15% włókna węglowego i ok. 8% dla 30% włókna węglowego. Porównując masę nienapełnionych wyprasek z PA6 z masą wyprasek z PP, zauważono, że wypraski z PA6 mają większą masę niż wypraski z PP, co wynika z różnych gęstości tworzyw.

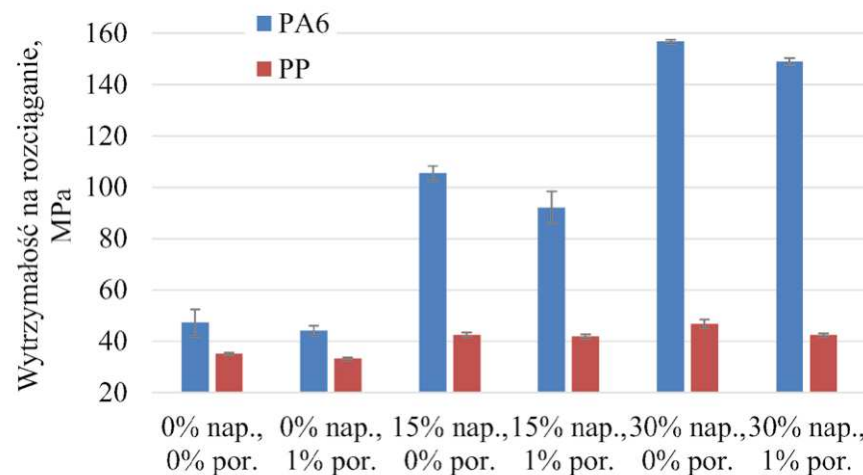
Na rys. 2 przedstawiono wyniki pomiarów grubości wyprasek z PA6. Zauważono, że wypraski zawierające 1% mas. poroforu miały mniejszą grubość niż wypraski lite. Było to spowodowane najprawdopodobniej niedostateczną efektywnością środka porującego, a także skróceniem czasu do czasu w przypadku wytwarzania wyprasek porowatych. Dla wyprasek litych, dodanie napełniacza nie przyczyniało się do zmiany stabilności wymiarowej wyprasek. Zauważono jednak mniejszą efektywność procesu porowania dla wyprasek z 30% zawartością włókna szklanego. Analizując wyniki pomiarów grubości wyprasek z PP, stwierdzono, że w przypadku tego tworzywa proces porowania przebiegał bardziej efektywnie niż w przypadku wyprasek z PA6. Wprowadzenie poroforu rekompensowało w pewnym stopniu skurcz tworzywa litego. Dodanie poroforu do tworzywa PP zarówno nienapełnionego, jak i napełnionego pozwalało na zachowanie stabilności wymiarowej uzyskanych wyprasek. Podobnie jak w przypadku tworzywa PA6, dodanie napełniacza do tworzywa bez poroforu nie wpływało w sposób istotny na stabilność wymiarową wyprasek. Porównując próbki z PA6 z próbkami z PP zauważono, że wypraski lite z PP wykazywały mniejszą stabilność wymiarową względem wymiarów gniazda formującego. Było to spowodowane różnicą w wartościach skurczu obu badanych tworzyw.

Na rys. 3 przedstawiono wpływ dodatków do tworzyw na ich twardość. Zauważono, że w przypadku wyprasek z PA6 nienapełnionych i napełnionych, dodatek poroforu przyczyniał się do zmniejszenia twardości. Największe różnice występowały w przypadku wyprasek nienapełnionych i sięgały ok. 35%. Dla wyprasek napełnionych różnice twardości znajdowały się w zakresie błędu pomiarowego. Dodatek napełniacza przyczynił się do zmniejszenia twardości wyprasek o 22% względem wyprasek nienapełnionych. W przypadku wyprasek z PP zauważono, że porofor wpływa w pewnym stopniu na zmniejszenie twardości, szczególnie w przypadku wyprasek z dodatkiem włókien węglowych. Dodanie napełniacza do tworzywa przetwarzanego przyczyniło się do proporcjonalnego zwiększenia twardości wraz ze wzrostem ilości napełniacza. Porównując oba badane tworzywa, zauważono, że dodatek poroforu zmniejszał twardość wyprasek względem wyprasek litych.

Na rys. 4 przedstawiono wyniki wytrzymałości na rozciąganie. Dodatek poroforu w niewielkim stopniu obniżał wytrzymałość. W przypadku wyprasek z PA6 największy wpływ na wytrzymałość na rozciąganie miała zawartość włókna szklanego. Dodanie 15% napełniacza przyczyniło się do 100-proc. wzrostu wytrzymałości na rozciąganie względem wyprasek litych, 30% napełniacza przyczyniło się do 200-proc. wzrostu względem wyprasek nienapełnionych.



Rys. 3. Twardość wyprasek z PA6 i PP



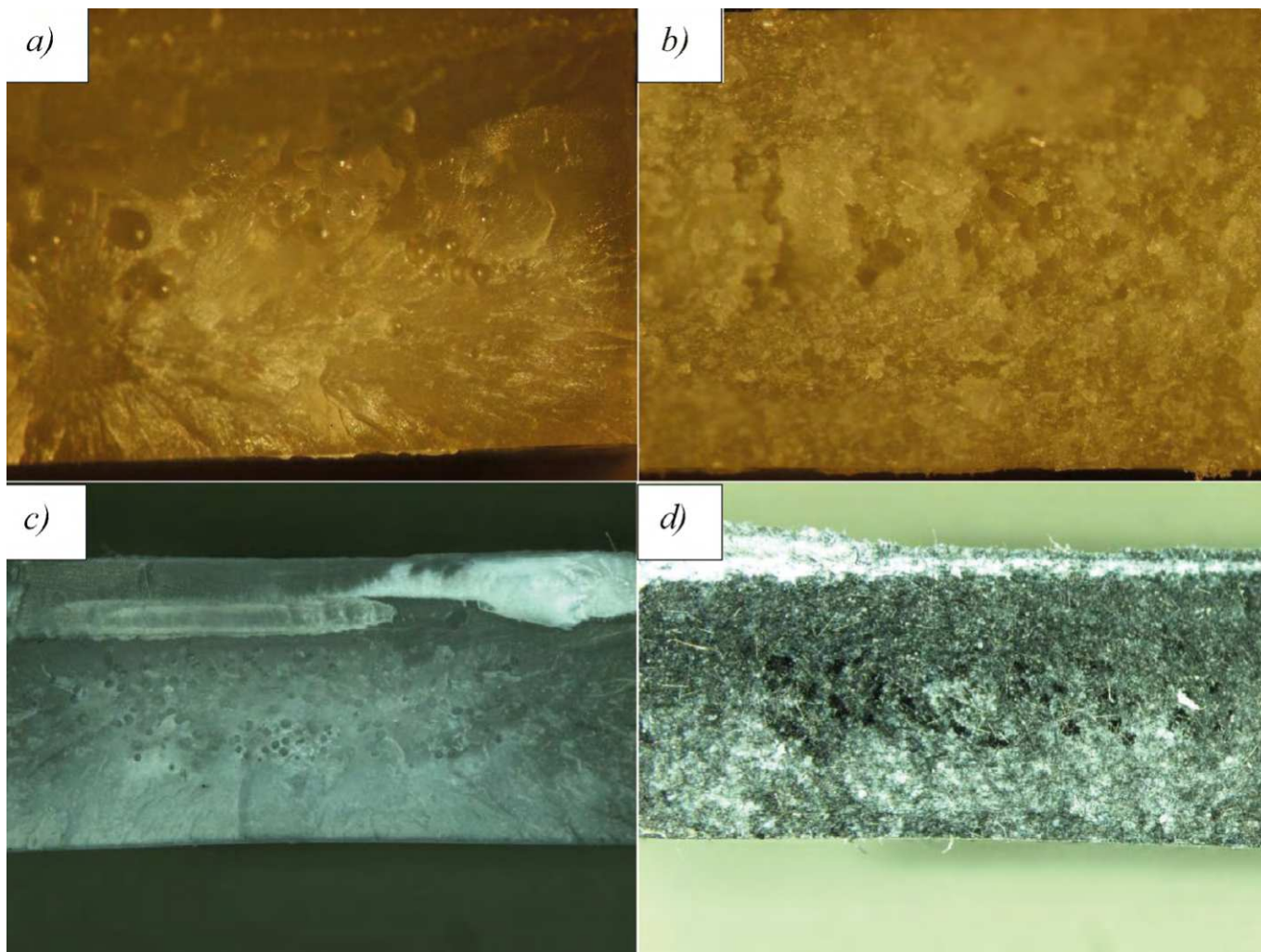
Rys. 4. Wytrzymałość na rozciąganie wyprasek z PA6 i PP

Z wyników pomiarów wytrzymałości na rozciąganie dla PP wynika, że podobnie jak w przypadku PA6, dodatek poroforu w sposób nieznaczny wpływał na zmiany wytrzymałości na rozciąganie. Największy wpływ na tę wartość miała zawartość napełniacza. Dodanie 15% napełniacza zwiększało wytrzymałość na rozciąganie o ok. 17%. Porównując ze sobą dwa badane tworzywa, stwierdzono, że zdecydowanie większy wpływ na wytrzymałość na rozciąganie wyprasek miał dodatek napełniacza, niż dodatek poroforu. W przypadku pomiaru wydłużenia przy sile maksymalnej (ϵ_m) zaobserwowano, że znacznemu wydłużeniu ulegały jedynie wypraski z litego, nienapełnionego PA6. Pozostałe wypraski charakteryzowały się kruchym pękaniem przy zrywaniu.

Porównując obrazy przedstawione na rys. 5, zauważono, że w obu badanych tworzywach występował lity naskórek i porowaty rdzeń. W przypadku wyprasek z PA6 pory były mniej liczne i miały większą średnicę niż w przypadku wyprasek z PP. Mogło to być spowodowane zarówno różnymi właściwościami badanych tworzyw, jak i różnymi parametrami ich przetwórstwa.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dodatek napełniacza ma większy wpływ na właściwości wyprasek niż dodatek poroforu. Dodanie poroforów obniża masę i twardość wyprasek, wpływa na ich stabilność wymiarową i nieznacznie pogarsza właściwości wytrzymałościowe. Oba napełniacze przyczyniają się do znacznego wzrostu masy wyprasek i wytrzymałości na rozciąganie. Napełniacze nie wpływają na stabilność wy-



Rys. 5. Struktura przełomu wyprasek; a) PA6 z poroforem, b) PA6 z poroforem i 30% zawartością włókna szklanego, c) PP z poroforem i d) PP z poroforem i z 30% zawartością włókna węglowego

miarową wyprasek. Stwierdzono, że porofory mogą przyczyniać się do niewielkiej zmiany właściwości wyprasek napełnionych, jednak istotnym faktem wpływającym na korzyść stosowania środków porujących jest możliwość skrócenia fazy cyku wtryskiwania. Ponadto różne tworzywa i różne napełniacze mają różne właściwości, a proces wytwarzania z nich wyprasek wymaga stosowania odmiennych warunków przetwórstwa, co również ma znaczny wpływ na właściwości uzyskiwanych wyrobów.

LITERATURA

- [1] T. Sterzyński, I. Śledź, *Polimery* 2007, 52, nr 6, 443.
- [2] A. Banasiak, T. Sterzyński, *Kompozyty* 2002, 2, nr 3, 126.
- [3] W. Królikowski, Z. Rosłaniec, *Nanokompozyty polimerowe*, *Kompozyty* 2004, 4, nr 9, 3.
- [4] D. Żuchowska, *Polimery konstrukcyjne*, WNT, Warszawa 1995 r.
- [5] H. Saechtling, *Tworzywa sztuczne, Poradnik*, WNT, Warszawa 2000 r.
- [6] R. Sikora, *Przetwórstwo tworzyw wielkokształeczkowych*, Wydawnictwo Edukacyjne Zofii Dobkowskiej, Warszawa 1993 r.
- [7] T. Garbacz, *Polimery* 2013, nr 4, 295.
- [8] E. Bociąga, *Specjalne metody wtryskiwania tworzyw sztucznych*, WNT, Warszawa 2008 r.
- [9] M. Bieliński, *Techniki porowania tworzyw termoplastycznych*, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 2004 r.
- [10] <https://trexel.com/technology-solutions/mucell/>, dostęp

12 grudnia 2019 r.

- [11] A. K. Błędzki, O. Faruk, H. Kirschling, J. Kühn, A. Jaskiewicz, *Polimery* 2006, 51, nr 10, 695.
- [12] T.A. Osswald, L-S. Turng, P.J. Gramann, *Injection Molding Handbook*, Hanser Publishers, Cincinnati 2001 r.
- [13] P. Palutkiewicz, P. Postawa, *J. Cell. Plastics* 2015, 52, nr 4, 399.
- [14] P. Palutkiewicz, *Przetwórstwo tworzyw polimerowych: Aspekty technologiczne i nowe trendy*. Monografie, Politechnika Lubelska 2015 r.
- [15] PN-EN ISO 527-2:1998, *Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu*.
- [16] PN-EN ISO 2039-1, *Tworzywa sztuczne. Oznaczanie twardości. Cz. 1. Metoda wciskania kulki*.

Artykuł pod oryginalnym tytułem "Wpływ dodatku środka porującego i napełniacza na wybrane właściwości wyprasek wtryskowych z poliamidu 6 i polipropylenu" został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny” nr 99/1 (2020), s. 145-148.

dr hab. inż. Paweł Palutkiewicz, prof. PCz¹, dr inż. Marta Bold²

1 – Katedra Technologii i Automatykacji Politechniki Częstochowskiej

2 – afiliowała do Katedry Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Częstochowskiej

Wszechstronność zastosowań polipropylenu

Polipropylen ze względu na swoje fizyczne i chemiczne właściwości znajduje zastosowanie w wielu branżach przetwórczych. Co sprawia, że polipropylen jest tak chętnie wykorzystywanym tworzywem?

Jedną z istotnych cech jest wysoka odporność chemiczna na różnego rodzaju substancje. Polipropylen wykazuje wysoką odporność na działanie agresywnych chemikaliów takich jak kwasy, zasady czy rozpuszczalniki. Dodatkowo jego neutralność biologiczna pozwala na szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym i medycznym. Tworzywo charakteryzuje niska przepuszczalność pary wodnej, co w połączeniu z jego właściwościami mechanicznymi sprawia, że polipropylen jest stosowany do produkcji opakowań.

Jednak najistotniejszymi zaletami polipropylenu są łatwość przetwarzania i możliwość modyfikacji właściwości tworzywa przez stosowanie odpowiednich dodatków (compounding), co daje niemal nieskończoność możliwych modyfikacji oraz zastosowań. To właśnie te właściwości sprawiły, że jest to jedno z najchętniej wybieranych tworzyw do produkcji wyrobów zarówno wysoko specjalistycznych, o złożonych kształtach i wymiarach, jak i produkowanych na masową skalę, gdzie ważny jest także aspekt cenowy.

Z punktu widzenia nadchodzących regulacji takich jak PPWR, ELV, ESPR oraz związanych z tym zmian w przetwórstwie tworzyw polipropylen jest tworzywem z ogromnym potencjałem rozwoju. Dzieje się tak między innymi dlatego, że polipropylen jest łat-

two i powszechnie recyklowany i będzie wypierał z rynku inne materiały, których recykling jest kłopotliwy. Tworzywo może być poddane zarówno recyklingowi mechanicznemu, jak i recyklingowi chemicznemu - te metody recyklingu będą odgrywały bardzo istotną rolę w spełnieniu wymagań narzuconych przez regulacje unijne. Dodatkowo polipropylen, w porównaniu do innych tworzyw, charakteryzuje się stosunkowo niskim śladem węglowym, co przyczynia się do osiągnięcia celów związanych z ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych.

Z unikatowych właściwości polipropylenu oraz powstających na jego bazie compoundów korzysta w mniejszym lub większym stopniu niemal każdy sektor przemysłu. Główne obszary wykorzystania tworzywa obejmują:

- przemysł spożywczy i branżę opakowaniową, gdzie tworzywo wykorzystywane jest do produkcji folii spożywczych, opakowań giętkich i sztywnych, pojemników, skrzyń, tacek czy wszelkiego typu zamknięć;
- przemysł medyczny i farmaceutyczny – z PP produkowana jest włóknina spunbond wykorzystywana do produkcji odzieży medycznej, tworzywo wykorzystywane jest także do produkcji akcesoriów medycznych, sprzętu diagnostycznego, jednorazowych naczyń i strzykawek;
- przemysł włókienniczy - m.in. produkcję wykładzin, dywanów, tkanin czy włókien syntetycznych;
- branżę przetwórstwa obejmującą produkcję wszelkiego rodzaju artykułów gospodarstwa domowego, zabawek i innych artykułów rekreacyjnych;
- branżę budowlaną – do produkcji rur, płyt i profili, membran dachowych, włókien, systemów kanalizacyjnych i drenażowych czy elementów montażowych;
- branżę elektroenergetyczną – do produkcji izolacji kablowych i elementów elektroinstalacyjnych;
- branżę meblową - do produkcji akcesoriów meblowych oraz tkanin i włókien;
- przemysł motoryzacyjny, w szczególności produkcję części karoserii, zderzaków, elementów lusterek, wyposażenia kokpitów i elementów spienionych EPP.

Lista możliwych zastosowań polipropylenu i jego modyfikacji jest znacznie szersza i dotyczy niemal każdego sektora gospodarki.

Grupa Azoty Polyolefins S.A. jest producentem polipropylenu Gryfilen®. Portfolio produktowe to kilkanaście typów homopolimerów i kopolimerów, zarówno randomicznych jak i wysokoudarowych, które znajdują zastosowanie we wszystkich procesach wytwarzania (termoforming, formowanie wtryskowe, ekstruzja włókien, ekstruzja folii, ekstruzja płyt i arkuszy) i dla wielu zastosowań w szerokiej gamie wyrobów gotowych.



Gryflen[®]

POLYPROPYLENE

POLSKI PRODUKT

| dla liderów przetwórstwa
| na zaawansowanych rynkach

**GRUPA
AZOTY**
POLYOLEFINS

*Wesołych Świąt życzy
Grupa Azoty Polyolefins*





Jak identyfikować pigmenty w recepturach lub wyrobach?

Pigmenty to drobnoziarniste proszki, które można mieszać ze spoiwami – naturalnymi takim jak olej lniany, guma arabska lub syntetycznymi żywicami i polimerami. Podczas gdy barwniki są rozpuszczalne i rozpuszczają się w środku wiążącym (umożliwiając im chemiczne wiązanie z materiałem – idealne do barwienia tekstyliów), pigmenty są nierozpuszczalne i są zawieszone w środku wiążącym.

Zdecydowana większość pigmentów jest wykorzystywana głównie do produkcji farb (zarówno dla przemysłu motoryzacyjnego - samochody osobowe, ciężarowe i maszyny rolnicze, jak i architektonicznych). Nieco mniejsze, ale znaczące jest zużycie pigmentów do barwienia tworzyw sztucznych i gumy.

Utworzony w 1925 roku Color Index International jest bazą danych pigmentów i barwników publikowaną przez Society of Dyers and Colourists oraz American Association of Textile Chemists and Colorists. Barwnikom i pigmentom nadano wiele różnych zastrzeżonych i ogólnych nazw, ale Color Index International zapewnia znormalizowany system używany przez producentów i konsumentów na całym świecie, który stanowi informacyjną bazę dla użytkowników.

JAK DZIAŁA INDEKS KOLORÓW?

W przeciwieństwie do innych systemów kolorystycznych, takich jak Pantone czy Munsell System, Color Index International grupuje barwniki i pigmenty według ich składu chemicznego, a nie dokładnego odcienia, wartości i nasycenia koloru, który wytwarzają. Każdemu pigmentowi przypisuje się dwa kody identyfikujące – Colour Index Constitution Number oraz Colour Index Generic Name Code.

Na przykład Ultramarine Blue jest sklasyfikowany pod CI 77007 (CICN) i PB 29 (CIGNC).

Kod nazwy rodzajowej indeksu kolorów jest najbardziej roz-

poznawalny dla użytkowników i często można znaleźć jeden lub więcej z tych kodów jako część opisu koloru lub receptury.

Litery klasyfikują grupę kolorystyczną, np.: PB= Pigment Blue, PW= Pigment White, PV= Pigment Violet itd.

Numer klasyfikuje skład chemiczny – tak więc PB 29 można odczytać jako „Pigment Blue 29” – identyfikując go jako sulfokrzemian sodowo-glinowy lub ultramarynę (niektórzy producenci dodają wzór chemiczny obok kodu nazwy indeksu kolorów, ale nie wszyscy). Liczba nie jest bezpośrednio związana z żadną częścią rzeczywistej struktury chemicznej, a raczej jest przypisana chronologicznie w kolejności, w której pigment został dodany do indeksu (nie kiedy pigment został odkryty). Jednym z pierwszych zarejestrowanych pigmentów jest biel tytanowa oznaczana jako PW 6, której wolumen stanowi około 50% zużycia pigmentów w tworzywach sztucznych. Biel tytanowa produkowana jest w Polsce pod nazwą handlową TYTANPOL® przez Grupę Azoty Police.

Wszystkie pigmenty mają indywidualne cechy, takie jak nieprzezroczystość, siła barwienia lub siła rozjaśniania (w przypadku białych pigmentów), granulacja, światłotrwłość i odporność na czynniki fizykochemiczne (np. chemikalia, temperaturę itp.). Cechy te mają ogromny wpływ na końcowe właściwości powłok/tworzyw, w tym uzyskaną barwę. Te właściwości pigmentów są determinowane przez ich parametry fizyczne i strukturę chemiczną.

Znajomość zachowania się pigmentów w określonych aplikacjach jest warunkiem maksymalnego wykorzystania ich właściwości do uzyskania optymalnego efektu produkowanych wyrobów z tworzyw sztucznych.

grupaaazoty.com

GRAFE nadaje bogaty efekt jedwabistego połysku



Firma GRAFE, z Blankenhain, wprowadza na rynek różnorodność w zastosowaniach związanych z drukiem 3D dzięki szerokiemu spektrum nieograniczonych wariantów kolorystycznych. Na targach K 2022 zaprezentowała swoim klientom opakowanie zawierające dziesięć podstawowych kolorów, z mieszkanką białego polimeru jako nośnik.

– Efekt jedwabiu lub połysku staje się faktycznie zauważalny dopiero w druku 3D – wyjaśnia Lars Schulze, szef działu rozwoju barwników i materiałoznawstwa. – Wraz z tymi barwnikami oferujemy sprawdzoną bazę, tak zwany efekt jedwabiu, z dobrymi właściwościami druku i wysokim połyskiem.

Projekt został opracowany specjalnie w celu zaprezentowania tego eleganckiego efektu połysku. Wybór określonych pigmentów pozwala uniknąć matowienia, zapewniając najwyższy poziom połysku.

Przykładem inspiracji projektowej są dwie kombinacje kolorów w eleganckim wazonie. Te modele w dwóch kolorach są prezentowane w wysokiej jakości pudełku. Tabela kolorów z 19 przykładami mieszania (aktualizacja 11.10.2023: 24 przykłady) stanowi inspirację dla nieskończonych możliwości łączenia ko-

lorów i ma na celu spełnienie różnorodnych wymagań użytkowników. Tabela ta służy jako przewodnik umożliwiający szybkie reagowanie na wymagania klientów. Dodatkowo klienci będą otrzymywać wskazówki dotyczące odpowiedniego dawkowania. Prezentowane próbki są jedynie sugestiami dla użytkowników, ponieważ podstawowe kolory oferują nieograniczone możliwości kreatywnego mieszania w celu uzyskania indywidualnych odcieni.

– Dajemy naszym klientom możliwość wykazania się wyobraźnią. Jak dotąd na rynku druku 3D dostępny jest tylko ograniczony wybór filamentów o wysokim połysku. Chcemy to zmienić dzięki naszemu doświadczeniu w barwieniu tworzyw sztucznych i zaoferować podstawę do personalizacji za pomocą naszych koncentratów – wyjaśnia Schulze. GRAFE posiada własną wyłaczarkę do filamentów i drukarkę 3D, dzięki czemu może samodzielnie produkować i testować filamenty. – W ten sposób jesteśmy w stanie testować nasze własne rozwiązania. To znacznie skraca czas rozwoju, ponieważ eliminuje uciążliwy proces testowania w zakładzie klienta – dodaje Lars Schulze.

<https://www.grafe.com/>

REKLAMA



FUTURE IN PLASTICS



MERRY CHRISTMAS AND A HAPPY NEW YEAR
SEE YOU IN 2025



Studia podyplomowe "Wyroby Lakierowe. Technologia i Zastosowanie"

Dwusemestralne studia podyplomowe prowadzone są w Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej. Kolejna 7 sesja rozpoczyna się 8 marca 2025. Termin zgłaszania 31.01.2025.

Zajęcia odbywają się w Politechnice Krakowskiej, w Łukasiewicz Instytucie ds. Materiałów Polimerowych w Gliwicach oraz w 2 fabrykach. Egzamin końcowy odbędzie się w grudniu 2025

Studia podyplomowe przekazują kompletną, praktyczną i przydatną wiedzę z zakresu najnowszych technologii i stosowania wszystkich rodzajów farb i lakierów.

W trakcie studiów prowadzone są wykłady a także zajęcia praktyczne w laboratoriach oraz w przemyśle. Wykładowcami są naukowcy, specjaliści z instytutów badawczych z kraju i za granicą, oraz praktycy z przemysłu.

RAMOWY PROGRAM STUDIÓW

- podstawy chemiczne, definicje,
- surowce, materiały do wytwarzania,
- formułowanie, receptury,
- technologia i procesy produkcyjne,
- maszyny, urządzenia, instalacje,
- właściwości i metodyka badań, przyrządy,
- grupy i rodzaje wyrobów lakierowych,
- stosowanie, metody, urządzenia, instalacje,
- najnowsze produkty, technologie, procesy,
- badania i rozwój,
- bezpieczeństwo i ochrona środowiska,
- biznes i zarządzanie.

DEDYKOWANE SĄ DLA PRACOWNIKÓW

- dyrektorów, menadżerów, kierowników, i technologów fabryk farb i lakierów,
- pracowników działów marketingu i obsługi klienta producentów farb i lakierów,
- specjalistów z działów badań i rozwoju, kontroli jakości,
- specjalistów z instytutów badawczych oraz uczelni,
- innych osób zainteresowanych biznesem farb.



WYKŁADOWCY

- naukowcy z Politechniki Krakowskiej,
- naukowcy i specjaliści z uczelni oraz firm niemieckich,
- doświadczeni specjaliści i praktycy z przemysłu farb i lakierów,
- specjaliści z instytutów badawczych,
- uczestnik Studiów otrzymuje świadectwo Politechniki Krakowskiej.

NAJWAŻNIEJSZE ATUTY

Dlaczego warto zdobywać specjalizację w zakresie farb i lakierów? Studia gwarantują wysoki stopień profesjonalnej wiedzy i specjalizacji w branży farbiarskiej. Wykładowcami są zarówno naukowcy, specjaliści z instytutów badawczych z kraju i za granicą, jak i praktycy z przemysłu. Prezentują najnowszą wiedzę specjalistyczną, a także dzielą się doświadczeniami ze swojej praktyki zawodowej.

Prowadzone zajęcia praktyczne stanowią wsparcie dla zdobytej wiedzy teoretycznej.

Bliższe informacje wraz z kartą zgłoszenia na studia dostępne są na stronie: <https://studiafarby.pk.edu.pl/>

Kontakt:

prof. Dariusz Bogdał
Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej
Politechnika Krakowska
ul. Warszawska 24 31-155 Kraków
e-mail: dariusz.bogdal@pk.edu.pl

Drodzy Klienci i Partnerzy.
Dziękując serdecznie za owocną współpracę
życzymy Państwu
wesołych Świąt Bożego Narodzenia
i szczęśliwego Nowego Roku.

Krzemoorganiczne pochodne jako modyfikatory właściwości tworzyw termoplastycznych dla przyrostowej techniki FDM

Bogna Sztorch, Daria Pakuła, Miłosz Frydrych, Kamil Dydek, Dariusz Brząkański, Rafał Kozera, Robert E. Przekop

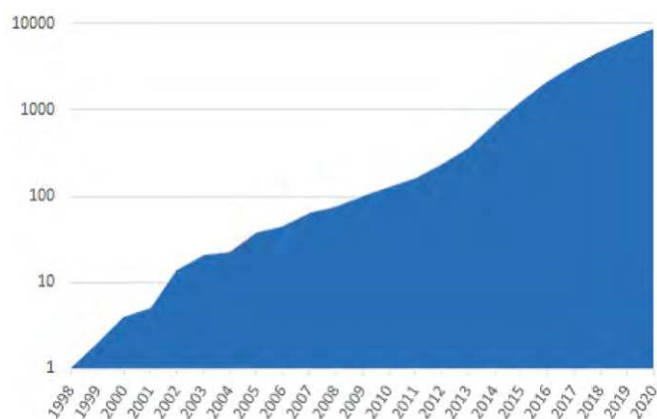
TECHNOLOGIE ADDYTYWNE – ZARYS HISTORYCZNY I PROGNOZY

Technologie addytywne (przyrostowe) zostały opracowane w latach 80. XX wieku. Za prekursora druku 3D uważa się Charlesa Hulla, który opracował i opatentował w 1986 roku technikę SLA (ang. *Stereolithography*) polegającą na selektywnym utwardzaniu żywicy fotopolimerowej za pomocą wiązki lasera ultrafioletowego (UV) [1]. Firma założona przez Hulla – 3D Systems opracowała również w 1992 roku technikę SLS (ang. *Selective Laser Sintering*) polegającą na precyzyjnym spiekaniu tworzywa w postaci proszku przy użyciu wiązki laserowej. Przedsiębiorstwo do dzisiaj jest uznawane za jedną z najbardziej znaczących firm w zakresie technik addytywnych (świadczą o tym m.in. wzrost na giełdzie wynoszący 186,35% w okresie 5 lat oraz zwiększenie skali przychodów o 2% w IV kwartale 2020 roku według raportu finansowego 3D Systems. Amerykańsko-izraelska firma Stratasys zapoczątkowała technikę FDM (rok 1989) (ang. *Fused Deposition Modeling*), która jak dotąd jest najczęściej wykorzystywaną technologią druku 3D (szacunkowo 40% rynku światowego). Dynamiczny rozwój branży nastąpił dopiero w drugiej dekadzie XX wieku. Po wygaśnięciu oryginalnego patentu dotyczącego techniki FDM (2009 r.) oraz techniki SLS (2014 r.) doszło do fali otwierania nowych firm oferujących sprzęt i materiały dedykowanych dla druku 3D. Wiązało się to także ze spadkiem cen drukarek oraz wzrostem liczby publikacji naukowych i nowych patentów (2175 tematycznych publikacji naukowych za rok 2020 wg bazy Scopus, rys. 1).

Początkowo technologia druku 3D nie znajdowała się w obszarze zainteresowań wielkich korporacji. Raport Gartnera z 2012 roku dotyczący modelu „krzywej hype’u Gartnera” wskazywał, że technologie addytywne stawiają użytkownikom zbyt wysokie wyzwania [2], natomiast rozwój technologii i opracowanie nowych rozwiązań spowodował ich gwałtowny wzrost i optymistyczne przewidywania rynkowe [3]. Obecnie druk 3D należy do jednej z najbardziej dynamicznie rozwijających się gałęzi przemysłu. Jedną z kluczowych kwestii przyczyniających się do gwałtownego rozwoju technologii jest czas. Presja konkurencyjna wywierana na firmy, jak i coraz bardziej zaawansowane modele biznesowe powodują, że przedsiębiorstwa skracają cykle biznesowe i po-

dążają w kierunku szybkości oraz elastyczności procesu. Druk 3D w wielu gałęziach przemysłu rewolucjonizuje produkcję dzięki większej liczbie dostępnych materiałów i większej zdolności do dostarczania części, które są zgodne z ich właściwościami mechanicznymi. Obecnie techniki przyrostowe coraz częściej zastępują tradycyjne metody przetwórcze, natomiast zapotrzebowanie na rezultaty druku 3D ciągle rośnie [4]. Technologie przyrostowe są również uznawane za jeden z kluczowych elementów zaliczanych do generacji Przemysłu 4.0. SmartTech Analysis skupia się na prognozowaniu ekonomicznego wpływu w zakresie druku 3D, który w 2020 wynosił 11,7 mld dolarów. W kolejnych latach prognozowany jest odpowiednio na poziomie 24 mld dolarów w 2024 roku i 55 mld w 2030 roku. Rozwój technologii przyrostowych uzależniony jest od zapotrzebowania branży, głównie w zakresie automatyzacji i optymalizacji pracy. Największe postępy odnotowuje się w sektorze projektowania i wytwarzania nowych materiałów. Najnowszy raport firmy SmartTech Analysis donosi, że największe przychody do roku 2019 generowała technika FDM [5].

Wiele spośród największych przedsiębiorstw światowych posiada w swoich strukturach działy wyspecjalizowane w zakresie druku 3D (Johnson&Johnson, Boeing, Rolls Royce). Obecnie branża druku 3D wchodzi w etap, w którym udało się pokonać



Rys. 1. Analiza wyników wyszukiwania dokumentów zawierających hasło „3D printing”. Źródło: www.scopus.com

większość podstawowych ograniczeń technologicznych. Dostępne na rynku specjalistyczne urządzenia do zastosowań profesjonalnych spełniają już definicję plug&print („podłącz i drukuj”). Jednakże, rynek polski jest na bardzo wczesnym etapie rozwoju (raport wykonany przez fundację Centrum Innowacji FIRE). Polska nadal nie znajduje się wśród państw o największym potencjale i znaczeniu w zakresie rozwoju technik addytywnych. Najwięksi globalni producenci i dystrybutorzy w branży technik addytywnych to: Ameryka Północna (USA, Kanada, Meksyk), Europa (Wielka Brytania, Niemcy, Francja, Włochy, Hiszpania), Azja (Chiny, Japonia, Indie), Afryka Południowa.

Celem niniejszego opracowania jest zaprezentowanie podstawowych zagadnień i potencjalnych problemów związanych z technikami przyrostowymi. Ponadto przedstawiono zastosowanie związków krzemoorganicznych jako modyfikatorów polimerów wykorzystywanych w druku 3D.

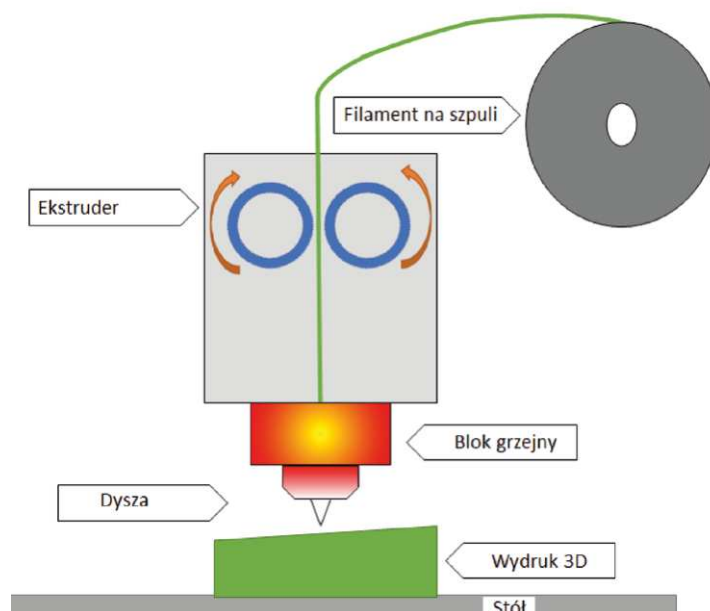
FDM – POPULARNA TECHNIKA PRZYROSTOWA

FDM jest jedną z najczęściej wykorzystywanych technik, głównie ze względu na niski stopień skomplikowania i komercyjny dostęp surowców – filamentów (polimer termoplastyczny bądź kompozyt w formie cienkiej żyłki, nawijanej na szpulę). Obecnie drukarki FDM są dostępne nie tylko dla dużych korporacji, ale również dla mikroprzedsiębiorstw i klientów indywidualnych. Ceny urządzeń kształtują się w bardzo szerokim zakresie od 1000 do 50000 PLN (oszacowano na podstawie ofert handlowych). Na rynku dostępny jest różnorodny wachlarz produktów (pod względem koloru i modyfikacji elastyczności) oraz baza ponad 5 mln gotowych projektów (np. Thingivers), co stanowi znaczne ułatwienie procesu.

Technika FDM polega na podawaniu do głowicy drukującej filamentu z tworzywa termoplastycznego, ogrzewaniu do temperatury przetwórczej w głowicy, a następnie dozowaniu z dyszy drukarki uplastycznionego materiału i nakładaniu go warstwa po warstwie na ruchomym stoliku [6]. Do najczęściej wykorzystywanych polimerów w technice FDM zalicza się: polilaktyd (PLA) [7-8], poli(tereftalan etylenu) modyfikowany cykloheksyldimetanolem (PET-G) [9], amorficzny polimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy (ABS) [10-11] oraz poliamid-12 (PA-12) [12], a także alkohol poliwinylowy (PVA) i wysokoudarowy polistyren (HIPS), stanowiące materiały do druku podpór [13], przy czym ten ostatni stanowi również materiał podstawowy do druku obiektów docelowych [14].

FDM posiada wiele cech stanowiących przewagę nad tradycyjnymi technikami przetwórczymi, są to przede wszystkim:

- brak konieczności projektowania i wykonania form wtryskowych – pozwala to na zaoszczędzenie czasu i uniknięcie wysokich kosztów projektowania i wytwarzania narzędzi – szczególnie istotne w produkcji małoseryjnej lub w przypadku modelu składającego się z kilku różnych elementów, gdzie tradycyjna technika wymagałaby zastosowania więcej niż jednej formy lub skomplikowanego łańcucha dostaw [15];
- personalizowane produkty – wytwarzanie modeli pod konkretne zastosowanie, dostosowane do preferencji użytkownika wraz z szybką optymalizacją modelu – szczególnie w branży sportowej;
- w utrzymaniu ruchu – druk 3D daje możliwość wytwarzania bezpośrednio w zakładach przemysłowych części zamiennych maszyn, co znacząco przyczynia się do ograniczenia strat produkcyjnych, związanych z zatrzymaniem pracy aparatury, oczekiwaniem na transport etc. [16, 17];
- możliwość konstruowania złożonych, niestandardowych mo-



Rys. 2. Schemat drukarki 3D

deli o skomplikowanych kształtach i wzajemnym ułożeniu płaszczyzn/krzywych, a także wybranej geometrii wewnętrznej (obiekt może mieć wypełnienie pełne lub ażurowe o różnym układzie) niemożliwej lub trudnej do uzyskania dla technik tradycyjnych, a także możliwość zmiany modelu lub jego poprawy w dowolnym momencie produkcji [15];

- uruchomienie cyklu produkcji bezpośrednio po etapie projektowania, z reguły od kilku godzin do dwóch dni [18];
- uniwersalność i dostępność metody – możliwość zastosowania zarówno w dużych zakładach produkcyjnych, mikroprzedsiębiorstwach czy też przez klienta indywidualnego [19]. Koszty wybranych urządzeń są relatywnie niskie w porównaniu do urządzeń przetwórczych, np. wtryskarki [18].

Pomimo korzyści stosowania techniki FDM, ma ona wciąż wiele wad, wynikających z samego procesu przetwarzania, jak i dostępnych materiałów, które nie spełniają wymagań użytkowników. Do największych niedoskonałości techniki FDM można zaliczyć:

- zwiększone zużycie energii na jednostkę masy produktu – technologie 3D wymagają znacznych ilości energii do każdorazowego nakładania cienkiej warstwy materiału [19];
- zwiększona odpadowość związana z czynnikami wynikającymi z samej technologii (nieudane wydruki, podpory, konieczność stosowania post-processingu); obecnie problemem jest odpadowość i recykling tworzyw sztucznych, również tego stosowanego do druku 3D, a popularne PLA, mimo uznania za materiał „biofriendly”, nie jest na dzień dzisiejszy efektywnie poddane recyklingowi lub kompostowane [20-21];
- bardzo długi cykl produkcyjny w porównaniu do procesu wtrysku (czas pracy maszyny przetwórczej, w tym przypadku odpowiednio drukarki 3D i wtryskarki, potrzebny do wytworzenia jednostki wyrobu; kalkulacja nie obejmuje czasu projektowania formy wtryskowej w przypadku uruchomienia produkcji techniką wtrysku), dłuższy o co najmniej dwa rzędy wielkości [22] (jeszcze większą różnicę wskazał Atzeni, porównując przetwórstwo aluminium, techniki HPDC i SLS [23]);
- wydłużony czas przetwarzania na jednostkę produkcyjną zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia błędu krytycznego (jest to błąd, który skutkuje przerwaniem procesu) [24];

- mniejsza wytrzymałość mechaniczna, szczególnie w osi Z, wynikająca między innymi ze słabej adhezji międzywarstwowej, obecności pustych przestrzeni powietrznych pomiędzy warstwami oraz występujących zniekształceń międzywarstwowych [25]. W publikacji [26] jako rozwiązanie tego typu defektów zaproponowano wzmocnienie mechaniczne polimerów za pomocą włókien; metoda ta nadal nie jest doskonała i powoduje wiele problemów związanych z tworzeniem się pustych przestrzeni pomiędzy poszczególnymi warstwami drukowanego obiektu, słabą przyczepnością włókien i osnowy, wydłużonym czasem utwardzania oraz większym zużyciem dyszy [26];
- liczba obecnie dostępnych materiałów do druku techniką FDM jest wciąż ograniczona, a każdy poszczególny polimer wykazuje własną specyfikę pracy, którego opanowanie bywa problematyczne. Większość termoplastów na rynku jest przeznaczona do tradycyjnych technik przetwórczych, jak wtrysk/wyłacanie/rozdmuch, a modyfikacja tworzyw dla FDM wciąż jest tematem niszowym eksplorowanym głównie w środowiskach naukowych;
- konieczność ogrzewania stołu lub całej komory drukarki dla materiałów o dużym skurczu przetwórczym, co powoduje znaczne zwiększenie zużycia energii na jednostkę produkcji [19];
- zauważalnie niższa jakość wizualna wyrobów (z wyjątkiem układów z zastosowaniem bardzo małej średnicy dyszy i parametrów zoptymalizowanych pod konkretny materiał). Alternatywnie, produkt wymaga dodatkowego post-processingu (obróbka wykończeniowa), co znacznie wydłuża proces otrzymywania modelu [27].

Jedną ze słabych stron druku w technice FDM jest przede wszystkim brak bądź niedostateczna ilość i dostępność materiałów konstrukcyjnych, które umożliwiłyby poprawę parametrów gotowych modeli. Rozwój materiałów do druku oczekiwany jest głównie w zakresie użytkowym, tj. zwiększenie adhezji międzywarstwowej przez lepsze przetapianie materiału (optymalizacja temperaturowa, a tym samym zwiększenie wytrzymałości mechanicznej, poprawa elastyczności przy zachowaniu pozostałych parametrów, zwiększenie szczelności warstw (zmniejszenie przestrzeni powietrznych) i odporności na działanie wody, ale również poprawa walorów estetycznych, co przyczyni się do zaoszczędzenia czasu i redukcji kosztów związanych z post-processingiem. Są to parametry i realne problemy scharakteryzowane na podstawie rozmów z przedstawicielami branży druku 3D (w tym podmiotami produkującymi filamenty na osnowie termoplastycznej), ale także z użytkownikami drukarek 3D. Docelowo powinien on zostać wyeliminowany, a uzyskany element wykorzystywany w stanie *as received*.

Reasumując, technologie addytywne takie jak FDM pomimo wielu zalet i wzrastającej popularności nadal nie są doskonałe. W wielu aspektach uniemożliwiają zastąpienie technik tradycyjnych, a zastosowanie dobrze znanych metod przetwarzania takich jak wtrysk, kalandrowanie, wytłaczanie itp. jest bardziej pożądane. Dlatego zamiast uznawać technologie addytywne jako substytut dojrzałych procesów przetwórczych, wskazane jest dalsze poszukiwanie nowych obszarów, w których można wykorzystać unikalne możliwości druku 3D w celu rozszerzenia zastosowania tradycyjnych procesów produkcyjnych. Druk 3D może być stosowany również w połączeniu z technikami tradycyjnymi, gdzie produkt jest wytwarzany techniką hybrydową (overprinting, overmoulding). W takim ujęciu przykładowo większa część detalu o stosunkowo dużej masie (trudnej do wytworzenia techniką druku ze względu na masę lub rozmiar oraz czas pracy drukar-

ki) i prostych kształtach jest wytwarzana wtryskowo, natomiast część o mniejszych rozmiarach i geometrii stwarzającej trudności z realizacją procesu wtryskowego jest wykonywana techniką druku 3D, po czym części łączone są w gotowy detal [28].

GLÓWNE OBSZARY ZASTOSOWAŃ TECHNIK ADDYTYWNYCH

Postęp technologiczny, jaki warunkuje technologia druku 3D, oraz innowacyjne produkty przyczyniły się do szerokiego zastosowania technik addytywnych w wielu gałęziach przemysłu, m.in. w przemyśle maszynowym, motoryzacyjnym, lotniczym, kosmicznym, w branży medycznej, edukacji, w elektronice, w hydraulice, a także w przemyśle dekoratorskim. Jest to możliwe dzięki dużej elastyczności technologii i możliwości szybkiego prototypowania [29]. Zachowanie ciągłości linii produkcyjnej (tzw. rapid prototyping) jest jedną z najważniejszych funkcji druku 3D w zakresie przemysłu maszynowego [30].

Kolejnym istotnym zastosowaniem jest utrzymanie ruchu w przemyśle, głównie w procesie otrzymania części zamiennych, co wiąże się z zaoszczędzeniem czasu i kosztów przerwanego cyklu produkcyjnego. Materiały wytworzone technikami przyrostowymi wykorzystywane są na potrzeby testowania podzespołów i elementów ozdobnych, a także testowania nowych konstrukcji modeli samochodowych [31]. Zastąpienie tradycyjnych form wtryskowych pozwala na obniżenie kosztów produkcji, a także skrócenie czasu. Obecnie druk z metalu pozwala także na odtworzenie zabytkowych pojazdów, których oryginalne części zamienne nie są już produkowane bądź są niedostępne komercyjnie [32]. Wykorzystywanie technologii addytywnych przez największych producentów samolotów (m.in. Boeing, Airbus) potwierdza powszechność zastosowań druku 3D w przemyśle lotniczym. Amerykański koncern lotniczy Boeing Company wydrukował liczne komponenty samolotów (m.in. 300 różnych typów części), a także 10 różnych modeli samolotów [33].

Do korzyści wynikających z wytwarzania elementów techniką druku 3D można zaliczyć zredukowane koszty produkcji i lżejsze części.

Pierwsze zastosowania techniki FDM w medycynie, wg doniesień literaturowych, datuje się na początek XXI wieku, kiedy technologia ta została wykorzystana do wykonania implantów dentystycznych i protez [34]. Rynek medyczny i protetyczny jest jednym z sektorów, który korzysta z technologii addytywnych, zarówno w szkoleniu kadry przyszłych medyków, jak i w zakresie nowych technologii i prototypowania. Według Business Review przemysł aparatów słuchowych w Ameryce przeszedł już na pełną produkcję części urządzeń metodami addytywnymi. Chirurgzy mają możliwość przeprowadzenia symulacji operacji chirurgicznej na wydrukowanym modelu 3D, a także mogą zaprojektować idealnie dopasowaną protezę dla konkretnego przypadku (w traumatologii, chirurgii rekonstrukcyjnej) [35]. Na potrzeby rehabilitacji drukowane są odpowiednie przyrządy i aparaty dopasowane do konkretnego pacjenta. Z branżą medyczną związane są również biomateriały, które w ostatnich latach wzbudzają coraz większe zainteresowanie [36]. Odkrycia w dziedzinie biokompatybilnych materiałów umożliwiają wykorzystanie druku 3D do wytwarzania funkcjonalnych, żywych tkanek, wykorzystywanych następnie w przeszczepach narządów.

Technologia przyrostowa stosowana jest w przemyśle elektronicznym, m.in. do wykonywania obudów, elementów urządzeń elektrycznych, w badaniach nad elastyczną elektroniką, sensorami naprężenia/rozciągania. Obecnie technologie przyrostowe pozwalają na wytwarzanie funkcjonalnej elektroniki, tj. anteny, kondensatory, rezystory, cewki indukcyjne, bez konieczności dalszej obróbki [37].

Druk FDM jest wykorzystywany z powodzeniem w edukacji, umożliwia wytworzenie pomocy dydaktycznych, np. modeli przestrzennych (bryły w matematyce, modele anatomiczne w biologii). Doniesienia literaturowe wskazują na szereg korzyści wynikających z włączenia techniki do systemu edukacji, m.in. rozwijanie umiejętności projektowania oraz kreatywności, zwiększenie zaangażowania uczniów, a także nauczycieli [38].

W najnowszych raportach dotyczących branży druku 3D prognozuje się, że rozwój technik addytywnych nastąpi szczególnie w takich obszarach jak branża motoryzacyjna, lotnicza, czy w produktach konsumenckich w zakresie wytwarzania prototypów, form/odlewów, narzędzi i gotowych części wytworzonych bezpośrednio techniką druku 3D.

KRZEMOORGANICZNE MODYFIKATORY WŁAŚCIWOŚCI TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH DLA DRUKU 3D

1. Modyfikatory tworzyw dla druku 3D

Rzeczywistość wytwarzania i prototypowania opartego na technikach przyrostowych powoduje powstanie niszy w obszarze materiałów, które muszą sprostać wymaganiom i ograniczeniom tych metod. Do tej pory największy nacisk wywierano na opracowanie nowych urządzeń o większej prędkości druku, większym polu roboczym etc. W literaturze znanych jest kilka przypadków, w których polimery termoplastyczne stosowane w technice FDM zostały zmodyfikowane w celu poprawy jakości druku (brak defektów powierzchni) bądź właściwości obiektów modelowych. Znane są prace, gdzie autorzy tworzyli kompozyt SiC/C/PLA cechujący się dobrą przewodnością elektryczną i pamięcią kształtu [38]. W literaturze opisany jest dodatek włókien szklanych i plastifikatora/kompatybilizatora jako modyfikatora właściwości mechanicznych kompozytów na podstawie ABS (dodatek samych włókien powoduje zbyt sztywną konstrukcję i przyczynia się do utrudnienia procesu druku – zapychanie i ścieranie dyszy) [40], a także zastosowanie modyfikatora w celu poprawy właściwości mechanicznych na granicy osnowy i włókien szklanych, węglowych lub kewlarowych [41]. W znacznej mierze poprawa właściwości materiałów popularnie stosowanych w druku 3D opiera się na modyfikacji fizycznej z zastosowaniem wzmocnień w postaci włókien syntetycznych czy naturalnych. Jako dodatki wzmacniające stosowane są także nanocząstki metali [42,43]. Dodatek grafitu spowodował natomiast poprawę właściwości reologicznych i ślizgowych [44].

Związki krzemooorganiczne posiadające w swojej strukturze wiązania Si-O-Si charakteryzują się m.in. wysoką stabilnością termiczną [45], poprawą parametrów mechanicznych, ale również w zależności od grupy funkcyjnej przy atomie krzemu umożliwiają dobór charakteru hydrofilo-hydrofobowego powierzchni [46-48]. Wśród związków krzemooorganicznych można wyróżnić kilka głównych grup mogących pełnić rolę modyfikatora tworzyw

termoplastycznych stosowanych w technikach przyrostowych (tabela 1).

Są to pochodne często wykorzystywane do modyfikacji i nadawania nowych cech materiałom kompozytowym. Grupy funkcyjne (-R = grupy alkoksylowe, alkilowe, hydroksylowe, aminowe, epoksydowe, fluoroalkilowe, alkoksylilowe etc.) są wprowadzane na drodze reakcji chemicznych.

2. Silseskwiksany

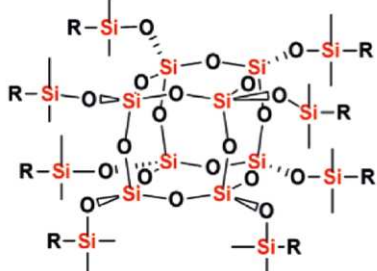
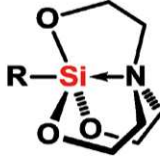
Atrakcyjną, z punktu widzenia poprawy właściwości materiałów, grupę modyfikatorów tworzyw sztucznych stanowią poliedryczne oligomeryczne silseskwiksany o wzorze ogólnym $[RSiO_{1.5}]_n$ [49]. Silseskwiksany to hybrydowe związki organiczno nieorganiczne posiadające cechy obu systemów [50, 51]. Wzrost zainteresowania tą grupą związków wiąże się z coraz większą liczbą zastosowań w wielu branżach przemysłu, dzięki dobrym właściwościom termicznym i mechanicznym, a także praktycznie nieograniczonymi możliwościami funkcjonalizowania przy użyciu wielu technik syntezy organicznej. Silseskwiksany mogą być stosowane jako dodatki do polimerów termoplastycznych lub termoutwardzalnych. Znalazły zastosowanie w optoelektronice, mikroelektronice, farmacji (nośniki leków), medycynie i stomatologii [52]. Szczególnie interesującą grupą są silseskwiksany oktapodstawione, otrzymywane w reakcji kondensacji hydrolytycznej trichloroalkoksylanów lub trialkoksylanów [53-55]. Funkcjonalizację przeprowadza się na drodze reakcji katalitycznych, np. hydrosililowania. Silseskwiksany ze względu na zwartą strukturę molekularną i wymiary nanometryczne charakteryzują się dobrymi właściwościami dyspersyjnymi. Wykorzystanie ich jako modyfikatorów tworzyw sztucznych jest efektem szerokiej możliwości aplikacyjnej opisanej w literaturze [56-58]. Wynika to z możliwości nadania materiałom specyficznych właściwości oraz ich kontroli za pomocą wprowadzonych grup funkcyjnych.

Szczególną podgrupą silseskwiksanów klatkowych są sferokrzemiany, charakteryzujące się dodatkowym łącznikiem siloksanowym, oddzielającym grupę funkcyjną od rdzenia siloksanowego. Struktury te charakteryzują się dużą aktywnością w reakcjach katalitycznych, spośród których największe znaczenie ma hydrosililowanie olefin, ze względu na dużą różnorodność i dostępność substratów (również w rozumieniu ekonomicznym), ilościowy charakter reakcji oraz łatwość procedury syntetycznej. Właściwości te decydują o wzrastającym zainteresowaniu związkami typu sferokrzemiany jako dodatkami funkcjonalnymi w inżynierii materiałowej, czy blokami budulcowymi w chemii polimerów.

3. Polisiloksany

Polisiloksany (nazywane również oligosiloksanami w zależności od liczby jednostek strukturalnych oraz przyjętej nomenklatury) mają strukturę łańcuchową zbudowaną z jednostek D, gdzie grupę interną stanowi zazwyczaj grupa metylowa (najczęściej

Tabela 1. Rodzaje krzemooorganicznych modyfikatorów

Silseskwiksany	Polisiloksany	Trialkoksylany	Silatrany
		$(R'O)_3Si-R$ $R' = Me, Et$	

dimetylosiloksanową, $-\text{OSiMe}_2\text{O}-$, np. poli(dimetylosiloksan), PDMS), rzadziej grupa fenyłowa oraz zakończonych grupami typu T ($-\text{OSiMe}_3$), bądź typu D (np. OH-terminowane polisiloksany, $-\text{OSiR}_2\text{OH}$, SiH-terminowane polisiloksany, $-\text{OSiR}_2\text{H}$). Na rynku szeroko dostępne są kopolimery zawierające w strukturze łańcucha zarówno inertne jednostki budulcowe, jak i jednostki o grupach funkcyjnych, np. aminosiloksany (z grupami $-\text{OSiMe}((\text{CH}_2)_3\text{NH}_2)\text{O}-$, $-\text{OSiMe}((\text{CH}_2)_3\text{NH}(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2)\text{O}-$), tiosiloksany (z grupami $-\text{OSiMe}((\text{CH}_2)_3\text{SH})\text{O}-$), winylosiloksany (z grupami $-\text{OSiMe}(\text{Vi})\text{O}-$) czy hydrosiloksany (z grupami $-\text{OSiMe}(\text{H})\text{O}-$) oraz inne pochodne, np. alkoholowe, metakrylowe, epoksydowe, acetoksyłowe, bezwodnikowe. Polisiloksany metylowe i ich kopolimery mają zazwyczaj postać łatwych w zastosowaniu olejów. Ich niska cena, duża dostępność, a także występowanie na rynku odmian o charakterze chemicznym dostosowanym do aplikacji w konkretnych osnowach polimerowych (np. żywicach epoksydowych) stanowi o ich atrakcyjności jako dodatków przetwórczych i funkcjonalnych. Szczególnie interesującą grupą są hydrosiloksany i kopolimery dimetylosiloksanowo-hydrosiloksanowe, gdzie obecność reaktywnej grupy $-\text{SiH}$ umożliwia wprowadzenie grup funkcyjnych na drodze hydrosililowania, co przekłada się na kontrolowanie właściwości aplikacyjnych polisiloksanu.

4. Trialkoksylany

Trialkoksylany cechujące się dużą wrażliwością ugrupowania Si-O-R na hydrolizę, stosowane są głównie do modyfikacji powierzchni oraz syntezy nośników i napelnaczy metodą zol-żel [59]. Ich użycie pozwala na kontrolę stopnia hydrofobowości powierzchni i oddziaływań napelnacza z osnową. W porównaniu do silseskwioxanów, silatranów oraz siloksanów o wysokich masach molowych, charakteryzują się stosunkowo niskimi temperaturami wrzenia, wysoką prężnością par oraz wspomnianą wyżej wrażliwością na wilgoć, co praktycznie uniemożliwia ich stosowanie jako bezpośrednich dodatków do masy tworzyw termoplastycznych. Trialkoksylany w przetwórstwie tworzyw sztucznych znalazły zastosowanie jako kompatybilizujące modyfikatory powierzchniowe napelnaczy do termoplastów, m.in. napelnaczy do: ABS [60], PA [61], PET [62], PLA [63].

5. Silatran

Silatran ze względu na specyficzną budowę cykliczną, występującym atomem azotu w strukturze klatki oraz transannularnym wiązaniem N-Si wykazują wyjątkowe właściwości na tle innych związków krzemoorganicznych. Dzięki wysokiej aktywności biologicznej mogą wykazywać właściwości bakteriobójcze, grzybobójcze, przeciwwirusowe i antynowotworowe. Ponadto stanowią wysoce stabilne prekursorzy do procesów zol-żel, promotory adhezji, dodatki do żywic termoutwardzalnych i termoplastów. Silatran występują w postaci ciał stałych, a dobór podstawnika funkcyjnego powinien pozwolić na regulację ich własności dyspersyjnych, co przełoży się na zdolność mieszania z tworzywem termoplastycznym. Podobnie do silseskwioxanów, ich własności pozwalają na bezpośrednie zastosowanie jako dodatku do masy polimerów, co byłoby praktycznie niemożliwe w przypadku trialkoksylanów (jako których pochodne uważać można silatran o analogicznym podstawniku funkcyjnym). Niestety przegląd literatury wskazuje na bardzo małe poznanie właściwości silatranów jako dodatków do termoplastów, a tym bardziej jako dodatków w technice FDM. W odniesieniu do badań nad materiałami termoplastycznymi, istnieje doniesienie, że dodatek silatranu do kompozytu PET z montmorylonitem wpływał na poprawę własności niepalniących uzyskanych materiałów [64]. Celowe i planowane wykorzystanie specyfiki oddziaływań między związkami krzemoorganicznymi, napelnaczami funkcjonalnymi



Rys. 3. Właściwości użytkowe i procesowe druku 3D

i osnową polimerową jest przedmiotem intensywnych studiów naukowych. Znalazło to odzwierciedlenie w wielu gałęziach przemysłu, w tym w technologii i przetwórstwie materiałów polimerowych, głównie w obszarze tradycyjnych technik przetwórczych (tj. wtrysk, wytłaczanie, kalandrowanie). W przypadku stosunkowo nowej, nabierającej znaczenia techniki przetwarzania tworzyw – druku 3D (techniki addytywne, techniki przyrostowe) obecność dodatków krzemoorganicznych stanowi podstawę naszych obecnych badań [65]. Jak w przypadku każdej techniki przetwórczej oraz procesów wykorzystywanych w przygotowaniu materiału do przetwarzania wymagana jest wiedza o interakcjach materiału osnowy z napelnaczem i środkami pomocniczymi.

Z punktu widzenia dalszego rozwoju technologii przyrostowych kluczowym jest opracowanie materiałów, a w szczególności dodatków przetwórczych ściśle dedykowanych do urządzeń i rozwiązań z tym związanych. W związku z powyższym zdiagnozowano potrzebę weryfikacji dotychczasowej wiedzy oraz zdobycie nowej w zakresie zastosowań związków krzemoorganicznych pod kątem ich zastosowań jako modyfikatorów przetwórczych dla techniki FDM. Przedstawiona na rysunku 3 matryca nowych cech funkcjonalnych została określona na podstawie danych literaturowych oraz danych dostarczanych przez dostawców modyfikatorów tworzyw termoplastycznych dla klasycznych technologii przetwórczych.

PODSUMOWANIE

W dzisiejszych czasach przemysł oparty na tradycyjnych technikach przetwórczych w coraz większym stopniu korzysta z technik addytywnych, jako że stanowią one idealne narzędzie pomocnicze na etapie projektowania, a także dopełnienie technik przetwórczych oraz umożliwiają osiąganie rezultatów w krótszym czasie przy mniejszym nakładzie pracy. Obserwowany jest dynamiczny wzrost tworzenia spółek celowych dedykowanych branży druku 3D oraz coraz większe zainteresowanie jej wykorzystaniem przez największe światowe firmy. W Polsce postęp ten obserwowany jest w znacznie mniejszym stopniu, ale już obecnie największe polskie koncerny chętnie korzystają z możliwości oferowanych przez technologie addytywne, głównie w zakresie takich technik jak: FDM, SLA, SLS czy DLP. Ciągłe udoskonalanie urządzeń drukujących (lepsze parametry druku, większa szybkość, większe pole robocze, większa dokładność, mniejsza grubość warstwy drukującej) w znaczącym stopniu wpływają na jakość wyrobów końcowych. Materiały wykorzystywane do pro-

dukcji filamentów są od kilku lat przedmiotem intensywnych badań naukowców na całym świecie, jednakże trudno znaleźć odpowiedni uniwersalny modyfikator będący odpowiedzią na obecne zapotrzebowanie rynku i wymagania konsumentów. Ze względu na specyfikę oddziaływań międzycząsteczkowych pomiędzy osnową polimerową, a modyfikatorem trudno jest mówić o jednej, uniwersalnej formule modyfikacji. W ramach projektu LIDER („Krzemoorganiczne modyfikatory właściwości tworzyw termoplastycznych dla przyrostowej techniki FDM”) opracowywane są typoszeregi krzemoorganicznych modyfikatorów dedykowanych dla szerokiego spektrum polimerów termoplastycznych, które mają modelować właściwości adhezyjne, hydrofobowe, dyspersyjne, reologiczne czy mechaniczne. Ma to na celu opracowanie nowych materiałów zapełniających lukę w stosunku do właściwości tworzyw do druku 3D techniką FDM oferowanych na obecnie istniejącym rynku w odniesieniu do stale rosnących oczekiwań odbiorców.

Podziękowania

Badania naukowe z zakresu projektowania krzemoorganicznych modyfikatorów właściwości tworzyw termoplastycznych dla przyrostowej techniki FDM finansowane ze źródeł Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu LIDER X (LIDER/01/0001/L-10/18/NCBR/2019).

LITERATURA

- [1] Hull C., Apparatus for Production of Three-Dimensional Object by Stereolithography, US Patent 4,575,330, 1986.
- [2] Le Hong H., Fenn J., Emerging Technologies Hype Cycle, report, Gartner, 2012.
- [3] Baasiliere P., Shanler M., Hype Cycle for 3D Printing, report, Gartner, 2015.
- [4] Markets and Markets.com, 3D Printing Market by Printer Type, Material Type (Metals, Plastics, Ceramics & Others), Material Form (Powder, Liquid, Filament), Process, Technology, Software, Service, Application, Vertical and Geography – Global Forecast to 2022, report 2016.
- [5] SmarTech Markets Publishing, SmarTech Issues, New Report That Projects Polymer 3D Printing to Generate \$11.7 billion in 2020, 2020.
- [6] De Leon A.C., Chen Q., Palaganas N.B., Palaganas J.O., Manapat J., Advincula R.C., High performance polymer nanocomposites for additive manufacturing applications, *React. Funct. Polym.*, 2016, 103, s. 141-155.
- [7] Afrose M. F., Masood S. H., Nikzad M., Iovenitti P., Effects of Build Orientations on Tensile Properties of PLA Material Processed by FDM, *Adv. Mat. Res.*, 1044-1045, 2014, s. 31-34.
- [8] Torres J., Cotelto J., Karl J. et al., Mechanical Property Optimization of FDM PLA in Shear with Multiple Objectives, *JOM*, 67, 2015, s. 1183-1193.
- [9] Sharma K., Raghavan J., Effect of FDM Printing Parameters on the Properties of Carbon Fiber Reinforced PET-G Composite, *Proceedings of the Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress*, 2020.
- [10] Dawoud M., Taha I., Ebeid S.J., Mechanical behaviour of ABS: An experimental study using FDM and injection moulding techniques, *J. Manuf. Process.*, 2016, 21, s. 39-45.
- [11] Montero M., Roundy S., Odell D., Ahn S.H., Wright P.K., Material characterization of fused deposition modeling (FDM) ABS by designed experiments, *SME*, 2001, 10, s. 1-21.
- [12] Selvaraj S.C., Kanchana J., Frohling D., Grothe S., Marginean G., Enhance the Material Properties of FDM Filament using PA12, *Int. J. Automat. Technol.*, 2018, 1(3), s. 87-94.
- [13] Goh W.H., Hashimoto M., Dual Sacrificial Molding: Fabricating 3D Microchannels with Overhang and Helical Features, *Micromachines*, 9, 2018, s. 523.
- [14] Tanikella N.G., Wittbrodt B., Pearce J.M., Tensile strength of commercial polymer materials for fused filament fabrication 3D printing, *Additive Manufacturing*, 15, 2017, s. 40-47.
- [15] The Economist, A third industrial revolution, April 21, 2012.
- [16] Khajavi S.H., Partanen J., Holmström J., Additive manufacturing in the spare parts supply chain, *Comput. Ind.*, 65 (1), 2014, s. 50-63.
- [17] Murr L.E., Gaytan S.M., Ramirez D.A., Martinez E., Hernandez J., Amato K.N., Shindo P.W., Medina F., Metal fabrication by additive manufacturing using laser and electron beam melting technologies, *J. Mater. Sci. Technol.*, 28, 2012, s. 1-14.
- [18] Berman B., 3-D printing: The new industrial revolution, *Business Horizons*, 55(2), 2012, s. 155-162.
- [19] Rayna T., Striukova L., From rapid prototyping to home fabrication: how 3D printing is changing business model innovation, *Technol. Forecast. Soc. Change*, 102, 2016, s. 214-224.
- [20] Yoon et al. *Int. J., Precis. Eng. Manuf.-Green Tech.*, 1, 3, 2014, s. 261-27.
- [21] Cruz Sanchez F.A., Boudaoud H., Hoppe S., Camargo M., Polymer recycling in an opensource additive manufacturing context: mechanical issues, *Addit. Manuf.*, 17, 2017, s. 87-105.
- [22] Dobrosielska M., Przekop R.E., Sztorch B., Brząkański D., Zgłobicka I., Łepicka M., Dobosz R., Kurzydłowski K.J., Biogenic Composite Filaments Based on Polylactide and Diatomaceous Earth for 3D Printing, *Materials*, 13, 2020, 46322.
- [23] Franchetti M., Kress C., An economic analysis comparing the cost feasibility of replacing injection molding processes with emerging additive manufacturing techniques, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 2017, 88, s. 2573-2579.
- [24] Atzeni E., Salmi A., Economics of additive manufacturing for end-usable metal parts, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 62, 2012, s. 1147-1155.
- [25] Drizo A., Pegna J., Environmental Impacts of Rapid Prototyping: An Overview of Research to Date, *Rapid Prototyping Journal*, 12, 2, 2016, s. 64-71.
- [26] Sood A.K., Ohdar R.K., Parametric appraisal of mechanical property of fused deposition modelling processed parts, *Mater. Des.*, 31, 1, 2010, s. 287-295.
- [27] Heidari-Rarani M., Rafiee-Afarani M., Zahedi A.M., *Compos. Part B*, 175, 2019, s. 107-147.
- [28] Ngo T., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K., Hui D., Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges, *Compos. Part B Eng.*, 143, 2018, s. 172-196.
- [29] Boros R., Kannan Rajamani P., Kovács J.G., Combination of 3D printing and injection molding: Overmolding and overprinting, *Express Polym. Lett.*, 13, 10, 2019, s. 889-897.
- [30] Mueller S., Im S., Gurevich S., Teibrich A., Pfisterer L., Guimbretière F., Baudisch P., WirePrint, *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST '14*, 2014.
- [31] Dúbravčík M., Kender Š., Application of Reverse Engineering Techniques in Mechanics System Services, *Procedia Engineering*, 48, 2012, s. 96-104.
- [32] Song Y., Yan Y., Zhang R., Xu D., Wang F., Manufacture of the die of an automobile deck part based on rapid prototyping and rapid tooling technology, *J. Mater. Process. Tech.*, 120, 1-3, 2002, s. 237-224.
- [33] Nichols M.R., How does the automotive industry benefit

from 3D metal printing?, Metal Powder Report, 2019.

- [34] Wang Y.C., Chen T., Yeh Y.L., Advanced 3D printing technologies for the aircraft industry: a fuzzy systematic approach for assessing the critical factors, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 105, 2019, s. 4059-4069.
- [35] Gross B.C., Erkal J.L., Lockwood S.Y. et al., Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences, *Anal. Chem.*, 86(7), 2014, s. 3240-3253.
- [36] Yoo S.J., Spray T., Austin E. H., Yun T.J., van Arsdell G. S., Hands-on surgical training of congenital heart surgery using 3-dimensional print models, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 153(6), 2017, s. 1530-1540.
- [37] Lee J.Y., An J., Chua C.K., Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials, *App. Mater. Today*, 7, 2017, s. 120-133.
- [38] Tan H.W., Tran T., Chua C.K., A review of printed passive electronic components through fully additive manufacturing methods, *Virtual Phys. Prototyp.*, 11, 2016, s. 271-288.
- [39] Ford S., Minshall T., Invited Review Article: Where and how 3D printing is used in teaching and education, *Additive Manufacturing*, 2018.
- [40] Liu W., Wu N., Pochiraju K., Shape recovery characteristics of SiC/C/PLA composite filaments and 3D printed parts, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, 108, 2018, s. 1-11.
- [41] Zhong W., Li F., Zhang Z., Song L., Li Z., Short fiber reinforced composites for fused deposition modeling, *Mater. Sci. Eng. A.*, 301, 2, 2001, s. 125-130.
- [42] Dickson A.N., Barry J.N., McDonnell K.A., Dowling D.P., Fabrication of continuous carbon, glass and Kevlar fibre reinforced polymer composites using additive manufacturing, *Additive Manufacturing*, 16, 2017, s. 146-152.
- [43] Hwang S., Reyes E.I., Moon K.S. et al., Thermo-mechanical Characterization of Metal/Polymer Composite Filaments and Printing Parameter Study for Fused Deposition Modeling in the 3D Printing Process, *Journal of Elec. Materi.*, 44, 2015, s. 771-777.
- [44] Fafenrot S., Grimmelsmann N., Wortmann M., Ehrmann A., Three-Dimensional (3D) Printing of Polymer-Metal Hybrid Materials by Fused Deposition Modeling, *Materials*, 10, 2017, s. 1199.
- [45] Przekop R.E., Kujawa M., Pawlak W., Dobrosielska M., Sztorch B., Wieleba W., Graphite Modified Polylactide (PLA) for 3D Printed (FDM/FFF) Sliding Elements, *Polymers*, 12, 2020, s. 1250.
- [46] Chanda M., Roy S.K., *Industrial Polymers, Specialty Polymers, and Their Applications*, CRC Press, 2008.
- [47] Clarson J., Fitzgerald J.J., Owen M.J., Smith S.D., *Silicones and Silicone-Modified Materials*, American Chemical Society, 2000.
- [48] Cordes D.B., Lickiss P.D., Rataboul F., *Chemistry Reviews*, 110, 2010, 2081.
- [49] Hartmann-Thompson C., *Applications of polyhedral oligomeric silsesquioxanes*, Springer, 2011.
- [50] Zhang C., Babonneau F., Bonhomme C., Laine R.M., Soles C.L., Hristov H.A., Yee A.F., *JACS*, 120, 33, 1998, s. 8380-8391.
- [51] Voronkov M.G., Lavrent'yev, V.I., [w:] *Inorganic Ring Systems*, (Ed.: Bosche, F. L.), Topics in Current Chemistry, Springer, Vol.102, 1982.
- [52] Lickiss P.D., Cordess D.B., Fully Condensed Polyhedral Oligosilsesquioxanes (POSS®): From Synthesis to Application, [w:] (red.) Hill A.F., Fink M.J., *Advances in Organometallic Chemistry*, Elsevier, 2008, s. 55.
- [53] Hartmann-Thompson C. (red.), *Applications of Polyhedral Oli-*

gomerics Silsesquioxanes, *Advances in Silicon Science*, Springer, 3, 2011.

- [54] Scott D.W., Thermal Rearrangement of Branched-Chain Methylpolysiloxanes, *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, s. 356-358.
- [55] Lickiss P.D., Rataboul F., Fully condensed polyhedral oligosilsesquioxanes (POSS): From synthesis to application, *Adv. Organomet. Chem.*, 57, 2008, s. 1-116.
- [56] Tanaka K., Chujo, Y., Advanced functional materials based on polyhedral oligomeric silsesquioxane (POSS), *J. Mat. Chem.*, 22, 5, 2012, s. 1733.
- [57] Kausar A., State-of-the-Art Overview on Polymer/POSS Nanocomposite, *Polym. Plast. Technol. Eng.*, 56, 2017, s. 1401-1420.
- [58] Du Y., Liu H., Cage-like silsesquioxanes-based hybrid materials, *Dalton Trans.*, 49, 2020, s. 5396-5405.
- [59] Ayandele E., Sarkar B., Alexandridis P., Polyhedral oligomeric silsesquioxane (POSS)-containing polymer nanocomposites, *Nanomaterials*, 2, 2012, s. 445-475.
- [60] Thakur V.K., Thakur M.K., Pappu A., *Hybrid Polymer Composite Materials: Properties and Characterisation*, Woodhead Publishing, 2017.
- [61] Basurto F.C., García-López D., Villarreal-Bastardo N., Merino J.C., Pastor J.M., Nanocomposites of ABS and sepiolite: Study of different clay modification processes, *Composites Part B: Engineering*, 43(5), 2012, s. 2222-2229.
- [62] Nopparut A., Amornsakchai T., Influence of pineapple leaf fiber and its surface treatment on molecular orientation in, and mechanical properties of, injection molded nylon composites, *Polymer Testing*, 52, 2016, s. 141-149.
- [63] Shi P., Wu W., Chen Y., Liu M., Liu Y., Wu X., Influence of Fiber Surface Treatment on Mechanical Properties of CF/PET Composites, *Journal of Macromolecular Science, Part B*, 51(8), 2011, s. 1485-1497.
- [64] Yu T., Ren J., Li S., Yuan H., Li Y., Effect of fiber surface-treatments on the properties of poly(lactic acid)/ramie composites, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41(4), 2010, s. 499-505.
- [65] Brząkański D., Sztorch B., Frydrych M., Pakuła D., Dydek K., Kozera R., Boczkowska A., Marciniec B., Przekop R.E., Limonene Derivative of Spherosilicate as a Polylactide Modifier for Applications in 3D Printing Technology, *Molecules*, 25(24), 2020, s. 5882.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w publikacji pt. „Wybrane zagadnienia z zakresu nanotechnologii, inżynierii materiałowej oraz termodynamiki”; Skrzątek Konrad, Mołdoch-Mendoń Izabela (red.), 2021, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL Sp. z o. o., ISBN 978-83-66489-95-0, s. 71-85.

dr Bogna Sztorch¹, mgr Daria Pakuła², dr Miłosz Frydrych², dr inż. Kamil Dydek³, dr Dariusz Brząkański², dr inż. Rafał Kozera³, prof. dr hab. Robert E. Przekop¹

1 – Centrum Zaawansowanych Technologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

2 – Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

3 – Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska



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



*Serdeczne życzenia świąteczne
i noworoczne składa klientom firma HUZAP*

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

Qualidata
Zertifizierung
ISO 9001



Innowacyjne materiały typu *solid surface*

Ewa Langer, Izabela Gajlewicz, Marta Lenartowicz-Klik, Krystian Kłosek

Powszechnie stosowana nazwa *solid surface* odnosi się do dekoracyjnych materiałów tworzywowych, w których o wyglądzie decyduje jednolity materiał. Tego typu materiały są na ogół wytwarzane z dużą zawartością napełniaczy mineralnych, a materiałem wiążącym są żywice poliestrowe lub akrylowe [1]. W celu uzyskania odpowiedniego efektu dekoracyjnego do podstawowego składu są dodawane spolimeryzowane ścinki płyty w innych kolorach. W ten sposób uzyskuje się głębię kolorystyczną i efekt imitujący np. kamienie naturalne. Stosowane są również pasty pigmentowe, często w połączeniu ze ścinkami innego koloru. Receptury mogą się zmieniać w zależności od wymagań, ale na ogół większość producentów produkuje wyroby składające się z żywicy wraz z dodatkami, np. płatkami dekoracyjnymi (chipsami) w ilości 30% oraz z napełniaczami w ilości 70% [2].

Udział poszczególnych frakcji może się zmieniać ze względu na lepkość żywicy, rozmiar cząstek chipsów i napełniacza (większość napełniaczy wykazuje właściwości silnie tiksotropowe, podwyższając w znacznym stopniu lepkość układu żywica-napełniacz), zawartość procentową chipsów w celu uzyskania pożądanego efektu kolorystycznego i dekoracyjnego.

W zależności od kierunku stosowania i wymogów rynkowych płyty są produkowane o różnej grubości.

Tworzywo typu *solid surface* posiada wiele zalet, wśród których wymienić można łatwość zachowania czystości, odporność chemiczną, możliwość naprawy powstających uszkodzeń mechanicznych. Umożliwia to bardzo różnorodne jego zastosowania, np: laboratoria, szpitale, gabinety lekarskie, toalety, restauracje, galerie handlowe i inne miejsca użyteczności publicznej, jak również elementy wyposażenia w środkach transportu kolejowego (umywalki, stoliki w przedziałach, wyposażenie wagonów restauracyjnych).

Transparency Market Research (TMR) opublikowała raport, w którym dostarcza kluczowych informacji na temat światowego rynku materiałów typu *solid surface* [3]. Jeśli chodzi o przychody, szacuje się, że globalny rynek materiałów *solid surface* wzrośnie do 2031 roku w tempie CAGR na poziomie 5,4%, co jest spowodowane wieloma czynnikami. Europa ma duży udział w światowym rynku tych materiałów. Oczekuje się, że rynek w regionie wzrośnie w CAGR o ponad 5,1% w okresie prognozy. Wzrost zapotrzebowania na materiały *solid surface* w różnych zastosowaniach, takich jak blaty kuchenne i łazienkowe, napędza rynek tych materiałów w Europie. Rejon Azji i Pacyfiku jest również ważnym regionem światowego rynku materiałów *solid surface*.

CZĘŚĆ EKSPERYMENTALNA

Materiały do badań

W opracowanych kompozycjach zastosowano wstępnie przyspieszoną, nienasyconą żywicę o-ftalową, która posiada niski

pik egzotermiczny umożliwiający wykonanie elementów o większych grubościach. Jest to połączone z małym skurczem i wysokim połyskiem po polimeryzacji. Jako napełniacz zastosowano wodorotlenek glinu (ATH) o wysokiej czystości w ilości 57% wag. Jako pigment wytypowano ditlenek tytanu obrabiany powierzchniowo związkami glinu i cyrkonu oraz modyfikowany związkami organicznymi o charakterze hydrofilowym w ilości 4,6% wag. Pigment ten posiada bardzo dobre właściwości optyczne (wysoka zdolność rozjaśniania i siła krycia), jest łatwo dyspergowalny i wysokoodporny na warunki atmosferyczne. Zastosowano również utwardzacz w postaci nadtlenu ketonu metylo-etylowego w ilości 1,9% wag. oraz dodatki bakteriobójcze w ilości 1% wag.

Nienasycone żywice poliestrowe wstępnie mieszano z napełniaczem nieorganicznym i pigmentem za pomocą mechanicznego mieszadła wolnoobrotowego z prędkością obrotową 500 min⁻¹. Czas mieszania wstępnego wynosił 5 min. Następnie do kompozycji dodawano odpowiedni środek biobójczy, kontynuowano mieszanie z prędkością obrotową 500 min⁻¹ jeszcze przez kolejne 5 min i następnie prędkość obrotową mieszadła zwiększono do 1500 min⁻¹. Kontynuowano mieszanie przez kolejne 15 min. Na samym końcu dodano katalizator i utwardzacz, całość mieszano przez kilka minut. Konsystencja przygotowanych kompozycji była odpowiednia do wylewania w celu przygotowania elementu o założonym kształcie i odpowiednich kształtek do badań.

Proces wstępnego utwardzania prowadzono w temperaturze 23°C, następnie w temperaturze 40°C przez 12 h.

Metodyka badań

Analiza FTIR została wykonana za pomocą spektroskopii osłabionego całkowitego odbicia w podczerwieni z transformacją Fouriera ATR-FTIR. Widma sporządzono, korzystając ze spektrofotometru Nicolet iS10 Thermo Scientific.

Wytrzymałość mechaniczną przy statycznym rozciąganiu oznaczono zgodnie z PN-EN ISO 527-2:2012 Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Część 2: Warunki badań tworzyw sztucznych przeznaczonych do różnych technik formowania. Badanie przeprowadzono przy użyciu uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej LAB Test 6.100, stosując następujące warunki pomiaru:

- próbki kondycjonowano 24 h w temp. 23±2°C i wilgotności 50±5 % RH,
- typ kształtki badawczej: 1B,
- ilość próbek do badań: 3,
- prędkość badawcza: 5 mm/min.

Odporność na środki czyszczące, na działanie domowych środków chemicznych i barwników zgodnie z PN-EN 263:2000 oznaczono wg procedury badań A.4.

Odporność na działanie promieniowania UV przeprowadzono w komorze firmy Q-Panel, stosując lampy UVA-351 wg PN-EN

ISO 16474-3:2014-02 Farby i lakiery – Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła – Część 3: Lampy fluorescencyjne UV. Zastosowano cykl: ciągłe światło $40 \pm 3^\circ\text{C}$, natężenie $0,76 \text{ W/m}^2$ przez okres 120 h.

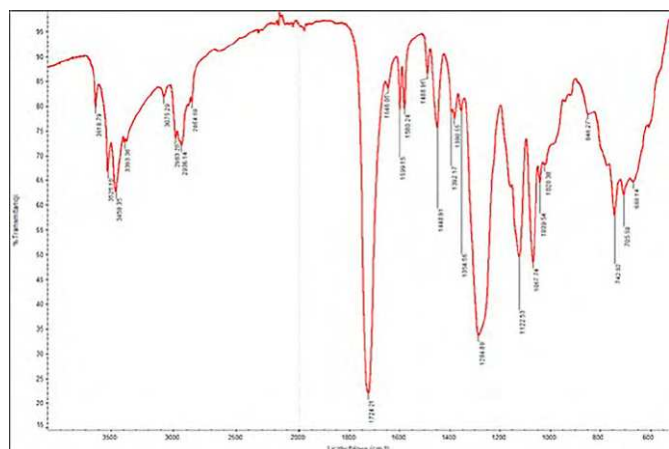
Oznaczenie barwy próbek przed badaniami i po badaniach statystycznych wykonano spektrofotometrem SP 62, prod. X-Rite, o geometrii pomiarowej d/8, stosując metodę z uwzględnionym połyskiem (SPIN), wg PN-ISO 7724-2 Farby i lakiery – Kolorymetria – Część 2: Pomiar barwy, iluminant/obserwator D65/10°. Wyniki pomiarów barwy podano w systemie CIELab.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

W tworzywach typu *solid surface* stosowane mogą być żywice akrylowe lub poliestrowe. Wybór żywicy do wytwarzania tego typu dekoracyjnych płyt zależy od zastosowań, dla których produkt końcowy jest używany i właściwości, jakie są pożądane dla danego zastosowania. Istnieją oczywiście różnice pomiędzy właściwościami elementów wykonanych z tych dwóch typów żywic. Wybrane różnice przedstawiono w tabeli 1.

W opracowanych kompozycjach polimerowych jako podstawowe składniki zastosowano nienasyconą żywicę poliestrową, wodorotlenek glinu i biel tytanową jako pigment. Widmo FTIR utwardzonej kompozycji przedstawiono na rys. 1.

W wypadku kompozycji *solid surface* proces utwardzania, szczególnie etap dotwardzania w podwyższonej temperaturze, jest niezwykle istotny. Dzięki temu reakcja wiązań nienasyconych przebiega z maksymalną wydajnością. Pozwala to uzyskać materiał o bardzo dużej wytrzymałości mechanicznej i twardości, co wpływa pozytywnie na właściwości użytkowe jak np. odporność na zarysowanie. Wyniki oznaczeń właściwości mechanicz-

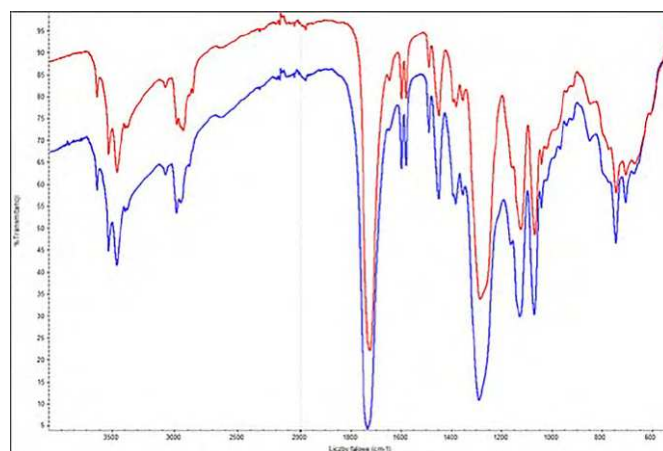


Rys. 1. Widmo FTIR utwardzonej kompozycji

nych próbek przedstawiono w tabeli 2. Wytrzymałość mechaniczna otrzymanych próbek jest niższa niż materiału dostępnego w handlu, co może być spowodowane zbyt krótkim czasem dotwardzania otrzymanej kompozycji.

Próbki utwardzonych kompozycji poliestrowych ekspozowano w czasie 120 h w komorze QUV. Po ekspozycji oceniono powierzchnię próbek, która była ekspozowana, ewentualne zmiany (złuszczenie, pęknięcia itp.). Po ekspozycji oznaczono również zmianę barwy próbek (współrzędne $L^*a^*b^*$, współczynnik żółtolenia). Uzyskane wyniki porównano z wartościami oznaczonymi dla próbek nie poddanych ekspozycji. Wykonano również widmo FTIR próbki po ekspozycji w komorze QUV i porównano z widmem próbki nieekspozowanej (rys. 2). Wyniki oznaczeń barwy próbek przed ekspozycją i po ekspozycji w komorze QUV przedstawiono w tabeli 3.

Na podstawie analizy widm FTIR nie stwierdzono zmian w strukturze żywicy poliestrowej pod wpływem działania promie-



Rys. 2. Zestawienie widm FTIR próbki nieekspozowanej (wykres czerwony) i po ekspozycji (wykres niebieski)

Tabela 3. Wyniki oznaczeń barwy próbek

	Współrzędne barwy	Różnica barwy
Próbka przed ekspozycją	L* 94,96 a* -0,28 b* 3,95	-
Próbka po ekspozycji	L* 95,31 a* -0,29 b* 4,98	1,09

Tabela 1. Porównanie właściwości próbek *solid surface* wykonanych z różnych żywic [1]

Rodzaj żywicy	Twardość	Trwałość barwy	Absorpcja wody	Odporność na płomień	Odporność na chemikalia	Odporność na ciepło
Akrylowa	dobra	lepsza	mniejsza	dobra	dobra	dobra
Poliestrowa	wyższa	dobra	odpowiednia	lepsza	lepsza	dobra

Tabela 2. Wyniki oznaczeń właściwości mechanicznych próbek

Próbka	Maksymalna siła zrywająca [N]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Wydłużenie względne przy rozciąganiu [%]
Otrzymana kompozycja	$719,0 \pm 63,3$	$20,5 \pm 0,8$	$0,70 \pm 0,02$
Materiał dostępny w handlu	-	37,0	0,8

Tabela 4. Efekty działania domowych środków chemicznych i środków płamiących

Lp.	Odczynnik	Wynik
1.	Handlowy fenolowy środek dezynfekujący (wodny roztwór 9,5 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
2.	Wybielacz (zaw. 5% wolnego Cl)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
3.	Kwas octowy (wodny roztwór zaw. 6% obj. kwasu octowego)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
4.	Alkohol (30% obj. etanolu w wodzie)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
5.	Wodny roztwór amoniaku (320 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
6.	Wodny roztwór wodorotlenku sodu (530 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
7.	Wodny roztwór chlorku sodu (264 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
8.	Wodny roztwór węglanu sodu dziesięciowodnego (225 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
9.	Wodny roztwór kwasu cytrynowego (100 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
10.	Wodny roztwór kwasu solnego (100 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
11.	Roztwór nadtlenku wodoru (300 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
12.	Wodny roztwór błękitu metylenowego (10 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
13.	Wodny roztwór nadmanganianu potasu (10 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
14.	Wodny roztwór środka czyszczącego (10 g/l)	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
15.	Kawa	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
16.	Czarna herbata	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
17.	Krem do rąk	próbka bez zmian, odporna na działanie środka
18.	Pasta do zębów	próbka bez zmian, odporna na działanie środka

niowania UV. Różnica barwy nie jest znaczna, minimalnie przekracza wartość 1, do której to wartości różnica jest uznawana za niedostrzegalną nieuzbrojonym okiem.

Oznaczono odporność sporządzonych próbek na środki używane powszechnie w gospodarstwie domowym. W tabeli 4 cytowanej normy wymieniono 15 rodzajów środków płamiących – począwszy od 50% alkoholu etylowego, a skończywszy na czarnej paście do butów. Środki te nanosi się na powierzchnię płyty, a po przewidzianym czasie kontaktu środki te zmywa się wyszczególnionymi w normie środkami czyszczącymi. Poniżej podano wyniki uzyskane po kontakcie z poszczególnymi środkami płamiącymi.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że odporność badanych próbek była bardzo dobra. Nie stwierdzono zmian na powierzchni po narażeniu na działanie danego środka lub odczynnika.

ZASTOSOWANIE KOMPOZYCJI TYPU *SOLID SURFACE*

Na rynku materiały *solid surface* stają się coraz bardziej popularne. Kiedyś materiał ten był postrzegany jako ekskluzywny i wykorzystywany głównie do produkcji blatów kuchennych. Obecnie stają się one coraz bardziej popularne, stosowane w coraz szerszych zastosowaniach jako elementy wyposażenia wnętrz. Parametry techniczne tego nowoczesnego materiału pozwalają na termoformowanie, gięcie, klejenie oraz polerowanie, które po kilku latach eksploatacji zachowują pierwotny wygląd. Spośród licznych zalet tego tworzywa warto wymienić łatwość w zachowa-

niu czystości, odporność na działanie wielu związków chemicznych oraz możliwość naprawy uszkodzeń mechanicznych. Struktura materiału nie pozwala na wnikanie brudu i bakterii, dzięki czemu spełnia rygorystyczne normy sanitarne. Między innymi z tego względu *solid surface* idealnie sprawdza się w szpitalach, laboratoriach, gabinetach lekarskich i dentystycznych, salach operacyjnych i porodowych, restauracjach, toaletach oraz miejscach użyteczności publicznej. Galerie handlowe często wykorzystują ten materiał podczas budowania stoisk do ekspozycji towarów, wolnostojących wysp, boksów, lad, mebli, siedzisk, a także stosują na placach zabaw. *Solid surface* znajdziemy również w środkach transportu kolejowego (umywalki, stoliki w przedziałach, wyposażenie wagonów restauracyjnych). Materiał jest także wykorzystywany w naszych domach, przy czym jego zastosowanie nie ogranicza się do blatów czy wysp kuchennych. Coraz częściej jest on wykorzystywany do produkcji zlewów, umywalk, odpływów prysznicowych, parapetów, stopni schodów, listew przypodłogowych, a nawet wazonów i donic na kwiaty. Materiał ten możemy również podświetlać, co daje możliwość wykorzystania go w lampach i kloszach, które mogą przybierać praktycznie dowolny kształt. Innym interesującym zastosowaniem, które staje się coraz bardziej popularne, to produkcja trwałych i estetycznych elewacji budynków. Można je otrzymywać w szerokiej gamie kolorystycznej, a właściwości odpornościowe pozwalają na długotrwałe użytkowanie.

Opracowany materiał posłużył do wykonania prototypowej umywalki, która powstaje w ramach projektu „Opracowanie pro-



Rys. 3. Prototyp testowanej umywalki wykonanej w ramach projektu



Rys. 4. Projekt umywalki po etapie testowania

jektu wzorniczego w celu wdrożenia nowego produktu dla firmy KŁOSEK KRYSTIAN FIRMA AIMMS”, współfinansowanego przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój na lata 2014 – 2020, Poddziałanie 2.3.5 „Design dla przedsiębiorców”.

Po testach prototypowego egzemplarza, który można oglądać w siedzibie firmy AIMMS (rys. 3), na rynek zostaną wdrożone 4 projekty umywalk przystosowanych do korzystania przez osoby z niepełnosprawnościami. Za prace związane z opracowaniem projektów wzorniczych odpowiedzialne jest katowickie biuro strategiczno-projektowe Tenka. Jego interdyscyplinarny zespół zbadał potrzeby odbiorców, zaprojektował na tej podstawie kilka wersji umywalk, wykonał prototypy oraz przetestował je z docelowymi użytkownikami. Ostateczne projekty umywalk będą uwzględniać zarówno funkcjonalne, użyteczne i estetyczne aspekty, jak i wyniki prac związanych z otrzymaniem innowacyjnego materiału (rys. 4). W działaniach połączono prace badawcze nad nową mieszanką *solid surface*, z możliwością wykorzy-

stania jej od razu w konkretnych produktach, z potencjałem na sukces rynkowy.

PODSUMOWANIE

W ramach projektu opracowano kompozycje na bazie żywicy poliestrowej, które charakteryzowały się bardzo dobrymi właściwościami mechanicznymi i odpornościami, właściwościami antybakteryjnymi i grzybobójczymi. Zaletą tych kompozycji jest fakt, że można otrzymać przedmioty o nawet bardzo złożonych i skomplikowanych kształtach, a jednocześnie o niezwyklej estetyce. Celem projektu, który udało się osiągnąć było zaprojektowanie i wytworzenie innowacyjnych umywalk i blatów, których konstrukcja powoduje, że mogą z powodzeniem służyć osobom z niepełnosprawnościami.

LITERATURA

- [1] Blagojević J., Mijatović B., Kočović D., Stojanović B., Ivanović L., Gajević S. Appl Eng Lett, 2020, 5, 1, 1-7.
- [2] Arunil A., Kers J., Tall K. Agron Res, 2011, 1, 23-29.
- [3] Solid Surface Materials Market Analysis by Global Leading Players till 2031 <https://www.digitaljournal.com/pr/solid-surface-materials-market-analysis-by-global-leading-players-till-2031#ixzz7e17d5Eek> (dostęp: 15.08.2022 r.).

Artykuł po raz pierwszy został zamieszczony w czasopiśmie „Polimery dla Biznesu” nr 4/2022, s. 17-21.

Ewa Langer¹, Izabela Gajlewicz¹, Marta Lenartowicz-Klik¹, Krystian Kłosek²

1 – Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Toruń

2 – Kłosek Krystian firma Aimms, Racibórz



Napełniać czy wzmacniać?

Jacek Szczerba

Tworzywa termoplastyczne, już ze swojej natury jako materiały o bardzo dobrej charakterystyce do zastosowań konstrukcyjnych, oferują dobre właściwości mechaniczne. Mogą one zapewnić formowanej części odpowiednią trwałość, wytrzymałość czy odporność na uderzenia w różnorodnych warunkach eksploatacji i użytkowania. Gdy wymagana jest zwiększona trwałość, do matrycy polimerowej można wprowadzić materiały wzmacniające (nośniki) lub środki wypełniające (napełniacze), które mogą w istotny sposób zmienić i jednocześnie poprawić określone właściwości.

Środki te mogą być stosowane praktycznie w tworzywach przeznaczonych do wszystkich technologii przetwórstwa: w formowaniu z rozdmuchem, rozdmuchiowaniu folii, wytłaczaniu, formowaniu wtryskowym i termoformowaniu, jak również wytłaczaniu.

Nie ulega także wątpliwości, że materiały wzmocnione włóknem nadal zyskują na atrakcyjności, ponieważ redukcja masy pozostaje trendem dla wielu aplikacji i zastosowań, zwłaszcza w branży motoryzacyjnej i lotniczej, gdzie możliwość zastąpienia innych materiałów (w tym metali i ich stopów) przekłada się na ograniczenie spalania i emisji dwutlenku węgla.

Warto przy tej okazji odnotować, że struktura stosowanych i przetwarzanych w chwili obecnej tworzyw sztucznych znacznie odbiega od tej, którą przewidywano ponad 30 lat temu, a za główną przyczynę takiego stanu rzeczy należy uznać opracowanie doskonalszych metod polimeryzacji oraz nowych technologii mieszania i kompatybilizacji już istniejących polimerów.

Blendy, stopy oraz kompozyty polimerowe stanowią doskonałą alternatywę w zastosowaniach wielu zaawansowanych, ze

względem na metody otrzymywania i właściwości, tworzyw technicznych otrzymywanych bezpośrednio w wyniku polimeryzacji.

Jednak przede wszystkim dają one możliwość stosowania ich jako tańszych surowców dla tych samych aplikacji, a często także są jedynym właściwym rozwiązaniem w doborze właściwego surowca.

Napełniacze stosowane w przetwórstwie tworzyw sztucznych są to stałe związki nieorganiczne lub organiczne, zazwyczaj trudno rozpuszczalne w wodzie, odpowiednio rozdrobione, których wprowadzenie do mieszanki uzasadnione jest: obniżeniem kosztu, zmniejszeniem skurczu, często także poprawą pewnych właściwości (twardości, odporności cieplnej, zmniejszeniem palności, czy przewodnictwa cieplnego), a w odniesieniu do napełniaczy aktywnych także wyraźną poprawą wytrzymałości (wprowadzenie sadzy do kauczuku powoduje wzmocnienie mieszanki i przyrost jej wytrzymałości na rozciąganie o około 150%).

W przypadku napełniaczy niemających charakteru aktywnych utworzenie odpowiedniego rodzaju wiązań jest niemożliwe albo utrudnione ze względu na brak odpowiednich grup funkcyjnych, czy też znacznych różnic chemicznych w budowie składników. W efekcie uzyskanie wzmocnienia polimeru takim napełniaczem jest praktycznie niemożliwe. Napełniacze można jednak aktywować przez modyfikację ich powierzchni za pomocą środków proadhezyjnych, które zawierają dwa rodzaje ugrupowań:

- jedno - zdolne do utworzenia wiązań chemicznych lub silnych oddziaływań fizycznych z ziarnami napełniacza,
- drugie - zdolne do podobnych oddziaływań z łańcuchami polimeru.

Najogólniej napelniające to nieorganiczne ciała stałe (najczęściej) umożliwiające selektywną modyfikację (poprawę) właściwości tworzyw sztucznych (ang. *fillers/reinforcing fillers*), wpływające szczególnie na:

- Wzrost gęstości;
- Wzrost modułu elastyczności (sztywności);
- Obniżenie skurczu;
- Wzrost twardości;
- Zmiana jakości powierzchni;
- Wzrost HDT;
- Obniżenie wpływu temperatury na właściwości fiz.-mech.;
- Zmianę kosztu;
- Możliwość anizotropii (napelniające włókniste).

Z kolei nośniki to dodatki o charakterze wzmacniającym, zwane także zbrojeniem lub wzmocnieniem, są to najczęściej włókna lub monokryształy tzw. whiskersy, których zadaniem jest utworzenie kompozytu, w którym polimer spełnia rolę spoiwa, a nośnik przejmuje praktycznie całe obciążenie, powodując, iż taki układ uzyskuje kilku- lub kilkunastokrotnie większą wytrzymałość niż wyjściowy związek wielkocząsteczkowy.

Włókna wprowadzane są do polimeru w różnej postaci, najczęściej jako: roving, cięty roving, w postaci maty lub tkaniny.

Włókna szklane stosuje się przede wszystkim do wzmacniania polimerów. Wiodącymi rodzajami włókien szklanych do zastosowań w inżynierii mechanicznej są włókna typu E-glass oraz S-glass. Włókna E-szklane są najczęściej stosowane spośród wszystkich wzmocnień włóknistych, ze względu na ich niski koszt i stosunkowo niski moduł sprężystości w porównaniu z innymi wzmocnieniami. Włókna szklane typu S są sztywniejsze i mocniejsze niż włókna typu E oraz mają lepszą odporność na zmęczenie i pełzanie.

Włókna szklane powstają z różnego rodzaju potłuczonego szkła. Kruszone szkło zawiera krzemionkę z różnymi ilościami tlenków wapnia, magnezu, a czasami boru. Produkcja włókna szklanego to wysokotemperaturowa konwersja surowców w jednorodny stop, a następnie wytwarzanie z tego stopu włókien szklanych. Produkcję włókna szklanego można podzielić na trzy fazy: obróbka surowca, topienie i rafinacja szkła oraz formowanie i wykańczanie włókna szklanego, przy czym ta ostatnia faza jest nieco inna dla różnych rodzajów produkcji włókna szklanego.

Tabela 1.

Typ	Gęstość [g/cm ³]	Średnica [μm]	Moduł Younga [GPa]	Wytrzymałość [GPa]
Włókno szklane	2,54	12	72-76	3,6
Włókno borowe	2,60	100	420	3,1-4,1
Włókno węglowe	1,77	x	220-392	2,8-4,5
Włókno aramidowe	1,45	12,0	77-125	2,8-3,6
Włókno tlenku glinu	3,95	20-150	220-380	1,4-2,0
Włókno SiC	3,00	78-143	330-400	2,9-3,8
Whisker SiC	3,40	0,6	690	6,9

Włókna w postaci rovingu są to długie (rzędu kilku i więcej tysięcy metrów) wiązki pojedynczych włókienek ułożone bez skręcenia z naniesioną na ich powierzchnię apreturą włókienniczą, lepiszczem i środkiem proadhezyjnym, poprawiającym ich przyczepność do żywicy. Czynnikiem charakteryzującym właściwości rovingu jest masa wiązki o długości 1000 m, tzw. Tex. Ta postać służy do produkcji kompozytów wzmacnianych długimi włóknami, często o właściwościach anizotropowych. Przeznaczona ona jest głównie do otrzymywania laminatów z tworzyw zdolnych do sieciowania oraz do wzmacniania termoplastów przetwarzanych specjalnymi metodami. Z rovingu wykonywane jest włókno cięte o długości od kilku do kilkunastu mm, przeważnie służące do wzmacniania wtryskowych termoplastów, maty oraz tkaniny rovingowe.

Włókna szklane, najczęściej wprowadzane do tworzyw w postaci rovingu o długości 4-5 milimetrów i średnicy 9-13 mikrometrów pozostają najczęstszym dodatkiem w wielu aplikacjach dla przetwórców zajmujących się formowaniem wtryskowym. Przy zawartości od 10-60% (z reguły 20-40 procent) wagowych mogą one oferować znacznie większą wytrzymałość i sztywność w porównaniu z typowymi niewzmocnionymi materiałami.

Do najczęściej wzmacnianych polimerów należą bez wątpienia poliamidy (głównie PA6, PA66), poliestry (PBT) ale również tworzywa wysokotemperaturowe (m.in.: PEEK, PEI, PES) oraz typowe materiały takie jak polipropylen (PP), ABS czy poliwęglany (PC).

Generalnie oprócz ogromnej poprawy sztywności, wytrzymałości na rozciąganie czy też odporności termicznej, będących wynikiem wzmocnienia włóknem szklanym, pewnego rodzaju ograniczeniem tej grupy materiałów może stać się ich odporność na silne obciążenia udarowe. Tutaj jednak istnieje możliwość stosowania compoundów, w których oprócz włókna szklanego stosuje się jednocześnie modyfikatory udarność (często elastomery). Działanie to jest szczególnie popularne w grupie materiałów na bazie poliamidów.

Wraz ze wzrostem wytrzymałości rośnie kruchość. Części wypełnione szkłem działają najlepiej, gdy tylko utrzymują ciężar i nie są poddawane silnym obciążeniom udarowym.

Do powlekania włókna szklanego stosuje się różnego rodzaju środki sprzęgające (kompatybilne z matrycą polimerową). Środek sprzęgający wspomaga chemiczne i mechaniczne wiązanie między włóknem szklanym a matrycą polimerową, zwiększając wytrzymałość wzmocnionego tworzywa. Opracowano specjalne preparaty środków sprzęgających (generujące co oczywiste wyższe koszty materiałowe), aby poprawić właściwości polimerów konstrukcyjnych. Zmielone włókno szklane jest stosowane bez środka sprzęgającego w celu zwiększenia modułu sprężystości; jednakże właściwości wytrzymałościowe na rozciąganie i udarność takiego materiału są mniejsze od wartości dla matrycy polimerowej.

Wpływ orientacji płynięcia stopu podczas formowania wtryskowego w materiałach termoplastycznych jest znacznie większy niż w przypadku materiałów termoutwardzalnych lub w przypadku innych procesów formowania. Struktury stopu tworzywa termoplastycznego stają się zorientowane, gdy krzepnie ono podczas cyklu chłodzenia, a orientacja włókna szklanego znacząco wpływa na właściwości mechaniczne produktu formowanego wtryskowo.

Włókna szklane są formowane ze stopów i wytwarzane w oparciu o różne składki (receptury) poprzez zmianę udziału poszczególnych surowców, takich jak: piasek na krzemionkę, glina na tlenek glinu, kalcyt na tlenek wapnia i kolemanit na tlenek boru. Dlatego różne rodzaje włókien szklanych wykazują różne



właściwości, takie jak odporność na alkalia lub dobre właściwości mechaniczne przy użyciu różnych ilości krzemionki lub innych wspomnianych tutaj materiałów.

Produkty z włókna szklanego są klasyfikowane zgodnie z rodzajem kompozytu, w którym są wykorzystywane. Co więcej, nici cięte, niedoprzędzi ciągnięte bezpośrednio, niedoprzędzi złożone i maty są najważniejszymi produktami stosowanymi w procesach formowania wtryskowego, nawijania włókien, pultruzji, formowania arkuszy i ręcznego układania w celu wytworzenia kompozytów wzmocnionych włóknem szklanym.

Ochrona włókien szklanych przed pękaniem lub rozpadem jest ważną kwestią zarówno podczas produkcji włókna szklanego, jak i podczas produkcji kompozytu. Nakładanie apretury na włókno szklane podczas wytwarzania włókien powoduje ich smarowanie, a ponadto hamuje gromadzenie się elektryczności statycznej, adhezję włókien ciągniętych do siebie i adhezję między włóknami ciągniętymi a matrycą polimerową kompozytów.

Podczas wytwarzania kompozytów tworzy się warstwa międzyfazowa, przy której dochodzi do wzajemnego przenikania apretury do osnowy lub dyfuzji polimeru osnowy do apretury. Powstała warstwa międzyfazowa może zwiększać lub zmniejszać wytrzymałość kompozytu, biorąc pod uwagę kompatybilność i oddziaływanie pomiędzy składnikami a matrycą polimerową.

Z energetycznego punktu widzenia redukcja masy pojazdów jest głównym powodem oszczędzania energii w branży transportowej, a w tym zakresie wzrost produkcji lekkich samochodów do około 50% wskazuje na znaczenie kompozytów wzmocnionych włóknem szklanym. W konsekwencji wzrost produkcji włókna szklanego jest kierunkiem, który będzie jednoznacznie kontynuowany w przyszłości.

Ogromne znaczenie kompozytów i możliwości poprawy właściwości, jakie mogą one oferować w porównaniu z konwencjonalnymi materiałami, są w dużej mierze pochodną dynamicznego rozwoju włókien o niezwykłych właściwościach. Innym rodzajem włókna, często znajdującego zastosowanie przy tworzeniu i produkcji lekkich części samochodowych oraz zapewniającego wyjątkową wytrzymałość i trwałość jest włókno węglowe.

Włókna węglowe są stosowane jako wzmocnienia polime-

rów i występują jako materiały o szerokim zakresie wartości wytrzymałości i modułu E. Charakteryzują się one bardzo dużą sztywnością i wytrzymałością. Ponadto włókna węglowe mają doskonałą odporność na pełzanie, naprężenia, zmęczenie i korozję. Ważną cechą, obok małej gęstości, jest niski współczynnik rozszerzalności cieplnej (CTE). Warto odnotować, że włókna węglowe mają na ogół mały, ujemny CTE osiowy (tj. skracają się po podgrzaniu) i mogą być stosowane do produkcji kompozytów wzmocnianych węglem na elementy lotnicze, w których różnica temperatur między częścią narażoną na działanie słońca i elementem zacienionym dochodzi do 400–500°C. Większość włókien węglowych jest silnie anizotropowa. Sztywność osiowa, rozciąganie, wytrzymałość na ściskanie i przewodność cieplna są zazwyczaj znacznie większe niż odpowiadające im właściwości w kierunku poprzecznym.

Włókna węglowe są wykonane głównie z trzech kluczowych materiałów prekursorowych: poliakrylonitrylu (PAN), paku naftowego i paku węglowego. Włókna na bazie PAN są najczęściej stosowanym rodzajem włókien węglowych. Kluczową zaletą włókien na bazie paku jest to, że można je wytwarzać ze znacznie wyższymi modułami osiowymi niż te wykonane z prekursorów PAN. Jednak kompozyty wykonane z włókien węglowych na bazie paku są generalnie nieco słabsze na rozciąganie i ścinanie oraz znacznie słabsze na ściskanie niż kompozyty wytwarzane przy użyciu wzmocnień opartych na PAN.

Spośród włókien polimerowych najczęściej stosowane są włókna aramidowe. Są one organicznym zbrojeniem o wysokim module, stosowanym głównie do wzmocniania polimerów i cementu oraz do ochrony balistycznej. Aramidy to aromatyczne polimery (z grupy poliamidów) o bardzo sztywnej strukturze cząsteczkowej, dzięki czemu ich właściwości mechaniczne są bardzo wysokie.

Włókna aramidowe są otrzymywane w procesie niskotemperaturowej polikondensacji paraftenylenodiaminy oraz chlorku tereftaloilu, stanowiąc niezwykle lekki i wytrzymały materiał polimerowy. Został on wynaleziony w laboratoriach DuPont przez amerykańską chemikę polskiego pochodzenia Stephanie Kwolek i opatentowany w 1974 roku (pod nazwą Kevlar) a swoją wytrzymałość zawdzięcza w głównej mierze sposobowi przędzenia włókien. Dodatkowo charakteryzuje się niską przewodnością cieplną, brakiem przewodnictwa prądu elektrycznego i bardzo wysoką odpornością temperaturową na działanie płomienia.

Istnieje wiele komercyjnych włókien aramidowych produkowanych przez kilku producentów. Ich właściwości wynikają z faktu, że wiązania wodorowe utrzymują razem łańcuchy makrocząsteczkowe w kierunku poprzecznym. W konsekwencji włókna te mają wysoką wytrzymałość w kierunku wzdłużnym i słabą wytrzymałość w kierunku poprzecznym. Ponadto struktura pierścienia aromatycznego nadaje łańcuchom makrocząsteczkowym dużą sztywność, dzięki czemu mają one strukturę przypominającą pręt. Włókna te, ze względu na ich niską gęstość, wysoką wytrzymałość i moduł, są stosowane jako wzmocnienie w kompozytach z matrycą polimerową (np. epoksydową) w zastosowaniach lotniczych, morskich i motoryzacyjnych. Przykłady zastosowania to m.in.: w kaskach, kamizelkach kuloodpornych, wyposażeniu sportowym, elementach uzbrojenia, motoryzacji i produkcji żagli oraz powłokach lakierniczych.

Jacek Szczerba
Tworzywa.pl

PROORGANIKA

PRO-ORGANIKA Sp. z o.o.
04-773 Warszawa
ul. Rogatkowa 34A
tel. +48 22 2994 850
proorganika@proorganika.com.pl
www.proorganika.com.pl



Z okazji zbliżających się Świąt życzymy wszystkim naszym Klientom, Partnerom i Współpracownikom oraz wszystkim Przyjaciołom i Sympatykom Świąt prawdziwie Świątecznych, ciepłych w sercu, zimowych na zewnątrz, spędzonych przy staropolskich kolędach i zapachu świerkowej gałązki. Życzymy aby Nowy Rok był szczęśliwy, pozwolił zrealizować dążenia zawodowe oraz przyniósł wiele satysfakcji z własnych dokonań.

Zespół **PROORGANIKA**



Wady wyprasek w przetwórstwie tworzyw sztucznych

Wady wyprasek to nieodłączny temat procesu wtryskiwania tworzyw sztucznych. Niepożądane efekty i wszelkiego rodzaju niezgodności nie tylko negatywnie wpływają na wizualną jakość produktu, ale przede wszystkim zmieniają jego właściwości fizyczne, co w wielu przypadkach dyskwalifikuje otrzymany produkt.

NAJCZĘSTSZE POWODY WAD WYPRASEK

- Błędny projekt formy wtryskowej,
- Błędy w wykonaniu formy wtryskowej,
- Niepoprawne parametry wtryskiwania,
- Błędy technologiczne procesu wtryskiwania,
- Nieodpowiednio przygotowane tworzywo sztuczne.

JAK POWSTAJE WYPRASKA?

Wypraska to produkt otrzymywany w procesie wtryskiwania tworzyw sztucznych. Jej formowanie zaczyna się podczas napełniania gniazda formującego uplastycznionym tworzywem. Jej kształt jest wcześniej dokładnie zaprojektowany podobnie jak konstrukcja formy wtryskowej.

Wtryskiwanie tworzyw sztucznych to technologia wykorzystywana w produkcji elementów w wielu gałęziach przemysłu. Jej ogromną zaletą jest niski koszt wytworzenia detalu w produkcji seryjnej i masowej. Jednak ze względu na złożoną technologiczność procesu wymaga dużej wiedzy, doświadczenia i zaplecza konstrukcyjno-produkcyjnego.

WADY WYPRASEK WTRYSKOWYCH – PRZYCZYNY POWSTAWANIA I SPOSOBY ELIMINACJI

W artykule przedstawimy najczęściej występujące wady wyprasek, omówimy przyczyny ich występowania oraz sposoby zapobiegania powstawania. Omówimy zarówno wady polegające na deformacji, przebarwieniach, jak i zmianie rozmiaru i właściwości mechanicznych.

Wypaczenia – odkształcenie przez skręt

W pierwszym momencie po uformowaniu wypraski jej kształt jest zgodny z projektem. Jednak po pewnym czasie geometria zaczyna się skręcać. Efektem są zmiany niektórych wymiarów i pofałdowane powierzchnie. Dzieje się tak wówczas, gdy świeżo utworzona wypraska posiada w różnych miejscach swojej geometrii inną tendencję do skurczu. Różnice zdolności skurczowych zależą od orientacji makrocząstek w poszczególnych miejscach wypraski oraz niejednorodności strukturalnej wtryskiwanego tworzywa.

Aby zapobiec wypaczeniom, należy:

- Stosować odpowiednio duże ciśnienie wtrysku i docisku oraz równomierne wypełnienie gniazda formy,
- Zapewnić jednorodną gęstość stopu wzdłuż linii płynięcia strugi tworzywa,
- Zwiększyć prędkość wypełniania gniazda formy,
- Zadbać, aby chłodzenie wypraski przebiegało symetrycznie i równomiernie,
- Zastosować polimer o mniejszym skurczu, np. tworzywo amorficzne,

- W pewnych przypadkach warto uwzględnić zjawisko paczenia w konstrukcji formy. W tym celu gniazdo powinno mieć taki kształt, aby dopiero po wypaczeniu wypraska uzyskała zakładaną w projekcie geometrię,
- Orientować włókna wzmacniające na kierunku prostopadłym do osi, wokół której występuje paczenie,
- W miejscach pogrubień zredukować duże różnice grubości ścianek,
- W strefach podatnych na paczenie stosować usztywnienia, np. żebro, załamania, uwypuklenia.

Skłonność do pękania i łamliwości

Pęknięcie i łamliwość to cecha znacząco pogarszająca właściwości mechaniczne wyprasek, co przekłada się na ich trwałość. Zazwyczaj przyczyna leży w źle dobranych parametrach procesu, takich jak temperatura formy i czas pojedynczego cyklu. Powodem kruchości może być też zbyt duży dodatek składników wzmacniających.

Problem kruchości i łamliwości można rozwiązać przez:

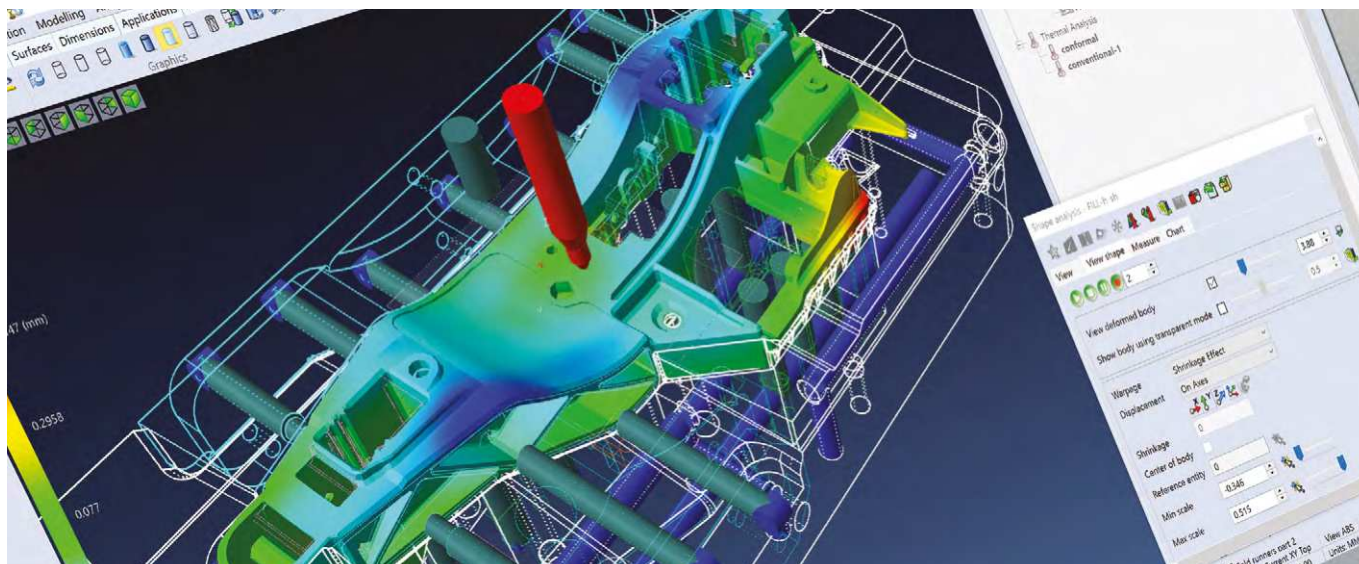
- Dobór właściwych parametrów procesu takich jak: temperatura formy, ciśnienie wtrysku, czas pojedynczego cyklu,
- Optymalizacja procesu przez wykonywanie testów próbnych na różnych parametrach,
- Dobór materiału bez zanieczyszczeń,
- Zmniejszenie ilości stosowanego regranulatu,
- Odpowiednio zaprojektowany detal i forma zapewniające minimalną ilość naprężeń w wyprasce.

Przypalenia gazowe

Przypalenia to miejsca, w których powierzchnia wypraski styka się z gorącym tworzywem lub gorącymi powierzchniami formy wtryskowej. Skutkiem tego w punktowych miejscach powierzchnia otrzymanej kształtki pokryta jest ciemnymi plamami. Powodem tego zjawiska jest nadmierna temperatura zarówno formy, jak i surowca.

Środki pomocnicze i zaradczce:

- Kontrolowanie temperatury surowca i formy wtryskowej oraz niedopuszczanie do jej nadmiernego wzrostu,
- Utrzymywanie parametrów chłodzenia pozwalających na szybkie schłodzenie wypraski i uniknięcie jej przypalenia,
- Dokładne wyczyszczenie formy i kanałów odpowietrzających,
- Zmniejszenie siły zamykania wtryskarki, podczas gdy gniazdo formy odpowietrzane jest za pośrednictwem płaszczyzny podziału formy,
- Zmiana miejsca wtrysku w celu bardziej wydajnego uchodzenia powietrza z gniazda za pośrednictwem kanałów odpowietrzających,
- Wprowadzenie dodatkowych kanałów odpowietrzających.



Nierówna powierzchnia

Wyraźne nierówności i nieregularne zagłębienia w powierzchni pojawiają się wtedy, gdy mamy do czynienia z zanieczyszczeniami formy lub uszkodzeniem powierzchni gniazda formy. Rzadziej wynika to z nieodpowiednio dobranych parametrów procesu. Powierzchnia otrzymanego detalu może mieć uszkodzenia, chropowatości i wiele zagłębień, które niweczą oczekiwany efekt wizualny.

Aby zapobiegać tego rodzaju defektom, należy:

- Dokonywać regularnych przeglądów form wtryskowych i poddawać je czyszczeniu, konserwacji, a w razie potrzeby naprawie,
- Stosować dostatecznie wysokie ciśnienie oraz temperaturę tworzywa,
- Stosować dostatecznie wysokie przeciwcisnienie,
- Utrzymywać gniazdo formy w idealnej czystości,
- Zadbac o dobre wysuszenie tworzywa,
- Może też pomóc zmniejszenie prędkości wtryskiwania.

Linie łączenia tworzywa

Linie łączenia płynnego tworzywa uwidaczniają się wtedy, gdy różne strumienie spotykają się ze sobą. Tworzywo z dwóch strumieni łączy się, tworząc widoczne linie na powierzchni detalu. Efekt ten uznaje się za negatywny ze względu na naruszenie estetyki wyrobu.

Efektowi łączenia linii możemy zapobiec poprzez:

- Dobór tworzywa o wysokich zdolnościach łączenia się w postaci ciekłej,
- Zaprojektowanie formy wtryskowej, punktów wtrysku oraz kątów strumieni tak, aby zapewnić możliwość lepszego połączenia się docierającego z różnych stron materiału przed zastygnięciem.

Srebrzyste smugi

Srebrzyste smugi to rodzaj wady powierzchniowej. Jej pojawienie się ma związek ze stosowaniem dodatków wzmacniających. Gdy dodatki nie zostaną dokładnie rozmieszane z surowcem, pojawiają się na powierzchni w postaci smug. Jest to wynik separacji lub wymycia niepołączonych ze sobą składników.

Srebrzystym smugom możemy zapobiec poprzez następujące działania:

- Zapewnienie dostatecznego mieszania surowca przed wtryskiem i skutecznego wymieszania stosowanych dodatków,
- Korzystanie z surowców o wysokiej jakości i optymalnej ilości dodatków wzmacniających,
- Kontrolowanie surowca w celu eliminacji zanieczyszczonego tworzywa.

Wybłyszczenie – zbyt duży połysk

Wada polegająca na nadmiernym połysku negatywnie wpływa na estetykę. Najczęstszą przyczyną tego zjawiska jest zbyt wysoka temperatura formy wtryskowej w połączeniu z za wysokim ciśnieniem. Nadmierne rozpuszczenie tworzywa skutkuje wyraźnym połyskiem, zwłaszcza jeśli zastosowane zostało wysokie ciśnienie wtrysku.

Problem zbyt intensywnego połysku należy rozwiązywać, stosując:

- Optymalną temperaturę formy wtryskowej i temperatury cylindra, dzięki której tworzywo nie będzie zbyt ciekłe,
- Ciśnienie pozwalające uniknąć nadmiernego mieszania tworzywa w momencie wtrysku,
- Optymalną temperaturę chłodzenia wypraski, aby stężenie tworzywa przy jej powierzchni było wystarczające,
- Mniejsze ciśnienie docisku,
- Większą siłę zamykania formy,
- Zmniejszenie prędkości i ciśnienia wtrysku.

Tygrysie linie

Tygrysie linie to prostopadłe do kierunku płynięcia linie w postaci cieni pojawiających się na powierzchni wyprasek, które w swojej formie przypominają sierść tygrysa. Powodem tego defektu jest pulsacyjny sposób płynięcia tworzywa. Ma to miejsce zazwyczaj podczas stosowania wielofazowych mieszanek.

Aby temu zapobiec, należy:

- Zwiększyć temperaturę tworzywa,
- Stosować tworzywo o większej płynności,
- Zwiększyć przekrój poprzeczny wlewa lub wlewków,
- Zwiększyć grubość ścianek wypraski.

Pęcherze powietrza

Niewielkie bąbelki gazu mogą powstawać wewnątrz wyprasek w momencie wtrysku. Najczęstszą przyczyną jest zbyt duża wilgotność surowca oraz zbyt wysokie ciśnienie wtrysku.

Gdy tworzywo nie zostanie dokładnie wysuszone, wilgoć pod wpływem wysokiej temperatury zaczyna parować, zamieniając się w gaz. Natomiast przy zbyt wysokim ciśnieniu substancje gazowe wypełniające wnękę formy nie mają możliwości ujęcia przed zastygnięciem tworzywa, tworząc pęcherze.

Zjawisku powstawania pęcherzy można zapobiec poprzez:

- Odpowiednie przygotowanie surowca i usunięcie z niego wilgotności,
- Dobranie właściwego ciśnienia i prędkości wtrysku,
- Dostosowanie temperatury formy do właściwości używanego tworzywa,

- Kontrolę drożności otworów odpowietrzających i ich regularne czyszczenie,
- Stosowanie tworzywa o wysokiej jakości bez zanieczyszczeń.

Niedolewy

Niedolewy to widoczne miejsca wypraski, które nie zostały wypełnione tworzywem na etapie wtryskiwania. Takie wady mogą być spowodowane złym ustawieniem formy wtryskowej oraz niedostateczną ilością wtrysniętego tworzywa do gniazda formy. Tego typu wada całkowicie wyklucza detal z możliwości wykorzystania zgodnie z przeznaczeniem, gdyż traci on swoją funkcjonalność.

Aby nie dopuścić do pojawiania się niedolewów, należy:

- Stosować optymalną ilość materiału podczas wtryskiwania,
- Stosować odpowiednio wysoką prędkość wtryskiwania, kontrolować czas wtrysku i ciśnienie,
- Korzystać z systemów umożliwiających symulację procesu oraz technologii wtryskiwania (np. VISI Flow) w celu określenia czy zaprojektowana forma umożliwia całkowite wypełnienie gniazda,
- Stosować odpowiednio wysoką temperaturę formy, aby nie dopuścić do przedwczesnego krzepnięcia tworzywa,
- Zapewnić drożność otworów odpowietrzających.

Za duży rozmiar wypraski

Zbyt duży rozmiar wypraski może być spowodowany niewłaściwym ustawieniem formy wtryskowej, przez co nie może ona odwzorować prawidłowych wymiarów zaprojektowanego modelu. Dodatkowo rozrost tworzywa w formie może być spowodowany złe dobranymi parametrami wtrysku.

W celu eliminacji tego problemu należy:

- Przeprowadzać regularne przeglądy formy wtryskowej w celu ograniczenia luzów i utrzymywania odpowiedniego dopasowania,
- Zoptymalizować czas wtrysku w celu jego skrócenia,
- Podwyższyć temperaturę formy i tworzywa,
- Zmniejszyć ciśnienie docisku, ciśnienie i prędkości wtryskiwania,
- Wykonywać testowe wypraski w celu optymalizacji parametrów procesu.

Zapadnięcia

Obszary zapadnięć widocznych na powierzchni wyprasek są powodem nieprawidłowej geometrii detalu i najczęściej elementy z takimi wadami nie przechodzą kontroli jakości. Zapadnięcia charakteryzują się miejscowo niższą wysokością lub pojawianiem się odkształceń przypominających wciśnięcie.

Zapadnięcia to wada powodowana najczęściej przez zbyt niskie ciśnienie wtrysku lub temperaturę formy. W gorszych przypadkach przyczyna może leżeć w błędnej konstrukcji formy wtryskowej.

Aby nie dopuścić do występowania zapadnięć, należy:

- Zadbać o dostatecznie długi czas chłodzenia,
- Zwiększyć długość sezonowania po wtrysku,
- Zadbać o równomierne i dostateczne chłodzenie przed usunięciem wypraski z gniazda formy,
- Sprawdzić czy grubości ścianek nie są za małe,
- Po etapie wypełnienia gniazda zwiększyć ciśnienie w początkowej fazie docisku,
- Sprawdzić poprawność funkcjonowania zwrotnego zaworu na końcu ślimaka,
- Zwiększyć ciśnienie docisku.

Pustki

Pustki to przestrzenie wewnątrz detalu, które nie zostały wypełnione tworzywem w czasie wtrysku. Takie wady powstają

przez niewydajne napełnianie gniazda formy. Mogą się pojawiać przy stosowaniu zbyt niskiego ciśnienia wtrysku lub źle ustawionej formie oraz niedostatecznej ilości tworzywa wtrysniętego do gniazda.

W celu zapobiegania pustkom należy zadbać o wystarczającą ilość materiału podczas wtrysku i dobieranie optymalnych parametrów procesu, tj. ciśnienie, prędkość i czas wtrysku.

Oto co należy zrobić, jeśli w wyprase pojawiają się pustki:

- Sprawdzić, czy podawana zostaje odpowiednia ilość tworzywa,
- Podnieść ciśnienie wtrysku,
- Zwiększyć czas wtrysku lub rozmiar otworu wtryskowego i kanałów doprowadzających, aby zapewnić laminarny przepływ tworzywa,
- Upewnić się, że materiał jest dobrze wysuszony,
- Zapewnić drożność otworów odpowietrzających.

PRZYKŁAD NARZĘDZIA POZWALAJĄCEGO WYELIMINOWAĆ WADY WYPRASEK

VISI Flow to narzędzie do analizy przed- i poprodukcyjnej oraz równoczesnego projektowania formowanych wtryskowo komponentów plastikowych. Dostarcza kompletne rozwiązanie dla konstruktorów i ustawiaczy form wtryskowych, od analizy wypełnienia poprzez obliczenia odkształceń aż po optymalizację termiczną.

Kluczowe korzyści z modułu Flow do analizy wtrysku:

- Zintegrowana aplikacja CAD/CAE,
- Unikalna, opatentowana technologia bryły siatki,
- Krótki czas przygotowania obliczeń i modelu,
- Dokładna symulacja wypełnienia,
- Identyfikacja problemów estetycznych,
- Wielokrotne formowanie,
- Orientacja włókien,
- Baza materiałowa tworzyw sztucznych,
- Przewidywanie odkształceń,
- Analiza termiczna,
- Optymalizacja układu chłodzenia,
- Import systemu chłodzenia i zasilania,
- Symulacja wtrysku wspomaganego gazem, dwukomponentowego i obtryskiwanie.

PODSUMOWANIE

Problemy w procesie wtrysku – wady wyprasek

Wady wyprasek to problem, który nie powinien pojawiać się przy dobrze zaprojektowanej formie wtryskowej i odpowiednio dobranych parametrach procesu oraz stosowaniu wysokiej jakości tworzywa.

Jednak ze względu na wysoki stopień zaawansowania technologii przetwórstwa tworzyw sztucznych zdarzają się nawet w przedsiębiorstwach z wieloletnim doświadczeniem w budowie form wtryskowych i produkcji elementów z tworzywa sztucznego.

Wiele z przedstawionych powyżej wad całkowicie wyklucza produkt z użyteczności, dlatego ważne jest, aby tak zoptymalizować cały proces, by **jakiegokolwiek wady wyprasek nie powstawały**. Kluczowe jest także odpowiednie przygotowanie tworzywa i regularne przeglądanie stanu narzędzi biorących udział w procesie. Wszystko po to, aby produkować wysokiej jakości produkty z tworzyw sztucznych, które zgodnie z wymaganiami projektu, będą przez długi czas zachowywać swoje właściwości.

Źródło: visicadcam.pl



A business of BARNES

*Dziękując za zaufanie
i dotychczasową współpracę,
pragniemy złożyć Naszym Klientom,
Partnerom oraz Współpracownikom
najserdeczniejsze życzenia
ciepłych i rodzinnych
Świąt Bożego Narodzenia.
Niech Nowy Rok przyniesie Państwu
tę odrobinę szczęścia,
która sprawi, że wszystkie
podjęte działania
zakończą się sukcesem*
Życzy Gimatic Polska

GIMATIC POLSKA Sp. z o.o.
42-233 Wierzchowisko, ul. Spadowa 13
tel. 34 38 73 052
tel. kom. 889 535 500
gimatic@gimaticpolska.pl
www.gimatic.com





Analiza przyczyn powstawania i opracowanie sposobu zapobiegania występowania

Wady w procesie produkcji części samochodowych z tworzyw sztucznych

Jolanta Ciukaj

Produkcja stanowi jedną z głównych i najważniejszych działalności systemu produkcyjnego, w którym elementy znajdujące się na wejściu, przekształcane są poprzez cykl procesów produkcyjnych do elementów wyjściowych. Funkcjonowanie przedsiębiorstwa produkcyjnego zależy od procesu produkcji, który złożony jest z wielu operacji produkcyjnych niezbędnych do wytworzenia danego wyrobu z wykorzystaniem maszyn i urządzeń. Przedsiębiorstwa skupiają się na wydajności produkcji, redukcji kosztów i maksymalizacji zysków.

W przemyśle motoryzacyjnym do produkcji elementów z tworzyw sztucznych wykorzystuje się różnego rodzaju materiały, które są wtryskiwane za pomocą odpowiednich maszyn, możemy wyróżnić wtrysk jedno-, dwu- lub wielokomponentowy, ze względu na różne zapotrzebowanie w przemyśle.

Wzrost produkcji elementów plastikowych powoduje rozwój procesów przetwórczych prowadzący do otrzymania konkretnego wyrobu, jedną z metod produkcji jest proces wtrysku tworzyw sztucznych.

W każdym przedsiębiorstwie podczas procesu produkcyjnego można spotkać pewne wady produktów, które związane są z nieodpowiednim doбором parametrów procesu, jak również ze stanem maszyn oraz brakiem przeszkolenia pracowników. W celu zapobiegania występowania defektów na elementach z tworzyw sztucznych stosuje się pewne metody i narzędzia po-

magające wyeliminować lub zapobiec powstawaniu wad i defektów. Podczas rozwoju zakłady wprowadzają nowe technologie, aby usprawnić proces, do tych usprawnień zaliczamy audyty, kontrole jakości procesu i detalu, narzędzia LEAN oraz wprowadzanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych [3].

W niniejszym artykule zostaną omówione aspekty związane z procesem wtrysku, funkcjonowaniem przedsiębiorstwa produkcyjnego, materiałów, z których elementy są wykonane oraz narzędzia jakościowe, którymi posługujemy się w celu weryfikacji powstających defektów i wad.

ZARZĄDZANIE JAKOŚCIĄ

Termin jakość wywodzi się z koncepcji filozoficznych Platona i Arystotelesa. Według Platona jakość to stopień osiągnięcia przez przedmiot doskonałości, według Arystotelesa jakość jest rozumiana jako zespół cech odróżniających dany przedmiot od innych przedmiotów tego samego rodzaju. W przypadku inżyniera wydaje się, że bardziej użyteczna jest definicja Arystotelesa zwracająca uwagę na rozumienie jakości jako zbioru cech produktu. Jakość głównie związana jest z zaspokajaniem potrzeb i wymagań klienta dotycząca produkowanych wyrobów przez przedsiębiorstwo. Bardzo ważną i wykorzystywaną powszechnie w zarządzaniu jakością koncepcją jest „koło Deminga” stosowane powszechnie do zobrazowania ciągłego doskonalenia.

nia w organizacji (Wolniak, 2010). Jeden z pierwszych etapów jakości jest kontrola, która ma na celu sprawdzenie, mierzenie lub testowanie jednej lub więcej charakterystyk produktu i odnoszenie wyników do wyspecjalizowanych wymagań w celu potwierdzenia zgodności. Zadanie to zwykle wykonywane jest przez wyspecjalizowany personel i nie wchodzi w zakres obowiązków pracowników produkcyjnych. Produkty niezgodne ze specyfikacjami są odrzucane lub przekazywane do poprawienia (Wilczyński, 2011). Kluczowym założeniem odnoszącym się do kontroli jakości jest przyjęcie zasady, że ostatecznym kontrolerem jest klient. Optymalną formą kontroli jakości jest ta, która ma na celu najlepsze usatysfakcjonowanie klienta. Kontrola jakości służy trzem podstawowym celom (Czyżewski and Bielinski, 2009):

- Identyfikacji problemu,
- Dostarczenia informacji dla kierownictwa,
- Eliminacji problemu przez kierownictwo.

Kontrola jakości może być wykonywana na końcu procesu produkcyjnego lub na różnych jego etapach (kontrola produkcji). Patrząc pod względem wyrobu, kontrola wpływa na sprawdzenie zgodności z wzorcem według wymagań klienta.

METODA FMEA

Metoda wykorzystywana jest w celu zapobiegania i niwelowania skutków wad, jakie mogą wystąpić w procesach konstrukcyjnych oraz w trakcie wytwarzania wyrobu. Metoda ta pozwala oceniać konsekwencje i identyfikować przyczyny wad oraz im zapobiegać lub je korygować.

Analiza FMEA wyrobu jest zalecana do realizacji na etapie projektowania i modernizacji. Dzięki niej możliwe staje się niedopuszczenie do powstania wad w wyrobie nie tylko przez zwrócenie uwagi na etapie projektowania na pewne elementy wyrobu, ale również przez zaplanowanie kontroli określonych elementów wyrobu już w późniejszej fazie jego wytwarzania (FMEA procesu) (Stadnicka, 2019).

5 WHY

Prosta metoda identyfikowania przyczyn źródłowych problemów w celu ich wyeliminowania i niedopuszczenia pojawienia się danego problemu. Stosowana jest coraz częściej w przedsiębiorstwach przemysłowych do monitorowania i kontroli procesu produkcyjnego.

Przeprowadza się ją w dwóch aspektach:

- Pierwszy dotyczy przyczyn problemu – co spowodowało wystąpienie danego problemu,
- Drugi aspekt dotyczy wykrycia problemu - dlaczego nasz obecny system nie wykrył problemu, kiedy się pojawił (Skotnicka-Zasadzień, 2013).

Bardzo pomocna w ocenie mniej złożonych problemów oraz występujących w nich związków przyczynowo - skutkowych.

Diagram Ishikawy

Narzędzie wykorzystywane do identyfikacji potencjalnych przyczyn występowania określonego problemu. Przedstawia się go za pomocą schematu zwanego „rybią ością”, w którym:

- „głowa ryby” to problem do rozwiązania,
- „kręgosłup” to grupy przyczyn występującego problemu,
- „ość”- przyczyny zaliczane do danej grupy (Wolniak and Skotnicka, 2011).

Diagram Ishikawy stosowany jest w pracy zespołowej w połączeniu z innymi narzędziami, tj. burza mózgów. Przyczyny występujące w badanym problemie mogą pojawić się w takich kategoriach jak: człowiek, maszyna, materiał, metoda, zarządza-

nie i środowisko (Diagram Ishikawy, 2018). Do pełnej analizy zaistniałego problemu trzeba wykorzystać wiedzę ekspercką i doświadczenie pracowników, którzy mają do czynienia z analizowanym problemem oraz posiadają niezbędną wiedzę na ten temat.

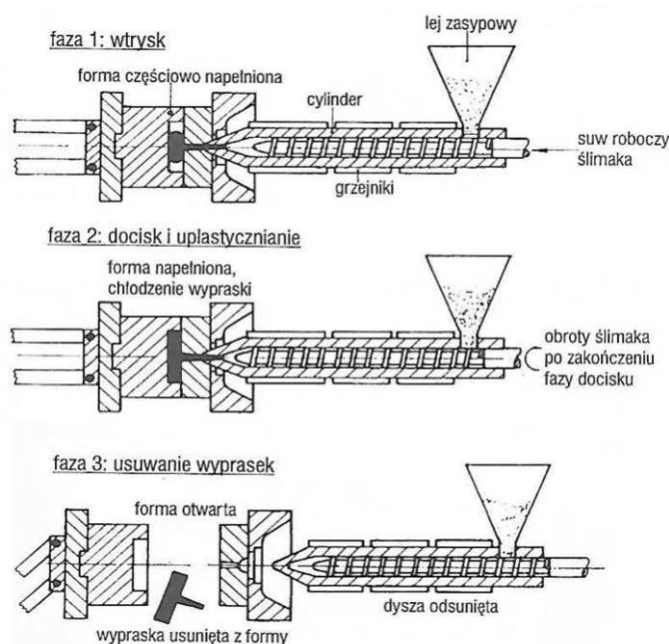
CHARAKTERYSTYKA BADANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA

Przedsiębiorstwo produkujące plastikowe części samochodowe skupia się głównie na przetwórstwie tworzyw sztucznych dla branży motoryzacyjnej. W zakładzie występuje wtrysk standardowy i dwukomponentowy. Wszystkie produkty dostosowane są do specyficznych potrzeb klienta. Na rysunku 2 przedstawiono schemat blokowy produkcji plastikowych elementów, od zlecenia produkcyjnego – zamówienia klienta, do załadunku do samochodu do transportu wyrobów gotowych do klienta. Przedsiębiorstwo przed rozpoczęciem produkcji zamierzonego wyrobu podejmuje następujące działania:

- Przyjęcie zamówienia od klienta i praca nad projektem danej formy wtryskowej,
- Próba produkcji kilku sztuk detalu,
- Sprawdzenie próbnych sztuk pod kątem jakościowym (wymiały, waga, wielkość detalu itp.),
- Zatwierdzenie próbnych sztuk przez dział jakości,
- Rozpoczęcie masowej produkcji pod zamówienie klienta.

Najczęściej stosowanym tworzywem w przemyśle motoryzacyjnym jest ABS, które otrzymuje się w procesie polimeryzacji. Materiał ten jest odporny na zarysowania, charakteryzuje się bowiem dużą twardością i udurowieniem, bezpieczny dla człowieka, nietoksyczny oraz odporny na działanie rozcieńczonych kwasów, ługów, tłuszczu, soli. Posiada również bardzo dobre właściwości termoizolacyjne, nie odkształca się przy zmianie temperatury, a także nie wchłania wilgoci z powietrza. Niestety nie jest odporny na działanie promieniowania UV (ABS tworzywo, 2019).

Główną maszyną biorącą udział w procesie jest wtryskarka. Zasada działania wtryskarki opiera się na następujących po sobie fazach cyklu, które trwają od kilku sekund do kilku minut. Charakterystyczne fazy procesu wtryskiwania składają się z fazy wtrysku, fazy docisku i uplastyczniania oraz fazy usuwania wyprasek (Johannaber, 2000) (rys. 1).



Rys. 1. Fazy procesu wtryskiwania. Źródło: Johannaber, 2000

Przebieg całego procesu faz wtryskiwania jest następujący: za pomocą transportu pneumatycznego materiał w postaci granulatu sypkiego jest transportowany do leju zasypowego. Granulat trafia do ślimacznicy, która wykonuje ruch obrotowy. Surowiec nagrzewany jest w cylindrze wtryskarki za pomocą grzałek do określonej temperatury. Następnie, po dojeździe dyszy wtryskowej surowiec w stanie płynnym, pod wysokim ciśnieniem, wtryskiwany jest do zamkniętej formy (Johannaber, 2000). Materiał wypełnia wnętrze formy, w której temperatura jest niższa niż temperatura mięknięcia tworzywa. Płynne tworzywo, stykając się z zimnymi ściankami formy, stygnie i formuje pożądany kształt (Jaworski, 1969). Po zrealizowanym procesie wtrysku następuje odjazd cylindra i otwarcie formy. Gotowy detal jest wypychany za pomocą hydraulicznego wyrzutnika do łapy robota i transportowany na taśmę do operatora.

Wtrysk dwukomponentowy można uzyskać na dwa sposoby za pomocą formy w kształcie kostki, która dokonuje pierwszy wtrysk tworzywa, a następnie obraca się o 180 stopni i wtryskuje drugie tworzywo. Drugim sposobem na uzyskanie elementu dwukomponentowego jest wtrysk poziomy i pod kątem. Polega on na tym, że pierwsze tworzywo wtryskiwane jest do zamkniętej formy, następnie forma otwiera się i za pomocą łapy robota element przenoszony jest na drugie gniazdo, gdzie po zamknięciu formy wtryskiwane jest drugie tworzywo. Gotowy detal odbierany jest przez robota i dostarczany na krótką taśmę produkcyjną, która transportuje element do operatora. Podczas produkcji operator ma za zadanie sprawdzenie każdego wyprodukowanego detalu na podstawie instrukcji stanowiskowych, a następnie ich segregacji. Gdy podczas selekcji detali pojawia się wada, z którą nie umie poradzić sobie operator, wzywa kontrolę jakości, która omawia problem na zebraniu. Jeżeli wada jest poważna, klient jest informowany o zaistniałej sytuacji i wdrożonych działaniach naprawczych. Działania naprawcze weryfikowane są za pomocą odpowiednich metod i narzędzi.

ANALIZA WYNIKÓW

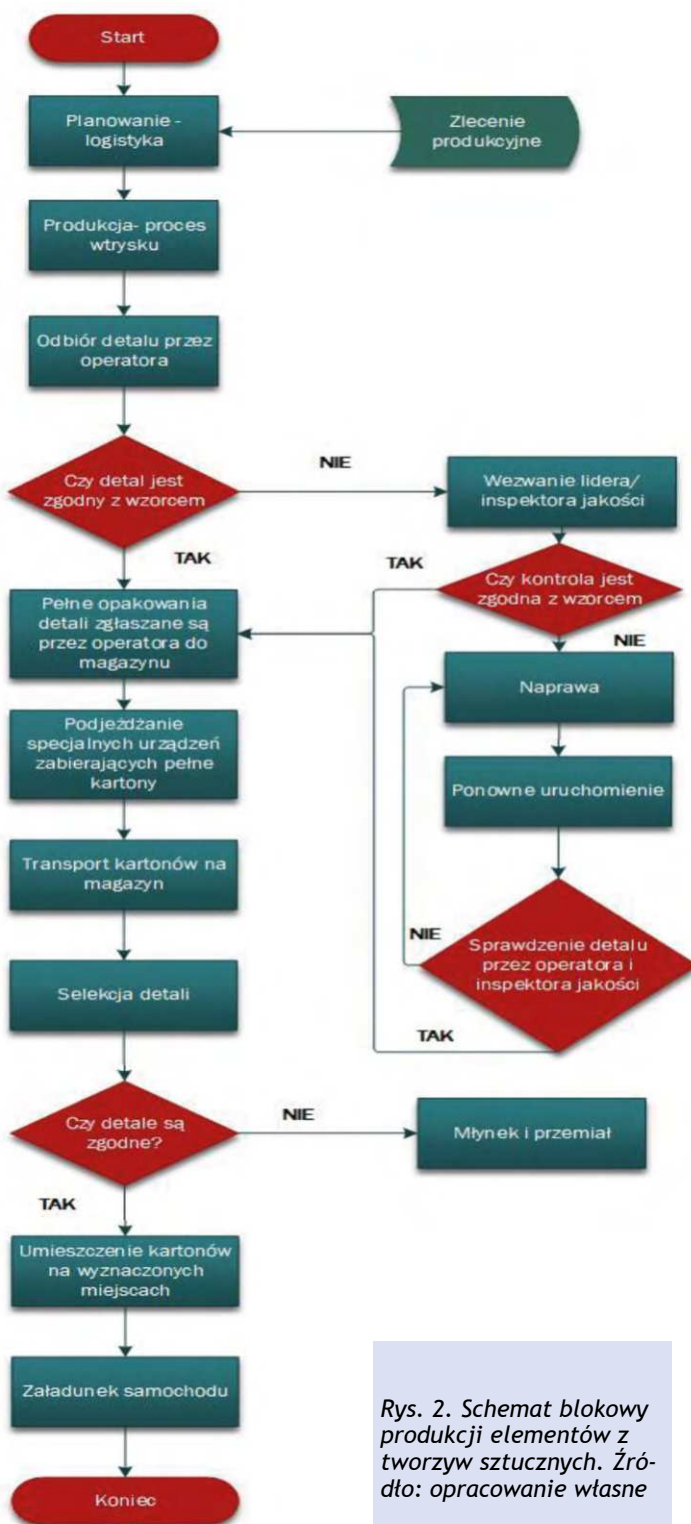
W celu identyfikacji najczęściej występujących niezgodności mających negatywny wpływ na jakość produkowanych elementów z tworzyw sztucznych zastosowano metodę FMEA. Określono w niej przyczyny występowania poszczególnych wad. Ustalono, że wskaźnik WRP nie powinien przekraczać 80, jeżeli go przekroczy należy wdrożyć działania zapobiegawcze.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że najczęściej występującymi wadami są nadlewy i niedolewy oraz błąd pracownika podczas pakowania. Nadlewy pojawiają się na detalach jako duże, wyraźne, czasami wystające z nich, płytkowe „wypustki”. Głównymi przyczynami ich powstawania jest mała siła zamykania formy oraz jej przeładowanie, co powoduje to, że materiał wciska się pomiędzy szczeliny połówek formy wtryskowej. Natomiast powodami powstawania niedolewów mogą być np: zbyt mała ilość tworzywa w jednorazowym wtrysku, nieszczelny zawór zwrotny końcówki ślimaka albo zbyt małe ciśnienie wtrysku. W tabeli 1 przedstawiono wady i przyczyny, ale również przeprowadzone działania korygujące w celu ich usunięcia.

Dokonując dalszej analizy głównych wad występujących w przedsiębiorstwie, opracowano diagram Ishikawy dla każdej z wad, które przekroczyły graniczny wskaźnik WRP. Dla każdego z poszczególnych czynników znaleziono odpowiednią przyczynę występującego błędu. Diagramy przedstawiono na rys 2-4. Przyczyny niedolewów i nadlewów występowały głównie w kategoriach: człowiek, maszyna, zarządzanie, materiał. Natomiast błąd operatora podczas pakowania elementów plastikowych występował w trzech kategoriach: metoda, zarządzanie i człowiek.

Ostatnim etapem analizy była metoda 5 WHY, za pomocą której zadawano pytania „dlaczego”, aby dojść do źródła powstawania problemu. Ze względu na to, iż nadlewy i niedolewy są wadami, które najczęściej powstają w przedsiębiorstwie, zaprezentowano zbiorczą tabelę tej metody.

Z przeprowadzonej analizy 5 WHY wynika, że głównym problemem jest błąd pracownika wynikający z braku kontroli nad nim, ale także brakami w doświadczeniu na danym stanowisku. Wyniki przeprowadzonej metody 5 WHY i diagramu Ishikawy są podobne, ponieważ głównym problemem jest błąd pracownika przy ustawianiu parametrów maszyn. W celu zapobiegania występowania tych błędów najlepszym rozwiązaniem jest przepro-



Rys. 2. Schemat blokowy produkcji elementów z tworzyw sztucznych. Źródło: opracowanie własne

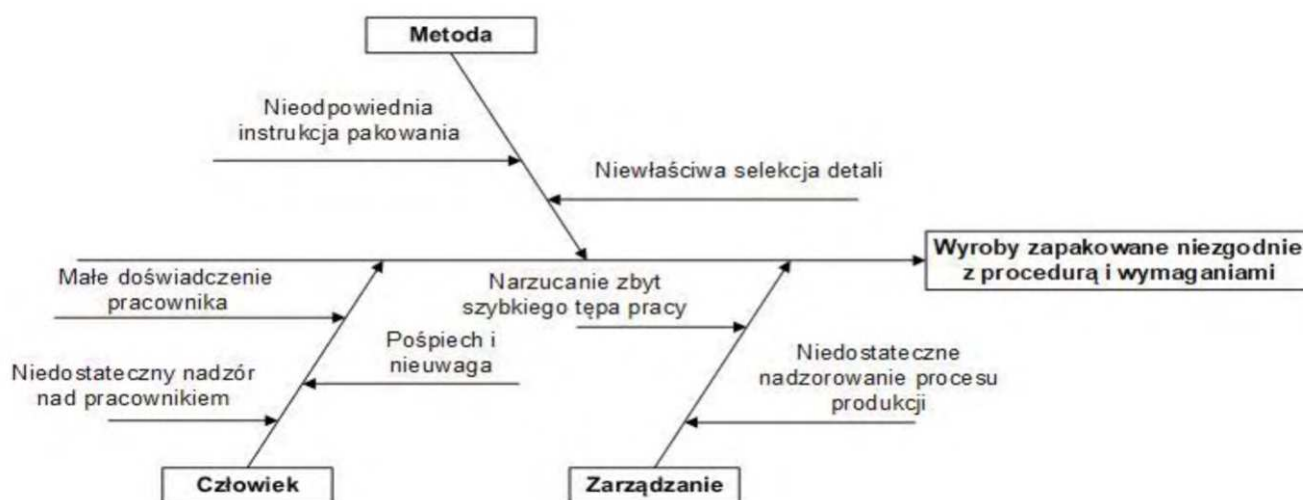
Tabela 1. Analiza FMEA wyrobu i działania korygujące

Lp.	Operacja	Wada	Przyczyna	WPR przed	Działania korygujące	Wskaźniki			WPR po
						R	W	Z	
1.	Uplastycznienie tworzywa w cylindrze	Nieuplastyczniony materiał	Zbyt niska temperatura cylindra	96	Podwyższenie temperatury cylindra, nadzór nad procesem	5	6	2	60
			Mała ilość surowca	90	Nadzór i kontrola dozowania ilości surowca.	6	7	1	42
			Uszkodzona grzałka	90	Wymiana grzałki na nową	7	7	1	49
		Za bardzo uplastyczniony materiał	Zbyt wysoka temperatura cylindra	90	Zmniejszenie temperatury cylindra, nadzór nad procesem.	6	6	2	72
			Uszkodzona grzałka	90	Wymiana grzałki na nową	7	7	1	49
2.	Wtrysk uplastycznionego tworzywa	Za mały wtrysk tworzywa	Małe ciśnienie wtrysku	128	Zwiększyć ciśnienie wtrysku.	6	6	2	72
			Niska temperatura gorących kanałów	168	Zwiększyć temperaturę gorących kanałów	7	8	1	56
			Zbyt mała prędkość wtrysku	162	Zwiększyć szybkość wtrysku	6	6	2	72
			Nieodpowiednia ilość dozowania	112	Nadzór i kontrola ilości wprowadzanego surowca	6	8	1	48
		Za duży wtrysk tworzywa	Duże ciśnienie wtrysku	112	Zmniejszyć ciśnienie wtrysku	7	5	2	70
			Nieodpowiednia ilość dozowania	126	Nadzór i kontrola ilości wprowadzanego surowca	5	6	2	60
			Zbyt duża prędkość wtrysku	120	Zmniejszyć szybkość wtrysku.	5	6	2	60
			Wysoka temperatura gorących kanałów	120	Zmniejszyć temperaturę gorących kanałów	5	7	2	70
3.	Docisk formy wtryskowej	Za mały docisk	Niskie ciśnienie docisku	144	Zwiększyć siłę docisku. Kontrola i nadzór procesu.	7	8	1	56
			Krótki czas docisku	126	Wydłużyć czas docisku. Nadzór procesu	7	8	1	56
		Za duży docisk	Wysokie ciśnienie docisku	144	Zmniejszyć ciśnienie docisku. Nadzór procesu.	7	8	1	56
			Długi czas docisku	126	Skrócić czas docisku formy. Nadzór procesu.	7	8	1	56
4.	Pakowanie detali przez operatora do kartonów	Wyroby zapakowane niezgodnie z procedurą i wymaganiami	Błąd pracownika - nieprzeszkolony pracownik	96	Przeprowadzenie szkolenia pracownika. Stworzenie nowych kart instrukcji selekcji detali - Nadzór i kontrola pracownika podczas produkcji	4	5	2	40

Rys. 3. Diagram przyczynowo-skutkowy dla niedolewów.
Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Diagram przyczynowo-skutkowy dla nadlewów. Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Diagram przyczynowo-skutkowy dla wyrobów zapakowanych niezgodnie z procedurą i wymaganiami. Źródło: opracowanie własne

wadzenie ponownego szkolenia pracowników, a także stworzenie nowych kart instrukcji na stanowiskach pracy.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza za pomocą metody FMEA umożliwiła wykrycie niezgodności podczas procesu produkcyjnego w postaci występujących nadlewów i niedolewów na detalach. Określono w niej przyczyny występowania poszczególnych wad, tj. nieuplastyczniony materiał, za bardzo uplastyczniony materiał, za mały i za duży wtrysk tworzywa, za duży i za mały docisk formy wtryskowej oraz wyroby zapakowane niezgodnie z procedurą i wymaganiami. Na podstawie metody FMEA wyszczególniono 7 wad, które związane były głównie z powstającymi nadlewami i niedolewami na detalach oraz błędami pracownika podczas pakowania elementów układu klimatyzacji. Jeżeli wskaźnik WPR przekroczył wartość 80, wdrażano działania korygujące, które zmniejszyły i zredukowały poszczególne wady. Działania, jakie wdrożono w analizie FMEA, to:

- Nadzór i kontrola parametrów wtryskarki,
- Naprawa formy wtryskowej,
- Przeprowadzenie szkoleń dla pracowników,
- Stworzenie nowych kart instrukcji stanowiskowych,
- Nadzór i kontrola pracowników podczas pracy produkcyjnej.

Dalsza analiza niezgodności przeprowadzona za pomocą dia-

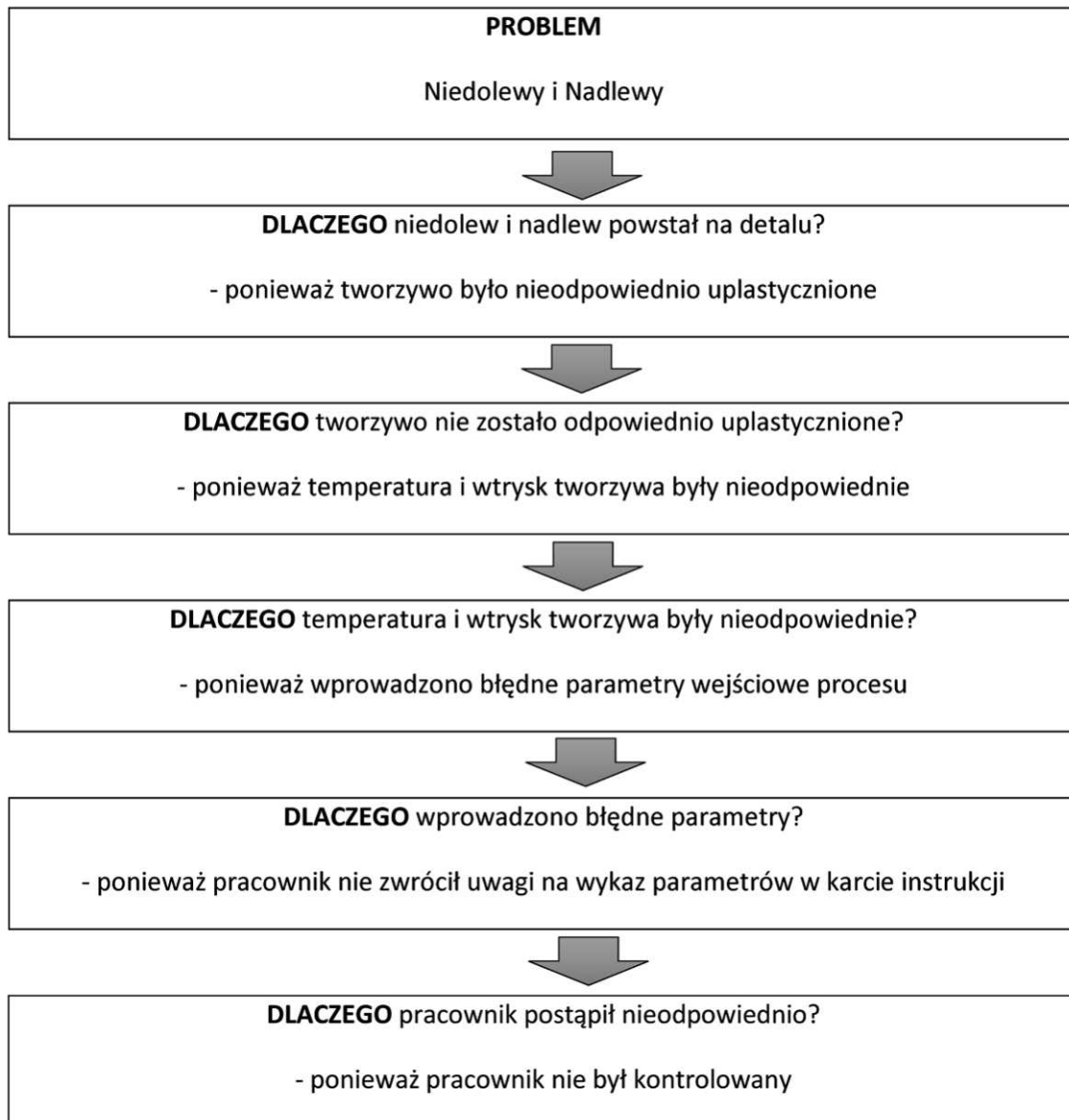
gramu Ishikawy pozwoliła na wykazanie przyczyn odpowiedzialnych za występowanie wad elementu układu klimatyzacji. Dla każdej wady przekraczającej wskaźnik WPR zostały przydzielone odpowiednie czynniki oraz przyczyny ich występowania. Główne przyczyny poszczególnych wad były związane z czynnikiem ludzkim, awarią maszyny, nieodpowiednią ilością surowca oraz organizacją i kontrolą pracy.

Ostatnim etapem analizy była metoda 5 WHY, w której przeanalizowano przyczyny wystąpienia nadlewów i niedolewów na elementach, za pomocą pytań „dlaczego”. Stwierdzić można, że dużą rolę odgrywa pracownik, który jest odpowiedzialny za ustawianie odpowiednich parametrów procesu na podstawie kart technologicznych. Stosując odpowiednie metody i narzędzia jakościowe, jesteśmy w stanie przedstawić cały proces produkcyjny wybranego elementu i występujących w nim wad oraz przyczyn ich występowania.

Poprzez przeprowadzenie ponownych szkoleń operatorów, osób pakujących detale oraz uaktualnienie bieżących kart instrukcji oraz technologicznych udało się zredukować powstające wady podczas procesu produkcyjnego.

LITERATURA

- [1] ABS tworzywo (2020, marca 29) [https://pl.wikipedia.org/wiki/ABS_\(tworzywo\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/ABS_(tworzywo)).



Rys. 6. Metoda 5 WHY. Źródło: opracowanie własne

[2] ABS tworzywo (2020, listopad 19) <https://plastpro.pl/oferta/tworzywo-abs>.

[3] Ciukaj, J., (2020) Praca inżynierska nt. Analiza przyczyn powstawania i opracowanie sposobu zapobiegania występowania wad w procesie produkcji plastikowych części samochodowych. Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania, Zabrze, Promotor: dr hab. inż. Ryszard Wyczółkowski, prof. PŚ.

[4] Czyżewski P., and Bielinski M., (2009) Eliminowanie wad zaamykania opakowań tworzywowych. Inżynieria i Aparatura Chemiczna. Pp. 35-36.

[5] Diagram Ishikawy (2018, listopad 19) https://pl.wikipedia.org/wiki/Diagram_Ishikawy.

[6] Jaworski J., (1969) Tworzywa sztuczne w produkcji pojazdów samochodowych. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.

[7] Johannaber F., (2000). Wtryskiwanie poradnik użytkownika. Warszawa: Wydawnictwo Poradników i Książek Technicznych 8. Skotnicka-Zasadzień.

[8] Skotnicka-Zasadzień B., (2013). Doskonalenie procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie przemysłowym z zastosowaniem metod projektowania jakości, Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.

[9] Stadnicka D. (2019) Wybrane metody i narzędzia doskonalenia procesów w praktyce. Rzeszów: Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej.

[10] Praca zbiorowa pod redakcją Wilczyńskiego K., (2011). Wybrane zagadnienia przetwórstwa tworzyw sztucznych. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.

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

[12] Wolniak R., i Skotnicka, (2011). Metody i narzędzia zarządzania jakością. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Zarządzanie i Jakość”, 2/2020, s. 4-19.

mgr inż. Jolanta Ciukaj

Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania

Używane wtryskarki – kompleksowe podejście do relokacji, serwisu i przygotowania

W przemyśle przetwórstwa tworzyw sztucznych, inwestycje w park maszynowy muszą być starannie planowane. Zakup używanej wtryskarki to często racjonalny wybór, szczególnie gdy dostawca zapewnia kompleksowe wsparcie związane z relokacją, serwisem i przygotowaniem maszyn, co jest kluczowe dla utrzymania płynności procesów produkcyjnych.

Firma PIMM to uznany dostawca używanych maszyn wtryskowych i urządzeń peryferyjnych. Z wieloletnim doświadczeniem w relokacji, renowacji i sprzedaży wtryskarek, PIMM wyróżnia się kompleksowym podejściem do obsługi klientów z branży przetwórstwa tworzyw sztucznych.

RELOKACJE MASZYN – PRECYZJA I BEZPIECZEŃSTWO

Transport maszyn przemysłowych, szczególnie o tak dużych gabarytach jak wtryskarki, wymaga doskonałej organizacji i specjalistycznej wiedzy. W PIMM proces relokacji obejmuje:

- Dokładne przygotowanie do transportu – każdy element maszyny jest odpowiednio zabezpieczony przed uszkodzeniami mechanicznymi i wpływem warunków atmosferycznych. Specjalistyczne materiały ochronne oraz dedykowane narzędzia pozwalają na bezpieczne przemieszczanie maszyn nawet na duże odległości.
- Logistyka oparta na doświadczeniu – PIMM obsługuje klientów zarówno w Polsce, jak i na całym świecie, organizując transport lądowy, morski i lotniczy. Współpraca z najlepszymi firmami logistycznymi gwarantuje terminowe dostawy oraz sprawną realizację nawet najbardziej wymagających zleceń.

PROFESJONALNE PRZYGOTOWANIE MASZYN

Po dostarczeniu maszyny do magazynu PIMM rozpoczyna się proces jej kompleksowego przygotowania do sprzedaży. Firma dysponuje jednym z największych w Polsce parkiem maszynowym, co pozwala na szeroki wybór urządzeń dostosowanych do potrzeb klientów. Każda maszyna przechodzi kilka kluczowych etapów:

1. Czyszczenie i wstępna inspekcja – usuwane są zanieczyszczenia i pozostałości tworzyw, a mechanicy dokonują pierwszej oceny stanu technicznego.
2. Przegląd i naprawa – specjaliści firmy przeprowadzają szczegółowe testy funkcjonalne, modernizując lub wymieniając zużyte podzespoły i naprawiając ewentualne usterki.
3. Odświeżenie wizualne – maszyny są czyszczone i malowane, co nadaje im estetyczny wygląd oraz dodatkową ochronę przed korozją.
4. Testy końcowe – każda wtryskarka jest uruchamiana i testowana w warunkach symulujących rzeczywiste obciążenia produkcyjne, co pozwala na weryfikację jej pełnej sprawności.

GLOBALNY ZASIĘG I ZAUFANIE KLIENTÓW

PIMM obsługuje klientów w ponad 50 krajach, dostarczając



wtryskarki i urządzenia peryferyjne renomowanych marek, takich jak Engel, Arburg czy KraussMaffei. Międzynarodowe doświadczenie firmy obejmuje realizację projektów dla przedsiębiorstw z różnorodnych sektorów przemysłu przetwórczego, od opakowań po motoryzację. Każdy projekt jest realizowany z dbałością o indywidualne potrzeby klienta, co przekłada się na wysoką satysfakcję i długotrwałą współpracę.

KOMPLEKSOWE WSPARCIE POSPRZEDAŻOWE

PIMM oferuje nie tylko sprzedaż maszyn, ale również pełne wsparcie techniczne i serwisowe. Klienci mogą liczyć na:

- Szybki dostęp do części zamiennych – firma dysponuje rozbudowanym magazynem elementów do maszyn różnych producentów.
- Doradztwo techniczne – doświadczeni specjaliści pomagają w doborze odpowiednich urządzeń oraz ich konfiguracji.
- Usługi serwisowe i modernizacyjne – PIMM zapewnia wsparcie na każdym etapie użytkowania maszyny, w tym konserwację, naprawy oraz dostosowywanie urządzeń do nowych wymagań technologicznych.

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ I INNOWACYJNOŚĆ

Firma PIMM kładzie szczególny nacisk na ekologiczne aspekty swojej działalności. Odnowa i sprzedaż używanych wtryskarek wspiera ideę gospodarki cyrkularnej, zmniejszając zapotrzebowanie na surowce oraz energię potrzebną do produkcji nowych maszyn. Działania te przyczyniają się do redukcji śladu węglowego w branży przetwórczej, co jest szczególnie istotne w obliczu globalnych wyzwań klimatycznych.

PODSUMOWANIE

PIMM to sprawdzony partner dla firm z branży przetwórstwa tworzyw sztucznych, oferujący kompleksowe rozwiązania w zakresie relokacji, serwisu i sprzedaży używanych maszyn. Dzięki wieloletniemu doświadczeniu, rozbudowanemu zapleczu technicznemu oraz globalnemu zasięgowi, firma zapewnia najwyższą jakość obsługi i niezawodność dostarczanych urządzeń.

PIMM.PL

**200 maszyn
DOSTĘPNYCH OD REKI**

PIMM
USED MACHINES



NAJWIĘKSZY WYBÓR WTRYSKAREK UŻYWANYCH W EUROPIE

- Doradzimy i dopasujemy maszynę do twoich potrzeb, preferencji i posiadanego budżetu.
- W naszej ofercie mamy ponad 200 wtryskarek używanych o sile zwarcia od 25 ton do 2000 ton i wiele urządzeń peryferyjnych.
- Maszyny są w pełni sprawne i gotowe do uruchomienia produkcji.
- Gwarantujemy szybki proces sprzedaży i transportu maszyny do dowolnej lokalizacji.
- Dysponujemy bogatym zapleczem części zamiennych nowych i używanych.
- Konkurencyjne ceny i różne formy finansowania: gotówka, przelew lub leasing.

POZNAJ NASZĄ
SZEROKĄ OFERTĘ



tel. +48 730 116 532 | e-mail: kontakt@pimm.pl
www.dopak.pl | www.pimm.pl

PIMM
USED MACHINES

Normy dotyczące maszyn do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych

Włodzimierz Łabanowski

W dniu 17.01.2020 roku została opublikowana w wersji angielskiej norma PN-EN 1114-3:2020-01 Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych - Wyłaczarki i linie wyłaczarskie - Część 3: Wymagania bezpieczeństwa dotyczące odciągów. Liczy ona 34 strony, wprowadza EN 1114-3:2019 i zastępuje PN-EN 1114-3+A1:2008 (wersja angielska), PN-EN 1114-3+A1:2008 (wersja polska) i PN-EN 1114-3+A1:2008/Ap1:2013-07 (wersja angielska). Niniejszy dokument dotyczy wszystkich znaczących zagrożeń, sytuacji zagrożenia i zdarzeń dotyczących odciągów do kabla, rdzenia kabla, profili i rur do przetwarzania tworzyw sztucznych i gumy, gdy są one używane zgodnie z przeznaczeniem i w warunkach niewłaściwego użytkowania, racjonalnie przewidzianych przez producenta.

Wymienione w normie zagrożenia zostały zidentyfikowane z uwzględnieniem wszystkich faz cyklu życia maszyny. W dokumencie omówiono odciągi gaśnicowe, taśmowe, kołowe, taśmowo-kołowe i rolkowe. Każdy odciąg może działać niezależnie i zaczyna się od otworu wlotowego materiału, a kończy na stanowisku wylotu materiału. Nie zostały omówione urządzenia do cięcia, przystosowane lub połączone z odciągami oraz urządzenia odciągowe, stosowane w liniach do folii lub płyt.

Normę PN-EN 1612:2020-03 Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych - Maszyny do formowania reaktywnego i instalacje - Wymagania bezpieczeństwa w angielskiej wersji językowej opublikowano 11.03.2020 roku. Liczy ona 34 strony, wprowadza EN 1612:2019 i zastępuje PN-EN 1612-1+A1:2008 (wersja angielska). W niniejszym dokumencie określono zasadnicze wymagania bezpieczeństwa dotyczące projektowania i konstrukcji maszyn i instalacji do formowania reaktywnego.

Norma dotyczy wszystkich znaczących zagrożeń, niebezpiecznych sytuacji lub niebezpiecznych zdarzeń na wszystkich etapach cyklu życia maszyny, gdy maszyny i instalacje do formowania reaktywnego są używane zgodnie z przeznaczeniem i w warunkach niewłaściwego użytkowania, które są racjonalnie uzasadnione, przewidziane przez producenta. Maszyna do formowania reaktywnego rozpoczyna się przy zbiorniku roboczym (zbiornikach roboczych) i kończy na głowicy (głowicach) mieszającej, natomiast instalacja do formowania reaktywnego rozpoczyna się przy zbiorniku roboczym (zbiornikach roboczych), a kończy na wyposażeniu do kształtowania i transportu produktu lub wyposażeniu do formowania. W niniejszym dokumencie nie zostały zawarte zagrożenia wybuchem i zagrożenia pożarowe. Dokument nie obejmuje też wymagań dotyczących projektowania układów wydechowych.

Dokument PN-EN 12301:2020-05 (wersja angielska) Maszy-



ny do przetwórstwa tworzyw sztucznych i mieszanek gumowych - Kalandry - Wymagania bezpieczeństwa został opublikowany 18.05.2020 r. Liczy on 57 stron, wprowadza EN 12301:2019 i zastępuje PN-EN 12301+A1:2008 (wersja angielska). W dokumencie określono wymagania bezpieczeństwa dotyczące projektowania i konstrukcji kalandrów przeznaczonych do przetwórstwa gumy lub tworzyw sztucznych. Niniejsza norma dotyczy samych kalandrów, włączając wszystkie elementy przymocowane do jego ramy. Załącznik C zawiera przykłady różnych rodzajów kalandrów, a Załącznik D przedstawia przykłady procesów kalandrowania. Dokument dotyczy wszystkich istotnych zagrożeń, sytuacji niebezpiecznych lub niebezpiecznych zdarzeń związanych z projektowaniem i konstruowaniem kalandrów, w przypadku gdy maszyny są używane zgodnie z przeznaczeniem oraz w warunkach niewłaściwego użycia, które zostały przewidziane przez producenta. Norma nie dotyczy:

- zagrożeń generowanych podczas przetwórstwa materiałów wybuchowych lub materiałów, które powodują ryzyko atmosfery wybuchowej;
- zagrożeń związanych z promieniowaniem laserowym lub jonizującym;
- zagrożeń generowanych, jeśli kalander jest zainstalowany w atmosferze wybuchowej.

Zaznaczyć należy, że wymienione dokumenty nie obowiązują w odniesieniu do urządzeń wyprodukowanych przed datą ich publikacji jako Norm Europejskich.

Włodzimierz Łabanowski

Nadinspektor pracy – OIP Olsztyn

enjoy
INNOVATION



TEMPRO plus
Temperature controllers





tworzywa.org

Portal branży tworzyw



www.tworzywa.org | redakcja@tworzywa.org

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

85-758 Bydgoszcz, ul. Przemysłowa 8C

**Wszystkim naszym Partnerom Biznesowym –
wspaniałych, niezapomnianych
Świąt Bożego Narodzenia
oraz szczęśliwego
Nowego Roku,
wypełnionego
sukcesami
i radością**

**życzy
Tomasz Szmigielski**

www.esatto.pl

Badania diagnostyczne przyczyn awarii wytłaczarki przemysłowej do tworzyw sztucznych $\varnothing 90$

Bogusław Ładecki

Wytlaczanie tworzyw sztucznych to proces otrzymywania wyrobów lub półwyrobów (w postaci profili, płyt lub folii) z tworzyw polimerowych, polegający na uplastycznieniu materiału w układzie uplastyczniającym wytłaczarki, a następnie jego ukształtowaniu poprzez wyciskanie przez odpowiednio ukształtowany ustnik, znajdujący się w głowicy. Jako materiał wyjściowy stosuje się tworzywa w postaci granulatu, proszku, płatków lub wiórów.

Do przemysłowego procesu wytłaczania tworzyw wrażliwych termicznie stosuje się zwykle wytłaczarki dwuślimakowe przeciwbieżne lub współbieżne pracujące w sposób ciągły.

Otrzymanie wyrobu o wymaganej jakości z dużą wydajnością, szczególnie w układach z rowkowaną strefą zasilania, umożliwiają tylko ślimaki zaopatrzone w odpowiednie elementy homogenizujące tworzywo, tj. ścinające i mieszające na ich końcu. Celem elementów ścinających jest przede wszystkim przyspieszenie równomiernego uplastycznienia tworzywa poprzez zamianę energii mechanicznej napędu ślimaka w energię cieplną, uzyskaną w warunkach dużych szybkości ścinania uplastycznianego materiału w niewysokiej temperaturze. Zadaniem elementów rozpraszających jest homogenizacja uplastycznionego tworzywa opuszczającego element ścinający. Ujednoludzenie uzyskuje się dzięki zastosowaniu układu mieszającego umieszczonego w strefie relaksacji, tj. strefie o zwiększonej wysokości kanałów. Stosowanie takich elementów powoduje jednak wzrost mocy pobieranej przez napęd, a więc równocześnie wzrost temperatury uplastycznionego tworzywa. Element taki działa jak dławik, obniżając wydajność wytłaczania, lecz umożliwia prowadzenie procesu przy wyższych prędkościach obrotowych ślimaka i zapewnia otrzymanie odpowiednio ujednoludzonego materiału, a więc i optymalnej jakości wyrobu [1-6].

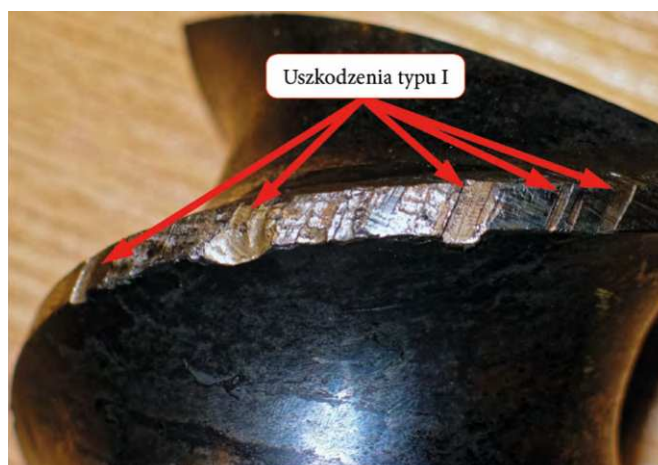
Dla rozważanej wytłaczarki przemysłowej dwuślimakowej o średnicy ślimaków $\varnothing 90$ mm, jako materiał wsadowy w procesie wytłaczania stosowano PMMA (polimetakrylan metylu) charakteryzujący się dużym zakresem temperatury mięknięcia. Cylinder oraz ślimaki wykonano ze stali nierdzewnej chromowo-molibdenowej gatunku 1.4122 (3H17M) poddanej hartowaniu do 50 ± 2 HRC. Po około pół roku od momentu uruchomienia wytłaczarki, stwierdzono wystąpienie awarii uniemożliwiającej jej dalszą eksploatację.

BADANIA NIENISZCZĄCE

Wykonane badania nieniszczące metodą wizualną wykazały występowanie szeregu uszkodzeń elementów roboczych wytłaczarki:



Rys. 1. Pęknięcie zmęczeniowe na wskroś śruby z łbem stożkowym M10x25 [6]



Rys. 2. Uszkodzenia typu I stwierdzone dla segmentu nr 2 ślimaka [6]

- pęknięcie zmęczeniowe na wskroś śruby z łbem stożkowym M10x25, zabezpieczającej jeden ze ślimaków układu plastryfikującego - rys. 1,
- dla dostarczonych do analizy 6 szt. segmentów transportowych ślimaków stwierdzono wielokrotne występowanie dwóch typów uszkodzeń eksploatacyjnych: - uszkodzenia typu I o charakterze wytarcia w kierunku osi na powierzchni roboczej ślimaka – rys. 2 – uszkodzenia typu II o charakterze wytarcia obwodowych na poboczniczy zwojów segmentów ślimaka – rys. 3.

Badania termowizyjne wykonane dla sprzęgła wytłaczarki wykazały oddziaływanie wysokiej temperatury, która lokalnie osiągnęła wartość 257°C – rys. 4.



Rys. 3. Uszkodzenia typu II stwierdzone dla segmentów uszczelniających ślimaka [6]

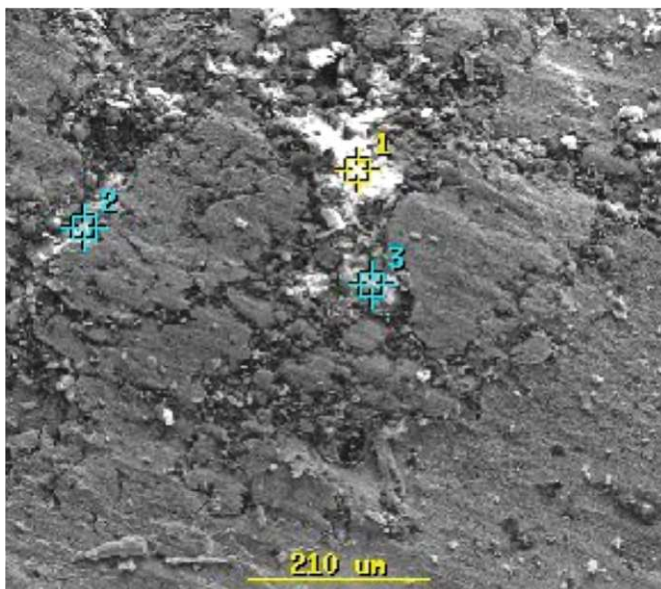


Rys. 4. Wyniki badań termowizyjnych silnie przegrzanego sprzęgła wylączarki - dokumentacja serwisu [6]

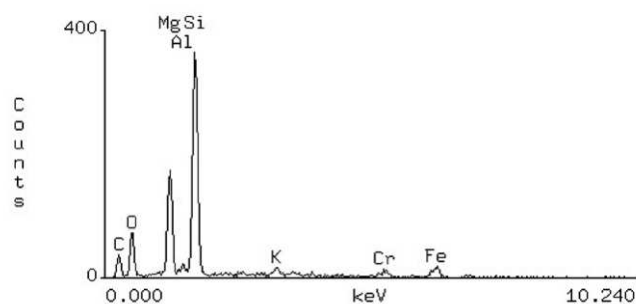
BADANIA METALOGRAFICZNE

Dla przedstawionych do analizy segmentów ślimaków z uszkodzeniami wykonano badania fraktograficzne za pomocą mikroskopu skaningowego (SEM). Wykonane mikroanalizy rentgenowskie pozwoliły na wykonanie punktowej analizy składu chemicznego ogółem dla 12 obszarów. Wykonane badania SEM wskazują na obecność pierwiastków wchodzących w skład przerabianych tworzyw sztucznych takich jak: węgiel, tlen, siarka, chlor, potas i wapń. Ujawnione żelazo i chrom są głównymi składnikami stali, z której wykonano ślimaki. Ujawniona obecność aluminium, magnezu i krzemu niekoniecznie musi pochodzić ze składu chemicznego przerabianych tworzyw i może być związana z występowaniem zanieczyszczeń materiału wsadowego wylączarki. Przykładowe wyniki analizy SEM dla przełomu z rys. 5 w obszarze rysy na powierzchni roboczej ślimaka, zilustrowano na rys. 6 [6].

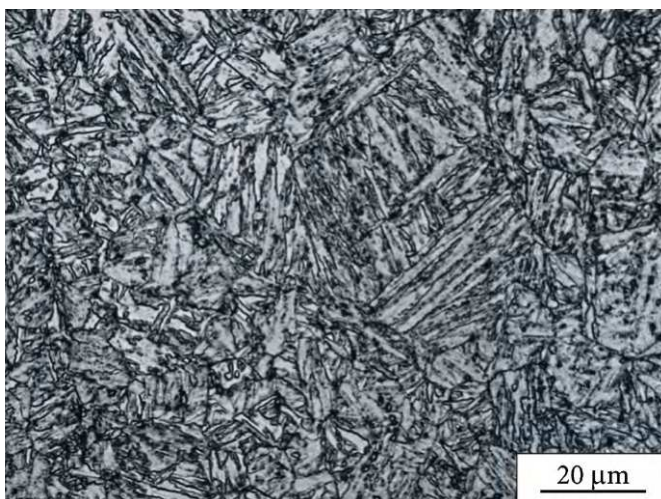
Badania mikroskopowe pękniętej zmęczeniowo [7] śruby ustalającej jeden ze ślimaków wylączarki wykonanej ze stali ferrytyczno-perlitycznej pokazanej na rys.1 wykazały, że w obrębie tła śruby zahartowana została na bainit – rys. 7. Wcześniej gwintowanej śruby stwierdzono natomiast wyraźnie odkształcone wzdłużnie ziarna ferrytu, co wskazuje, że śruba w tym obszarze nie została obrobiona cieplnie – rys. 8.



Rys. 5. Obszar uszkodzenia typu I na powierzchni roboczej ślimaka - wyniki analizy SEM [6]



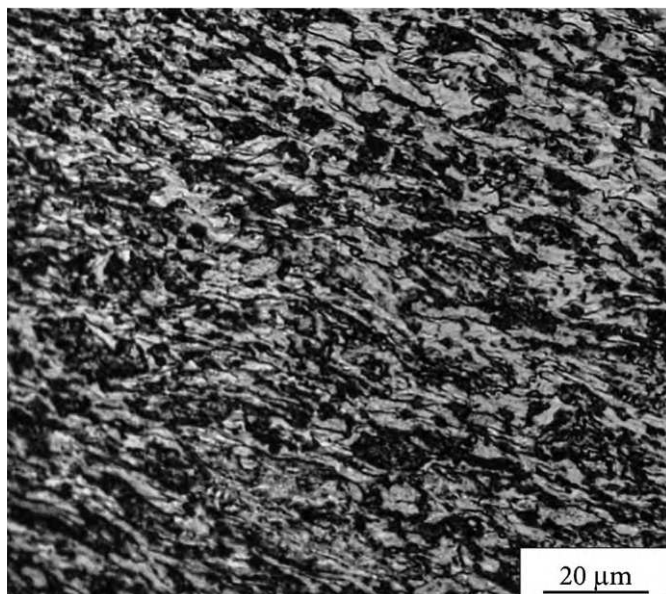
Rys. 6. Mikroanaliza z obszaru 2 na rys. 5 wykazała obecność pierwiastków: Mg, Al., Si, C, O, K Cr i Fe [6]



Rys. 7. Mikrostruktura bainitu w obrębie tła śruby (traw. nital.) [6]

POMIARY TWARDOŚCI

Pomiary twardości przeprowadzone na powierzchniach czołowych trzech rozważanych segmentów ślimaka, wykazały występowanie przeciętnych twardości: 26HRC, 27HRC i 29HRC, które były znacznie niższe od twardości wymaganej w dokumentacji technicznej obiektu (50 ± 2 HRC). Niskie wartości twardości potwierdziły wykonane badania metalograficzne uszkodzonych frag-



Rys. 8. Odształcona mikrostruktura ferrytyczno-perlityczna w obrębie zwoju gwintu z widocznymi wydłużonymi ziarnami ferrytu (traw. nital.) [6]

mentów ślimaków, podczas których zaobserwowano wydzielania węglików o stosunkowo dużych rozmiarach [6, 8].

PODSUMOWANIE

Znaczny stopień złożoności procesu technologicznego wytłaczania, stanowi istotne utrudnienie w ocenie przyczyn pojawiania się uszkodzeń eksploatacyjnych wytłaczarek. Prawidłowa ocena przyczyn uszkodzeń wymaga zastosowania złożonego zestawu badań diagnostycznych, wraz z kompleksową ich analizą. Badania nieniszczące wykonane dla rozważanej wytłaczarki do przemysłowego wytłaczania tworzyw sztucznych wykazały występowanie dwóch typów uszkodzeń ślimaków: typ I to rysy równoległe do osi ślimaków powstałe w czasie eksploatacji podczas ocierania miękkiego materiału o cylinder, typ II to wytarcia na pobocznicach zwojów ślimaków, powstałe w wyniku wzajemnego tarcia o siebie obu ślimaków po zerwaniu śruby mocującej jeden ze ślimaków.

Wyniki wykonanej mikroanalizy rentgenowskiej SEM wskazały na obecność pierwiastków wchodzących w skład przerabianych tworzyw sztucznych, przy czym ujawniono również obecność aluminium, magnezu i krzemu, które niekoniecznie muszą pochodzić ze składu chemicznego przerabianych tworzyw, co może być spowodowane występowaniem zanieczyszczeń materiału wsadowego wytłaczarki.

Pęknięta zmęczeniowo śruba mocująca jeden ze ślimaków, wykonana została ze stali ferrytyczno-perlitycznej. Łeb śruby zahartowany został na bainit, natomiast w części gwintowanej śruby widoczne są wyraźnie odształcone wydłużone ziarna ferrytu, co wskazuje, że śruba w obszarze gwintu nie została obrobiona cieplnie.

Wykonane pomiary twardości segmentów ślimaka wykazały, że twardość ta zawiera się przeciętnie w granicach 26 – 29HRC, czyli uległa istotnemu obniżeniu w porównaniu do wartości projektowej (50 ± 2 HRC). Wykonane badania metalograficzne próbek wyciętych w najbardziej uszkodzonym obszarze roboczym trzech segmentów ślimaka wykazały, że dla stali chromowo-molibdenowej 3H17M zastosowano obróbkę cieplną polegającą na hartowaniu i wysokim odpuszczaniu, przy czym w mikrostrukturze obserwuje się wydzielania węglików o stosunkowo dużych

rozmiarach, co potwierdza uzyskanie relatywnie niskich wartości twardości.

Na podstawie powyższego można stwierdzić, że prawdopodobną przyczyną wystąpienia uszkodzeń wytłaczarki, mogło być przedostawanie się z materiałem wsadowym zanieczyszczeń zawierających w swoim składzie aluminium, magnez i krzem. Zanieczyszczenia te mogły stać się przyczyną wystąpienia zwiększonych oporów ruchu obrotowego ślimaków, a co za tym idzie znacznego stwierdzonego podwyższenia temperatury pracy wytłaczarki i jednocześnie temperatury materiału wsadowego, który opory te mógł jeszcze podwyższyć. Podwyższona temperatura spowodować mogła przemiany struktury materiału, których wynikiem było znaczące obniżenie twardości materiału ślimaków. Znacznie zwiększone opory ruchu obrotowego ślimaków spowodowały wystąpienie podwyższonych obciążeń w kierunku osi ślimaków, skutkujące zmęczeniowym pęknięciem śruby. Tarcie „miękkiej” powierzchni roboczej (tworzącej) ślimaków o cylinder spowodowało powstanie uszkodzeń typu I. Po zerwaniu śruby nastąpiło osiowe przemieszczenie jednego ze ślimaków, skutkujące powstaniem otarć typu II na ich pobocznicach. Wykonane badania i analizy nie dały podstaw do jednoznacznego stwierdzenia, odnośnie wpływu błędów technologicznych wykonania śruby, na zidentyfikowany proces wystąpienia uszkodzenia wytłaczarki.

PODZIĘKOWANIE

Artykuł powstał w ramach realizacji pracy statutowej Katedry Wytrzymałości Zmęczenia Materiałów i Konstrukcji WIMiR AGH pt. „Wytrzymałość materiałów i konstrukcji” - praca nr 11.11.130.375.6.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod red. K. Wilczyńskiego: Przetwórstwo tworzyw sztucznych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- [2] J. Stasiek: Wytłaczanie tworzyw polimerowych. Zagadnienia wybrane. Wyd. Uczelniane Uniwersytetu Technologicznego -Przyrodniczego, Bydgoszcz 2007.
- [3] Praca zbiorowa pod red. H. Zawistowskiego: Wytłaczanie tworzyw sztucznych. PLASTECH, Wyd. Poradników i Książek Technicznych, Warszawa 1999.
- [4] R. Sikora: Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych. Wyd. Edukacyjne Zofii Dobkowskiej, Warszawa 1993.
- [5] K. Dobrosz, A. Matysiak: Tworzywa sztuczne. Materiałoznawstwo i przetwórstwo. WSiP, Warszawa 1994.
- [6] B. Ładecki, T. Skowronek: Analiza przyczyn wystąpienia uszkodzeń wytłaczarki do tworzyw sztucznych i90. AGH, KW,ZMiK, praca N-B nr 30.30.130.963, Kraków 2014.
- [7] Norman E. Dowling: Mechanical Behavior of Materials. Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue. Printice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, 1999.
- [8] T. Burakowski, T. Wierzchoń: Inżynieria powierzchni metali. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Badania Nieniszczące i Diagnostyka”, nr 1-4/2020, s. 38-41.

Dr inż. Bogusław Ładecki

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie



Bagsik®
www.bagsik.net

Tel.: +48 32 334 00 00 | office@bagsik.net

Bagsik Sp. z o.o. | ul. Toruńska 8 | 44-100 Gliwice

Bagsik Sp. z o.o. Sp. k. | ul. G. H. Donnersmarcka 16 | 41-807 Zabrze

Wszystkim Klientom, Współpracownikom
i Przyjaciołom
Firmy Bagsik życzymy pełnych radości i spokoju
Świąt Bożego Narodzenia.

Niech Nowy Rok przyniesie Państwu
realizację planów
osobistych i zawodowych.
Dziękujemy za zaufanie i współpracę.



REKLAMA

Gdy potrzeba chłodu jest pilna...

Agregaty wody lodowej na wynajem!

Cool®
Istniejemy od 1981 roku

Zgłoś się do nas!

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



Dlaczego my?

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

cool.pl



Photo by Freepik

Maszyny do formowania rotacyjnego tworzyw i analiza działania

Maszyny do formowania rotacyjnego (rotomolding) to urządzenia wykorzystywane w procesie produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych, takich jak zbiorniki, pojemniki, zabawki, elementy mebli czy kajaki. Proces ten charakteryzuje się zdolnością do tworzenia pustych, bezszwowych kształtów o różnorodnych rozmiarach i formach.

ANALIZA DZIAŁANIA MASZYN

Zalety:

- Możliwość produkcji dużych, pustych i skomplikowanych kształtów.
- Jednolita grubość ścianki i brak szwów.
- Ekonomiczna produkcja małych serii – brak konieczności stosowania wysokiego ciśnienia.
- Mniejsze zużycie materiału (proszek niespożytkowany może być użyty ponownie).

Wady:

- Relatywnie długi czas cyklu produkcyjnego.
- Mniejsza precyzja wymiarowa w porównaniu z innymi metodami (np. wtryskiem).
- Ograniczone tworzywa (najczęściej stosowany jest polietylen).

Zastosowania:

- Zbiorniki na wodę, paliwa, chemikalia.
- Place zabaw: zjeżdżalnie, huśtawki.
- Kajaki, łódki turystyczne, boje morskie.

CZY FORMOWANIE TWORZYW TO JEDNA Z WAŻNIEJSZYCH TECHNOLOGII?

Formowanie tworzyw sztucznych jest jedną z kluczowych technologii w przemyśle, ze względu na wszechstronność materiałów

polimerowych i ich szerokie zastosowanie w różnych sektorach gospodarki. Dzięki tej technologii możliwe jest wytwarzanie zarówno prostych, jak i bardzo złożonych elementów, które są lekkie, trwałe, odporne na korozję i mogą być dostosowane do różnych wymagań technicznych.

Procesy formowania tworzyw, takie jak wtryskiwanie, termoformowanie, wytłaczanie, czy właśnie formowanie rotacyjne, pozwalają na uzyskanie produktów o różnorodnych kształtach, rozmiarach i właściwościach. Technologia ta umożliwia produkcję wyrobów masowych w sposób szybki i efektywny kosztowo, co czyni ją nieodzowną w branżach takich jak: motoryzacja, budownictwo, medycyna, elektronika czy opakowania. Dodatkowo tworzywa sztuczne mogą być łatwo modyfikowane poprzez dodawanie barwników, stabilizatorów czy innych dodatków, co zwiększa ich funkcjonalność.

Znaczenie technologii formowania tworzyw wynika również z możliwości recyklingu i ponownego wykorzystania materiałów, co wpisuje się w coraz bardziej istotne globalne dążenia do zrównoważonego rozwoju. Pomimo wyzwań związanych z ochroną środowiska i koniecznością ograniczania odpadów, formowanie tworzyw pozostaje jedną z najważniejszych technologii, kształtując współczesną produkcję przemysłową i codzienne życie.

JAK PRZEBIEGA PRZYGOTOWANIE MATERIAŁÓW DO FORMOWANIA?

Przygotowanie materiałów do formowania tworzyw sztucznych jest kluczowym etapem, który wpływa na jakość końcowego produktu. Proces ten zaczyna się od wyboru odpowiedniego rodzaju tworzywa, który zależy od wymagań technicznych wyrobu, takich jak wytrzymałość, elastyczność czy odporność na czynniki che-



ROTO4MAT

rotomoulding

Firma Roto4mat
specjalizuje się w produkcji wyrobów
metodą rotomouldingu
oraz wytwarzaniu form stalowych i aluminiowych.
Oferujemy wsparcie
na każdym etapie realizacji projektu
od jego pomysłu aż po uruchomienie produkcji

Roto4mat, ul. Wojska Polskiego 3,39-300, Mielec





miczne i termiczne. Tworzywa sztuczne są zazwyczaj dostarczane w postaci granulatu, proszku lub płatków, które przed użyciem muszą zostać dokładnie oczyszczone i osuszone, aby zapobiec wtrąceniom i wadom spowodowanym obecnością wilgoci.

Osuszanie odbywa się w specjalnych suszarkach, które usuwają wilgoć za pomocą gorącego powietrza lub technologii próżniowej. W niektórych przypadkach materiał jest mieszany z dodatkami, takimi jak stabilizatory UV, barwniki, środki przeciwutleniające lub wypełniacze, które poprawiają jego właściwości użytkowe lub estetyczne. Mieszanie odbywa się w mieszalnikach lub ekstruderach, które zapewniają równomierne rozrowadzenie dodatków.

Jeśli proces formowania wymaga wstępnego uplastycznienia tworzywa, na przykład w wtryskiwaniu lub wytłaczaniu, materiał jest podgrzewany do odpowiedniej temperatury, która pozwala mu osiągnąć stan plastyczny. W przypadku formowania rotacyjnego lub termoformowania nieuplastyczniony materiał jest bezpośrednio wsypywany do formy. Tak przygotowany materiał jest gotowy do kolejnych etapów formowania, które zależą od wybranej technologii produkcji.

JAKIE PRODUKTY MOŻNA UZYSKAĆ ZA POMOCĄ FORMOWANIA ROTACYJNEGO?

Formowanie rotacyjne pozwala na wytwarzanie szerokiej gamy produktów o dużych rozmiarach i złożonych kształtach, charakteryzujących się jednolitą grubością ścianek i brakiem szwów. Technologia ta znajduje zastosowanie w różnych branżach, umożliwiając produkcję zarówno elementów użytkowych, jak i dekoracyjnych.

W przemyśle chemicznym i rolniczym formowanie rotacyjne jest wykorzystywane do produkcji zbiorników na wodę, chemikalia, nawozy oraz paliwa. Tworzone są także beczki, silosy i cysterny. W sektorze transportowym technologia ta służy do wytwarzania lekkich, ale trwałych komponentów, takich jak skrzynie narzędziowe, osłony czy elementy wyposażenia wnętrza pojazdów.

W branży rekreacyjnej i sportowej za pomocą formowania rotacyjnego wytwarzane są kajaki, łodzie, łódki turystyczne, sprzęt campingowy, a także zabawki, takie jak piłki, domki dla dzieci i zjeżdżalnie. Produkty te wyróżniają się trwałością i odpornością na działanie warunków atmosferycznych.

W budownictwie technologia ta pozwala na produkcję rur, zbiorników retencyjnych, elementów architektury ogrodowej oraz dekoracyjnych, takich jak donice czy meble ogrodowe. W dziedzinie infrastruktury miejskiej stosuje się ją do wytwarzania pojemników na odpady, koszy na śmieci, barierek oraz osłon ochronnych.

Formowanie rotacyjne umożliwia również produkcję specjalistycznych elementów, takich jak boje morskie, zbiorniki ciśnieniowe, urządzenia laboratoryjne i osłony techniczne. Dzięki swojej wszechstronności technologia ta znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach, pozwalając na tworzenie trwałych, funkcjonalnych i estetycznych produktów.

CZY ODLEWANIE ROTACYJNE JEST KOSZTOWNE?

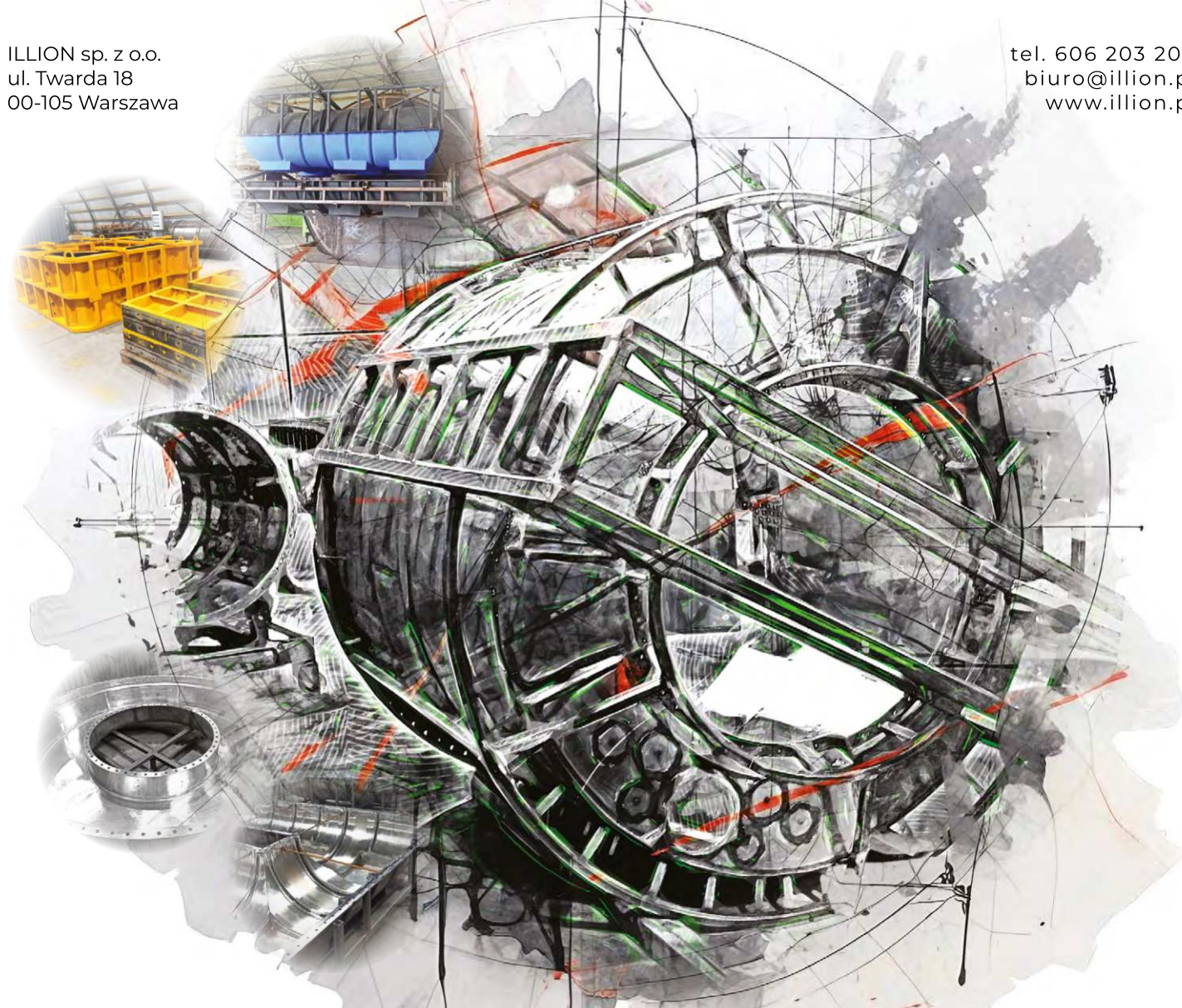
Odlewanie rotacyjne, zwane również rotomouldingiem, jest procesem stosunkowo ekonomicznym w przypadku produkcji średnich i dużych serii wyrobów z tworzyw sztucznych, szczególnie o dużych gabarytach i skomplikowanych kształtach. Koszty produkcji są niższe niż w przypadku metod takich jak wtrysk czy termoformowanie, głównie dzięki prostszym formom, które są tańsze w wykonaniu i mniej podatne na zużycie. Jednak samo urządzenie do odlewania rotacyjnego może być kosztowne, a czas cyklu produkcyjnego jest stosunkowo długi, co ogranicza wydajność przy bardzo dużych zamówieniach. Ostateczne koszty zależą od skali produkcji, wymagań dotyczących projektu oraz wykorzystanego materiału.

Źródło: Redakcja we współpracy z AI

ROTO PRODUCTION HOUSE

ILLION sp. z o.o.
ul. Twarda 18
00-105 Warszawa

tel. 606 203 200
biuro@illion.pl
www.illion.pl



ILLION

www.ILLION.pl

roto | stop

W ramach usługi rotoIstop™ prowadzimy klienta od pomysłu do produktu końcowego, wytwarzanego techniką formowania rotacyjnego, kładąc ogromny nacisk na jakość procesu i doskonałość formy do rotomouldingu.

Oferujemy:

- Kompleksowe usługi projektowania i prace nad rozwojem produktu, od wstępnej koncepcji do prototypu: doradztwo, projekty 3D, opracowanie dokumentacji technicznej, wizualizacje. Przeprowadzamy też adaptacje istniejących projektów do realizacji w technice rotomouldingu.
- Tworzenie wysokiej jakości form do wykonania odlewów metodą rotacyjną.
- Wykonanie form stalowych i aluminiowych.
- Usługi formowania rotacyjnego. Nasze szerokie możliwości formowania spełnią wszystkie wymagania produkcyjne, nawet te najbardziej wymagające.
- Parking Roto. Nasze kompleksowe rozwiązania magazynowe zapewniają bezpieczeństwo form, ale też wszystkich produktów zaparkowanych w naszej firmie, gotowych do dystrybucji w dowolnym momencie.

rotomoulding



Dobra wtryskarka, czyli jaka?

Przemysław Narowski

Gdy po raz pierwszy zobaczyłem takie jak to kilkudziesięcioletnie cudo polskiej przedtransformacyjnej myśli technicznej w Zakładzie Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych Politechniki Warszawskiej, zapytałem pana Szymona Zięby, czy to jeszcze działa.

Pan Szymon wyciągnął z szuflady kilkadziesiąt kartek maszynopisu z naniesionymi odręcznymi notatkami i podając mi je powiedział tylko: „Działa... i to lepiej niż niejedna nowa maszyna”.

Ten dokument był zestawieniem wyników pomiarów określających zdolność maszyny do powtarzalnej realizacji procesu, prowadzonych od momentu zakupu wtryskarki przez politechnikę.

POLIMEROWY PENTAGRAM

Religioznawcom i fanom gier z serii „Diablo” ten termin może źle się kojarzyć, ale chodzi po prostu o pięć głównych czynników,



które definiują jakość wypraski. Wtryskarka jest oczywiście jednym z nich.

Składowe jakości wypraski

Kolejną cyferką jest oprócz piątki cyfra 4. Dlatego, że mamy cztery podstawowe parametry stanu tworzywa w formie. A jak sprawdzić, czy maszyna jest w stanie wystarczająco dokładnie kontrolować te parametry?

PARAMETR 1. PRĘDKOŚĆ PRZEPŁYWU TWORZYWA

Precyzyjna kontrola przepływu tworzywa jest kluczowa, ponieważ polimery zmieniają lepkość wraz ze zmianą prędkości płynięcia (są rozrzedzane ścinaniem). Jeśli wtryskarka nie jest w stanie powtarzalnie realizować zadanej prędkości wtrysku (czas napełniania gniazda), to lepkość tworzywa różni się między poszczególnymi cyklami. Wypraski nie będą identyczne, ponieważ zmiany lepkości powodują różne gradienty ciśnienia wewnątrz gniazda formy. Ponadto zmienia się też stopień orientacji makrocząsteczek.

Mamy 4 sposoby na sprawdzenie, jak wtryskarka radzi sobie z kontrolą prędkości przepływu tworzywa w formie.

Test wrażliwości na zmiany obciążenia jednostki wtryskowej

Test wrażliwości na obciążenie sprawdza zdolność maszyny do wtryskiwania tworzywa z powtarzalną prędkością, pomimo różnic między partiami surowca, zmian temperatury i innych parametrów, które wpływają na lepkość tworzywa. Ideą testu jest zmiana obciążenia jednostki wtryskowej i obserwowanie zmian czasu wtrysku.

Przebieg testu:

1. Po normalnej, dłuższej pracy wtryskarki zmieniamy wartość ciśnienia docisku na wartość nie większą niż 0,5 MPa (idealnie byłoby 0 MPa).

Perfekcja kryje się w detalach

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

Posiadamy niezbędne zaplecze, sprzęt oraz wiedzę

Zapraszamy do współpracy

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

wytłaczanie: PC, PC + TPE, PVC, PMMA



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



2. Zmieniamy położenie punktu przełączenia na docisk, tak aby otrzymać wypraski o 95-99% wypełnieniu gniazda.
3. Przynajmniej dla 3 kolejnych cykli notujemy wynikowy czas wtrysku i ciśnienie wtrysku.
4. Obliczamy średni czas wtrysku t_1 i średnie ciśnienie wtrysku p_1 .
5. To samo robimy dla 3 wtrysków „w powietrze”. Musimy pamiętać, że wtryskarka powinna pracować w trybie automatycznym. Jeśli nasza maszyna nie ma takiej opcji, to trzeba się postarać o jakąś „ramkę” do zamocowania w miejsce formy. Jedyne co można zmienić, to przeciwcisnienie, jeśli mamy problemy z dozowaniem.
6. Ponownie liczymy średnie arytmetyczne t_2 i p_2 , a następnie podstawiamy do wzoru:

$$E = [(t_1 - t_2) 6,8 \text{ MPa} / t_1 (p_1 - p_2)] \times 100\%$$
 Jeśli $E < 0,71$ [%/MPa], to nasza wtryskarka zdała ten test i przechodzi do następnej rundy, którą jest...

Test powtarzalności przełączania na docisk

W trakcie stabilnej i dłuższej pracy maszyny z prędkością wtryskiwania minimum 50% maksymalnej dla danej wtryskarki notujemy rzeczywistą pozycję ślimaka w momencie przejścia na docisk przez 24 godziny. Odchylenie standardowe pomiarów nie powinno wynosić więcej niż 1% maksymalnego skoku dozowania wtryskarki.

Test powtarzalności czasu wtrysku

Podczas pracy maszyny w cyklu automatycznym i produkcji jakościowo zgodnych wyprasek monitoruj rzeczywisty, wynikowy czas wtrysku przez 24 godziny. Odchylenie standardowe pomiarów nie powinno wynosić więcej niż 1% wartości średniej.

Test powtarzalności dozowania

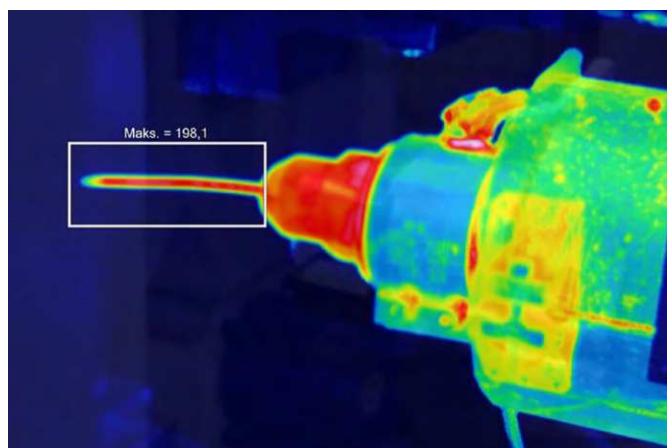
Jak powyżej, tylko tym razem monitorujemy drogę dozowania. Rozrzut wyników nie może przekroczyć 1% zadanej wartości drogi dozowania.

PARAMETR 2. TEMPERATURA TWORZYWA

Znajomość rzeczywistej temperatury wtrysku pozwala wyznaczyć początkową lepkość tworzywa, czas chłodzenia, stopień krystaliczności oraz prawdopodobieństwo degradacji materiału. Wartości nastaw grzałek nie zawsze odzwierciedlają rzeczywistą temperaturę tworzywa. Różnice wynoszące przynajmniej 10% są powszechne, ale nieakceptowalne.

Test temperatury wtrysku

Podczas pracy maszyny w cyklu automatycznym i produkcji jakościowo zgodnych wyprasek przerwij proces i zmierz przy pomocy kamery termowizyjnej temperaturę wpływającej z ustnika strugi.



Przykładowy pomiar temperatury wtrysku kamerą IR

Różnica wartości zmierzonej i ustawionej nie powinna być większa niż 10°C.

Test temperatury tworzywa w dyszy

Upewnij się, że dysza jest otwarta i stopione tworzywo swobodnie z niej wypływa. Z zachowaniem wszelkich środków ostrożności (rękawice, przyłbica) włóż termoparę do dyszy. Poczekaj, aż temperatura ustabilizuje się na czujniku, a następnie odczytaj wynik. Różnica między pomiarem a wartością zadaną nie powinna przekroczyć 3°C.

Test powtarzalności czasu dozowania

Monitoruj czas dozowania podczas pracy w cyklu automatycznym i produkcji akceptowalnych wyprasek przez 24 godziny. Maksymalna dopuszczalna wartość odchylenia standardowego rozkładu czasu uplastyczniania wynosi 5% wartości średniej.

Test zmienności przeciwcisnienia

Jak wyżej, z tą różnicą, że tolerancja odchylenia standardowego przeciwcisnienia to 2% wartości średniej.

PARAMETR 3. CIŚNIENIE TWORZYWA

Ciśnienie tworzywa, a dokładniej gradient ciśnienia wewnątrz gniazda, wpływa na wymiary, wagę, wciągi, jamy skurczowe, deformacje i inne właściwości wypraski. Chociaż ciśnienie hydrauliczne w układzie wtryskarki nigdy nie odpowiada ciśnieniu tworzywa w gnieździe formy, to musi być precyzyjnie kontrolowane i stabilne.

Test powtarzalności czasu przełączenia na docisk

Czas przełączenia z wtrysku na docisk stanowi miarę bezwładności sterownika wtryskarki i zaworu zwrotnego na ślimaku.

Dla 10 kolejnych cykli zmierz czas, jaki jest potrzebny na przejście z wtrysku na docisk. Ten czas rozpoczyna się w punkcie przełączenia i kończy się, gdy ciśnienie docisku osiągnie wartość zadaną i jest stabilne. Pożądana wartość średniej z tych pomiarów to poniżej 0,1 s, ale 0,4 s jest jeszcze do zaakceptowania.

Test powtarzalności ciśnienia docisku

Tutaj tradycyjnie przez 24 godziny monitoruj osiąganą przez maszynę wartość ciśnienia docisku. Najlepiej, żeby na potrzeby testu docisk nie był profilowany (stała wartość ciśnienia podczas całego czasu docisku). Odchylenie standardowe z pomiarów nie powinno przekraczać 1% wartości zadanej.

PARAMETR 4. SZYBKOŚĆ CHŁODZENIA TWORZYWA

Szybkość i czas chłodzenia tworzywa w formie determinują stopień zamrożenia utworzonej podczas przepływu orientacji makrocząstek w wyprasce, a zatem rozkład i wartość naprężeń reszkowych, oraz stabilność wymiarową naszego produktu.

Podstawowym testem wtryskarki sprawdzającym jakość kontroli szybkości chłodzenia tworzywa jest powtarzalność czasu cyklu. Odchylenie standardowe czasu cyklu zarejestrowanego w przeciągu 24 godzin nieprzerwanej produkcji nie powinno być większe niż 1% wartości średniej.

WNIOSKI

Mam nadzieję, że powyższe testy posłużą do obiektywnej oceny różnych wtryskarek (elektrycznych, hydraulicznych, starych, nowych) pod kątem zdolności do kontrolowania parametrów stanu tworzywa w formie, niezależnie od formy i peryferii.

dr inż. Przemysław Narowski

Źródło: <https://rozwiazaniadlawtryskiwania.pl/dobra-wtryskarka/>

Tworzywa,
które kształtują jutro



PLASTPOL

XXIX Międzynarodowe Targi
Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy

20-23 | 05 | 2025

Kielce



plastpol.com



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



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

SYSTEM ZDALNEGO ODCZYTU LICZNIKÓW

Bezprzewodowe liczniki cykli

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

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

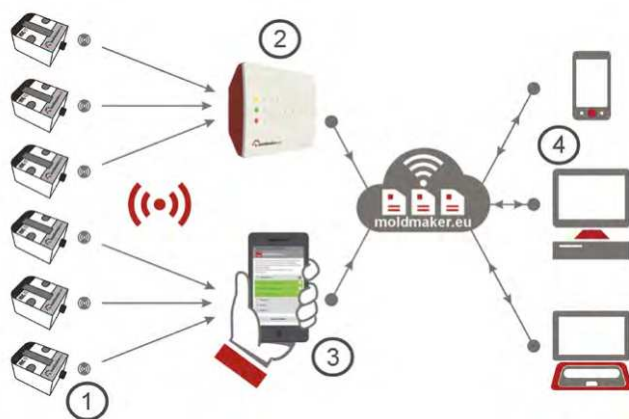
Wdrożenie systemu w zakładzie produkcyjnym to proces bardzo prosty. Wystarczy zamontować do form elektroniczne liczniki MoldMaker w miejsce liczników mechanicznych. Następnie za pomocą aplikacji mobilnej MoldMaker Scan ustawia się wartość startową na każdym liczniku w celu zachowania kontynuacji zliczania.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

ZASADA DZIAŁANIA SYSTEMU MOLDMAKER

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

PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ

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



Schemat przepływu danych w systemie MoldMaker

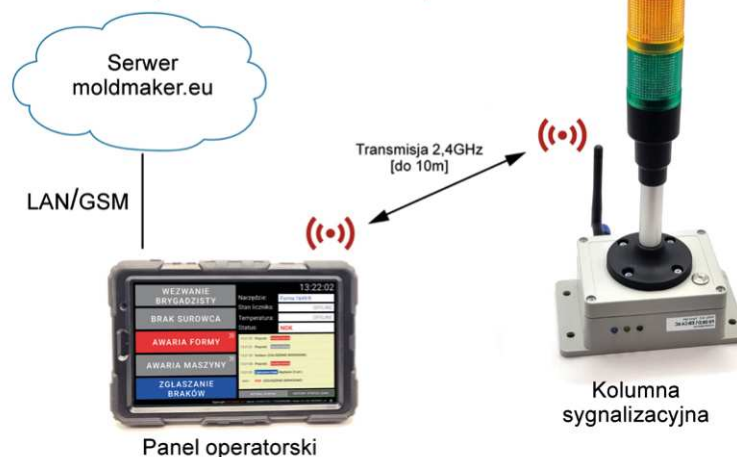
1. Licznik bezprzewodowy pracujący na hali produkcyjnej.
2. Urządzenie odbiorcze - koncentrator MMCD.
3. Aplikacja mobilna MoldMaker Scan.
4. Strona internetowa.



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

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

PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ



BEZPRZEWODOWE LICZNIKI CYKLI

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

Liczniki wysokotemperaturowe to: MMC-12 HT do 150°C przewidziane do form grzanych olejowo oraz MMC-12 UHT do 205°C



Licznik MMC-11STD



Licznik MMC-12HT



Obudowa ochronna

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

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

KONCENTRATOR MMCD

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

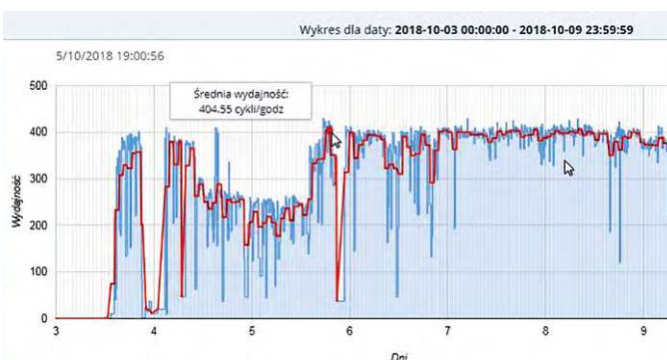
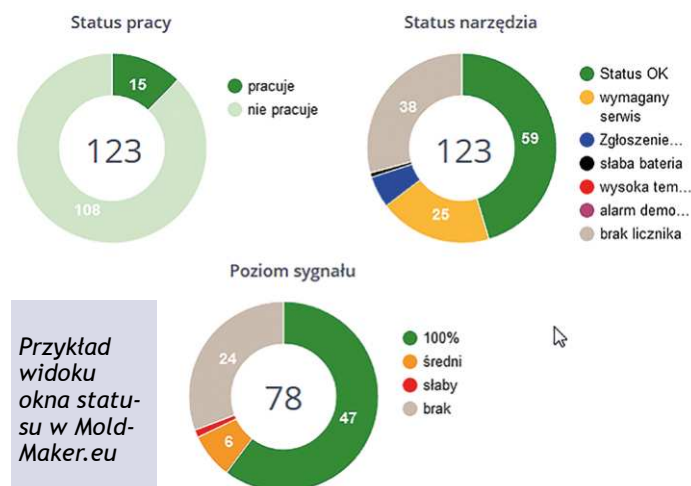
APLIKACJA SMARTFONOWA MOLDMAKER SCAN

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

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

Sercem systemu MoldMaker jest serwis internetowy dostępny przez standardową przeglądarkę. Z tego poziomu użytkownik może posługiwać się wszystkimi funkcjonalnościami systemu,

m.in. nadzorować pracę narzędzi w czasie rzeczywistym, analizować wydajność i inne statystyki, obserwować współczynnik OEE, nadzorować realizację przeglądów technicznych itp.



Przykład wykresu wydajności narzędzia w MoldMaker.eu



Przykład montażu licznika MoldMaker do formy

Producentem systemu MoldMaker, operatorem i administratorem danych jest:

MEGA MOLD Sp. z o.o.
 36-002 Jasionka 252E, POLAND
 tel. +48 607 259 412
 email: moldmaker@moldmaker.eu
<https://moldmaker.eu>



Oficjalnym dystrybutorem urządzeń MoldMaker jest:

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



Dozowanie granulatów w przemyśle tworzyw sztucznych

Dozowanie granulatów w przemyśle tworzyw sztucznych to kluczowy etap procesu produkcji, który polega na precyzyjnym odmierzaniu ilości różnych materiałów potrzebnych do wytworzenia tworzywa o pożądanych właściwościach. Proces ten jest wykonywany w systemach dozujących, które mogą być zautomatyzowane lub półautomatyczne, w zależności od skali produkcji i wymagań technologicznych.

Granulaty dostarczane są do systemu dozującego z silosów lub worków typu Big-Bag za pomocą przenośników pneumatycznych, ślimakowych lub taśmowych. Następnie trafiają do urządzeń dozujących, które dokładnie odmierzają ich ilość na podstawie receptury określonej przez proces technologiczny. Dozowanie może odbywać się na zasadzie objętościowej lub wagowej. W przypadku systemów objętościowych mierzy się objętość granulatów, co jest szybkie, ale mniej precyzyjne, natomiast w systemach wagowych materiał waży się, co zapewnia większą dokładność.

Proces dozowania często obejmuje mieszanie różnych rodzajów granulatów, takich jak polimery podstawowe, dodatki modyfikujące właściwości materiału (np. plastyfikatory, stabilizatory, pigmenty) oraz środki ułatwiające przetwórstwo. Mieszanka trafia do zbiorników buforowych, a następnie do wtryskarek, ekstruderów lub innych urządzeń przetwórczych, gdzie jest poddawana dalszej obróbce. Całość jest sterowana komputerowo, co pozwala na kontrolę proporcji i ciągłość procesu. W zaawansowanych systemach stosuje się czujniki i systemy monitorowania, które zapewniają optymalizację zużycia surowców i minimalizację odpadów.

PODSTAWOWE UWARUNKOWANIA W PROCESACH DOZOWANIA

Podstawowe uwarunkowania w procesach dozowania w przemyśle tworzyw sztucznych dotyczą zarówno technicznych, jak i organizacyjnych aspektów, które wpływają na dokładność, powtarzalność i efektywność tego procesu. Kluczowe czynniki obejmują charakterystykę materiałów, precyzję systemu dozującego, wymagania procesowe oraz warunki środowiskowe.

Charakterystyka materiałów ma duże znaczenie, ponieważ różne granulaty i dodatki mogą różnić się właściwościami, takimi jak gęstość nasypowa, kształt, wilgotność, czy tendencja do zbrylania się. Materiały higroskopijne wymagają wcześniejszego suszenia, aby zapobiec problemom w procesie przetwórstwa. Różne dodatki, takie jak pigmenty czy włókna wzmacniające, mogą wymagać specjalnych rozwiązań w dozowaniu, aby zapewnić ich równomierne rozprowadzenie w mieszance.

Precyzja systemu dozującego jest kolejnym istotnym uwarunkowaniem. W zależności od wymagań technologicznych stosuje się systemy wagowe lub objętościowe, które muszą być skalibrowane i dostosowane do konkretnych materiałów oraz specyfikacji receptury. Stabilność i dokładność systemu mają bezpośredni wpływ na jakość końcowego produktu oraz minimalizację strat surowców.

Wymagania procesowe, takie jak skład mieszanki, proporcje



składników czy wydajność, determinują wybór technologii dozowania. Zautomatyzowane systemy są często preferowane w dużej skali produkcji ze względu na ich zdolność do utrzymania powtarzalności procesu i integracji z innymi etapami produkcji, takimi jak mieszanie, suszenie i przetwórstwo.

Warunki środowiskowe, takie jak temperatura, wilgotność powietrza czy poziom zapylenia, również odgrywają istotną rolę. Wysoka wilgotność może wpływać na właściwości higroskopijnych granulatów, a zapylenie może stwarzać ryzyko zanieczyszczenia lub utrudniać dokładność ważenia.

Ostatecznie, skuteczne dozowanie wymaga ciągłego monitorowania i optymalizacji procesu. Nowoczesne systemy dozujące są często wyposażone w czujniki i rozwiązania IoT, które umożliwiają zbieranie danych w czasie rzeczywistym i szybką reakcję na wszelkie odchylenia od normy. Dzięki temu proces może być lepiej kontrolowany, co przekłada się na wyższą jakość produktów i mniejsze straty materiałowe.

DOBÓR URZĄDZEŃ DOZUJĄCYCH W PROCESACH PRZETWÓRCZYCH

Dobór urządzeń dozujących w procesach przetwórczych tworzyw sztucznych jest kluczowy dla zapewnienia efektywności, dokładności i powtarzalności procesu produkcji. Wybór odpowiedniego sprzętu zależy od szeregu czynników związanych z właściwościami przetwarzanych materiałów, wymaganiami produkcyjnymi oraz specyfiką procesu technologicznego.

Jednym z najważniejszych kryteriów jest charakterystyka dozowanych materiałów. Granulaty polimerowe, proszki, włókna czy płyny mogą wymagać różnych systemów dozujących. Materiały o sypkiej konsystencji dozowane są zwykle przy użyciu urządzeń wagowych lub objętościowych, takich jak dozowniki ślimakowe, wibracyjne czy grawimetryczne. Natomiast w przypadku materiałów płynnych stosuje się pompy dozujące, które umożliwiają precyzyjne podawanie cieczy. Higroskopijne surowce, jak PA czy PET, wymagają urządzeń zintegrowanych z systemami suszenia, aby zapobiec ich degradacji.

Kolejnym kluczowym aspektem jest dokładność dozowania. Jeśli proces wymaga precyzyjnego odmierzania składników,

na przykład w przypadku mieszania polimerów z dodatkami lub barwnikami, zaleca się stosowanie systemów wagowych (grawimetrycznych), które charakteryzują się wysoką precyzją. W mniej wymagających aplikacjach objętościowe systemy dozujące mogą być wystarczające, zapewniając przy tym większą szybkość pracy.

Wydajność produkcji również wpływa na dobór urządzeń. W dużych liniach produkcyjnych z wysokim zapotrzebowaniem na surowce stosuje się automatyczne systemy dozujące, które mogą działać w sposób ciągły i są zintegrowane z resztą linii technologicznej. W przypadku mniejszych serii lub prototypowania lepszym wyborem są urządzenia półautomatyczne lub manualne.

Specyfika procesu technologicznego, w tym sposób podawania materiałów do urządzeń przetwórczych, ma również znaczenie. W przypadku wtryskarek i wytłaczarek dozowniki są często montowane bezpośrednio na maszynach, co pozwala na precyzyjne podawanie składników bezpośrednio do cylindra. W bardziej złożonych procesach, takich jak współwytłaczanie, stosuje się zaawansowane systemy dozujące zdolne do obsługi kilku materiałów jednocześnie.

Warunki pracy, takie jak wilgotność, temperatura czy możliwość zapylenia, również determinują wybór urządzeń. Urządzenia dozujące muszą być odpowiednio zabezpieczone, a w przypadku środowisk o szczególnych wymaganiach, takich jak produkcja medyczna, powinny spełniać określone normy czystości.

Podsumowując, dobór urządzeń dozujących w procesach przetwórczych zależy od rodzaju materiałów, wymagań dotyczących precyzji i wydajności, specyfiki procesu oraz warunków środowiskowych. Właściwe urządzenie pozwala zoptymalizować proces, zminimalizować straty materiałowe oraz zapewnić wysoką jakość końcowego produktu.

NAJNOWOCZEŚNIEJSZE DOZOWNIKI NA RYNKU

Współczesne dozowniki w przemyśle tworzyw sztucznych charakteryzują się wysoką precyzją, zaawansowaną technologią oraz elastycznością zastosowań. Oto kilka przykładów nowoczesnych rozwiązań:

1. Dozowniki Simatec – Są to urządzenia wolumetryczne i grawimetryczne, które łączą precyzję działania z kompaktową konstrukcją i wydajnością. Cechują się m.in. mniejszym zużyciem barwnika (o 30% w porównaniu z tradycyjnymi systemami) oraz prostą obsługą. Modele te są szczególnie cenione w branży przetwórstwa tworzyw sztucznych dzięki ich niezawodności i zaawansowanym systemom kontroli procesów.
2. Dozowniki ITISYSTEMS – Te urządzenia znajdują zastosowa-

nie nie tylko w przemyśle tworzyw sztucznych, ale także w sektorach chemicznym czy farmaceutycznym. Oferują szeroki zakres wydajności – od małych modeli jednoślismakowych po kompleksowe systemy zdolne do obsługi nawet 20 ton materiału na godzinę. Są zaprojektowane z myślą o wysokiej powtarzalności i niezawodności w różnych warunkach produkcyjnych.

3. Systemy od Hydrapress – Firma oferuje kompaktowe dozowniki surowców z naciskiem na wysoką powtarzalność dozowania oraz intuicyjną obsługę. Urządzenia te są wspierane przez polski serwis gwarancyjny i pogwarancyjny, co zwiększa ich atrakcyjność na rynku lokalnym.
4. HD-Dozowniki to polska firma specjalizująca się w projektowaniu i produkcji urządzeń do dozowania materiałów sypkich, takich jak proszki czy granulaty, wykorzystywanych w przemyśle tworzyw sztucznych, chemicznym, spożywczym i farmaceutycznym. Firma oferuje szeroką gamę urządzeń, w tym:
 - a) Dozowniki wolumetryczne i grawimetryczne do proszków (DMP, DMPg) oraz granulatów (DMS, DMSg). Urządzenia te zapewniają precyzyjne podawanie materiałów i są dostosowane do specyficznych właściwości surowców, takich jak tendencja do zawieszania się czy przyklejania do ścianek.
 - b) Stanowiska dozowania wielu składników (MX-P i MX-G), które umożliwiają jednoczesne dozowanie kilku surowców, co optymalizuje procesy technologiczne w liniach produkcyjnych.
 - c) Rozwiązania specjalne, takie jak mieszarki poziome czy stacje rozładunku Big-Bagów, które ułatwiają zarządzanie materiałami w większych ilościach.
 - d) Transport pneumatyczny i podajniki ślimakowe, które wspomagają nie tylko dozowanie, ale również efektywne premieszczenie surowców w procesie produkcji.

Firma HD-Dozowniki stawia na automatyzację procesów, bezpieczeństwo oraz indywidualne podejście do potrzeb klienta, realizując kompleksowe usługi od projektu po serwis urządzeń. Więcej informacji można znaleźć na stronie producenta. Wszystkie te urządzenia są dostosowane do pracy z różnymi rodzajami materiałów (granulaty, proszki) i oferują zaawansowane opcje kontroli procesów, co czyni je kluczowym elementem automatyzacji w przetwórstwie tworzyw sztucznych. Jeśli interesują Cię konkretne modele lub dostawcy, warto zapoznać się z katalogami firm takich jak Emplast, ITISYSTEMS czy Hydrapress.

Źródło: Redakcja we współpracy z AI

REKLAMA



HD-DOZOWNIKI

życzy pełnych radości i spokoju Świąt.
Niech ten czas będzie pełen ciepła, rodzinnej atmosfery
i wszelkiej pomyślności,
a także wielu sukcesów w nadchodzącym roku.



Kompatybilizatory do recyklingu – Gabriel-Chemie wprowadza na rynek nową serię produktów MAXILOOP

Gabriel-Chemie, jako wiodący producent masterbatchy w Europie, po intensywnych pracach badawczo-rozwojowych przedstawia nową, wszechstronną serię innowacyjnych kompatybilizatorów.

Zmiany, zarówno legislacyjne, jak i rosnąca świadomość oddziaływania produkcji z wykorzystaniem tworzyw sztucznych na środowisko, wymagają, aby cała branża zmierzyła się z tematem recyklingu i ponownego wykorzystania materiałów. Podczas recyklingu nie ma idealnego sortowania – nawet najlepszy recykling mechaniczny nie jest w stanie oddzielić produktów wielowarstwowych. Często polimery poddane recyklingowi, zarówno PCR jak i PIR, składają się z mieszanki różnych tworzyw.

Gabriel-Chemie rozszerza ofertę MAXILOOP o serię dziesięciu nowych kompatybilizatorów, szczególnie odpowiednich do pokonywania wyzwań związanych z wykorzystaniem i przetwarzaniem polimerów pochodzących z recyklingu. Zdajemy sobie sprawę, że każda dziedzina zastosowań ma inne wymagania. Nasi inżynierowie stworzyli zatem serię, która nadaje się do szerokiego zakresu zastosowań i jest dostosowana do konkretnych wymagań produktów naszych klientów.

Dzięki wykorzystaniu kompatybilizatorów można zwiększyć zawartość materiałów pochodzących z recyklingu w wyrobie gotowym poprzez poprawę przyczepności międzyfazowej różnych polimerów, w tym PE, PP, PA, PS, TPU, dodatków i innych zanie-

czyszczeń, ulepszyć własności mechaniczne polimerów, a także poprawić znacząco jakość folii czy detali wtryskowych produkowanych z wykorzystaniem surowców z recyklingu.

Gabriel-Chemie wnosi znaczący wkład w gospodarkę o obiegu zamkniętym i zrównoważony rozwój. Nasze kompatybilizatory MAXILOOP to nie tylko postęp technologiczny, ale także zobowiązanie do przyjaznej dla środowiska przyszłości.

Zachęcamy do kontaktu, aby dowiedzieć się więcej o naszej serii kompatybilizatorów MAXILOOP i możliwościach w twojej branży. Gabriel-Chemie oznacza jakość, innowację i zrównoważony rozwój – razem kształtujemy przyszłość!

gabriel-chemie.com
info@pl.gabriel-chemie.com

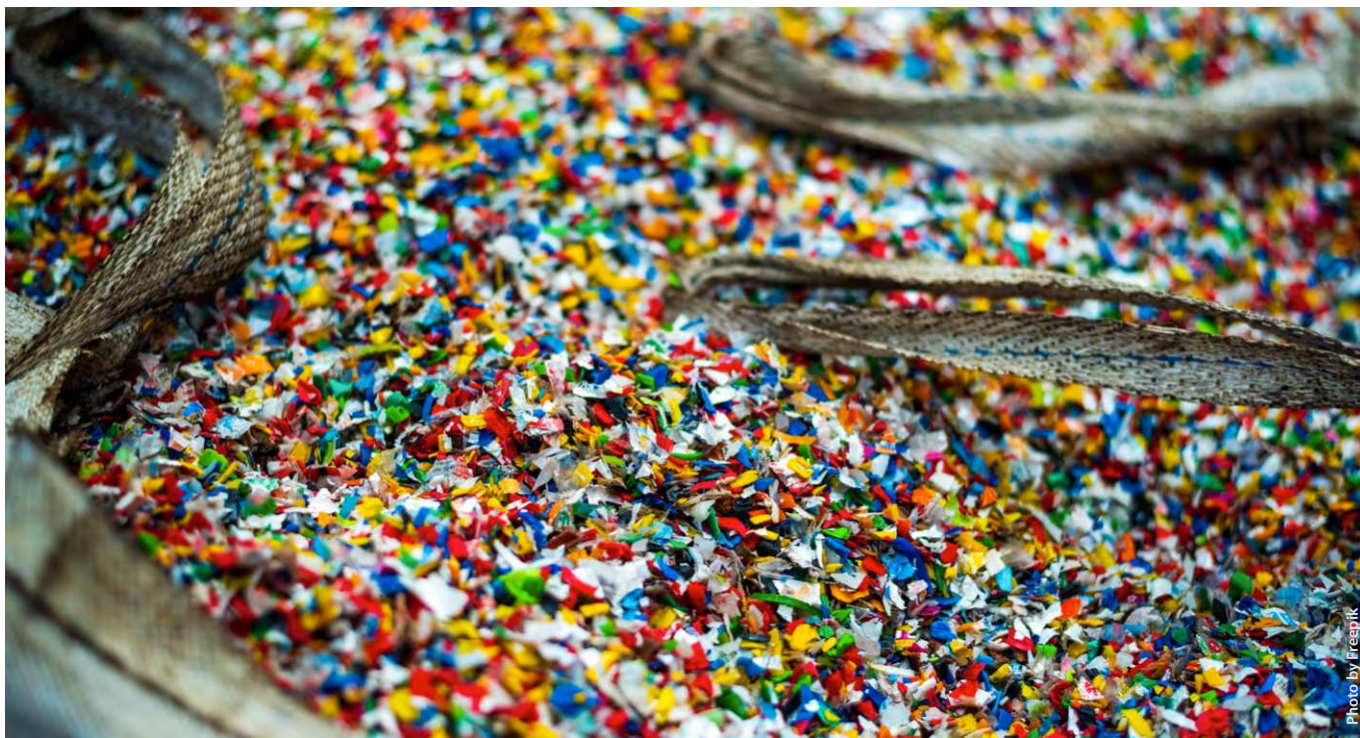




***Wszystkim Klientom,
Partnerom
i Przyjaciołom życzymy
pełnych miłości
i spokoju Świąt Bożego
Narodzenia.
Niech Nowy, Lepszy Rok
2025 przyniesie
Państwu
tę odrobinę szczęścia,
która sprawi,
że wszystkie podjęte
działania
zakończą się sukcesem.***

***Wesołych Świąt
życzy
ELBI Wrocław Sp. z o.o.***

***Muchoborska 4a - 54-424 Wrocław
tel. 71 333 00 33 - elbi@elbi.com.pl***



Recyklat czy oryginał? Oto jest pytanie!

Andrzej Kubik

Współczesny producent, trzymając w ręku projekt swego wyrobu, który zamierza wykonać z tworzywa sztucznego, stoi przed równie dramatycznym wyborem, jak ów znany nam z literatury duński książę z czaszką Joryka w dłoni: „Recyklat (być)? Albo oryginał (nie być)? Oto jest pytanie!”

Stosując recyklaty zaoszczędzi nieodnawialne surowce, zawróci materiał w ramach gospodarki o obiegu zamkniętym, ograniczy zaśmiecenie planety odpadami z tworzyw sztucznych oraz znacznie zmniejszy łączny ślad środowiskowy swojego produktu – tym samym zadba o naszą planetę opowiadając się jednoznacznie po stronie dalszej, szczęśliwej i harmonijnej koegzystencji „homo producens” z jego naturalnym środowiskiem, czyli opowie się po stronie owego „BYĆ”.

Drugim, coraz bardziej istotnym aspektem tej decyzji jest postrzeganie producenta jako „pro-eko” przez jego otoczenie społeczne i medialne a świadome środowiskowo firmy poprzez stosowny PR zwiększają grono swych klientów (a tym samym sprzedaż), kojąc ich dusze zaniepokojone nieco bezmiarem własnego konsumpcjonizmu prostym hasłem „wykonano w 100% z recyklingu” – w ten sposób firma umacnia swą rynkową pozycję oraz zdolność przetrwania w warunkach bezpardonowej walki z konkurencją na wolnym rynku, na którym bezwzględnie... chce „BYĆ”!

Z drugiej strony używając oryginałów w aplikacjach, w których istnieje możliwość zastosowania recyklatów popełni wprawdzie „grzech śmiertelny” wobec środowiska, przybliżając swą decyzją dzień zagłady planety, ale będzie w stanie zaoferować swym klientom pełną paletę jaskrawych kolorów, brokaty i metalizowane powierzchnie, gwarancję absolutnego „dziewictwa” materiału, a w niektórych przypadkach nawet korzystniejszą cenę produktu, czyli bezmiar konsumenckich korzyści, w zamian za jeden tylko „grzech zaniechania” na drodze ratowania naturalnego środowiska człowieka...

Swoją drogą zadziwiający jest fakt, z jakim stoickim spokojem od 50 lat świętujemy co roku Dzień Długu Ekologicznego, którego data konsekwentnie cofa się od Sylwestra w stronę Nowego Roku (ostatnio przypadała na dzień 21 lipca 2024 roku) wskazując moment, w którym właśnie skonsumowaliśmy wszystkie zasoby naturalne „przysługujące” nam w danym roku (surowce naturalne, wodę, powietrze) i zaczynamy „żyć na kredyt” przyszłych pokoleń, „okradając” z tychże zasobów nasze dzieci i wnuki. Pozbawiając ich zasobów odbieramy im równocześnie szansę na życie równie dostatnie, jak nasze, a w dalszej perspektywie wydajemy na przyszłe pokolenia wyrok śmierci, opowiadając się tym samym po stronie „NIE-BYTU”.

Istnieje również ryzyko, że jeśli wszystkie zabiegi w zakresie *greenwashingu* zawiodą i nie uda się przekonać konsumenta,

że jest to „jedyne możliwe rozwiązanie z wieloma pozytywnymi aspektami”, że owo „zło konieczne” tak naprawdę jest „dobrem ukrytym” tylko trzeba inaczej na nie spojrzeć..., więc jeśli wszystkie te „zielone kłamstwa” nie przekonają lub zostaną zdemaskowane, wówczas nastąpi smutna konstatacja, że „król jest nagi”, a tłum kupujących odwróci się od półek z jaskrawym brokatem... dla producenta oznaczać to będzie „NIE BYĆ”.

W tym miejscu pochyłmy się nad kilkoma aspektami tytułowego pytania, mającymi wpływ na ostateczną decyzję o wyborze materiału do produkcji – można je generalnie podzielić na trzy główne grupy: techniczne, estetyczne i ekonomiczne.

ASPEKTY TECHNICZNE

Te interesują głównie konstruktorów i technologów, czyli osoby zaangażowane bezpośrednio w techniczne projektowanie i produkcję wyrobów z tworzyw sztucznych – dla nich najistotniejszymi są parametry użytkowe projektowanego produktu oraz parametry przetwórcze materiału, umożliwiające produkcję przy wykorzystaniu powszechnie znanych technologii przetwórstwa. Z racji tego, że recyklaty mają ambicję zastąpić materiały pierwotne (granulaty typu virgin) ich parametry wytrzymałościowe (udarność, przenoszone obciążenia, elastyczność, odporność na starzenie), ale również parametry przetwórcze (współczynnik płynięcia, homogeniczność czy zawartość zanieczyszczeń chemicznych lub mechanicznych) powinny być identyczne lub mocno zbliżone do parametrów oryginałów. Zaklinanie rzeczywistości na nic się tu nie przyda, chemia jest przedmiotem ścisłym, absolutnie niepodatnym na sugestie demagogów – tworzywa sztuczne jako bardzo długie łańcuchy polimerowe w trakcie przetwórstwa, zarówno tego pierwotnego, jak i recyklingu (przetwórstwo wtórne), ulegają degradacji, zarówno mechanicznej, jak i termicznej, a w procesie nawet krótkotrwałego użytkowania ulegają procesowi naturalnego starzenia (wpływ substancji chemicznych, z którymi wchodzi w kontakt, oraz promieniowania UV). W wyniku tych procesów długość molekuł ulega skróceniu, ich rozgałęzienia i struktury sieciowe ulegają zerwaniu - odpowiedzialne są za to pękające w wyniku obciążeń mechanicznych, wysokiej temperatury, czy wpływu substancji chemicznych wiązania kowalencyjne pomiędzy sąsiadującymi atomami węgla tworzącymi łańcuch molekularny polimeru (tworzywa sztuczne).

Oznacza to zmianę właściwości materiału w kierunku pogorszenia jego pierwotnych właściwości. Zdaję sobie sprawę, że powyższa teza w ustach recyklera to raczej antyreklama oferowanych regranulatów, które przecież jako gorsze nigdy nie będą w stanie zastąpić materiałów pierwotnych. Otóż teza ta jest tylko do połowy prawdziwa, gdyż zakłada, że godzimy się w procesie recyklingu z każdorazowym pogarszaniem parametrów technicznych materiału (tzw. downcykling). Drugą połową prawdy jest twórcza inwencja recyklera, który, zgrabnie wykorzystując właściwości fizykochemiczne wielu rodzajów odpadów (lepiej lub słabiej płynących, mniej lub bardziej elastycznych, o wyższej lub niższej wytrzymałości) oraz możliwości korygowania niektórych parametrów za pomocą dodatków procesowych (poprawiających płynięcie, podnoszących udarność, zwiększających sztywność, czy nawet pozwalających łączyć dwa różne polimery w jednolity materiał) tworzy receptury regranulatów, które w niczym nie ustępują oryginałom. Do tego dochodzi wysoki poziom filtracji polimeru w stanie stopionym (zanieczyszczenia mechaniczne) oraz dodanie absorbentów substancji chemicznych oraz wilgoci (zanieczyszczenia chemiczne) – proces takiego świadomego kreowania właściwości regranulatu przez recyklera nazywamy recyklingiem uszlachetniającym (lub upcyklingiem), a procedo-

wane właśnie przed Komisją Europejską Rozporządzenie PPWR nazywa to „recyklingiem wysokiej jakości” (*high quality recycling*).

Skoro już wiemy, że recyklat w swych właściwościach może się zbliżyć do ideału, jakim jest materiał pierwotny, jedyną wątpliwością powstrzymującą konstruktorów od sięgnięcia po surowiec wtórny jest pytanie, czy aby każdy recyklat jest produktem upcyklingu? Tu niestety brakuje jednolitych standardów produktowych oraz obowiązkowego systemu certyfikacji („audyt recyklera” w obecnej postaci jest niestety tragifarsą i dotyczy wyłącznie odpadów opakowaniowych) – dopóki nie zostaną w tym zakresie wprowadzone jednolite regulacje prawne i globalne normy produktowe, wątpliwości konstruktorów będą ze wszech miar uzasadnione. Oczywiście należy tu uczciwie przyznać, że proces recyklingu mechanicznego wykonany nawet na poziomie „wysokiej jakości” może być powtórzony zaledwie kilkukrotnie (5-6 cykli życia produktu), gdyż mimo najlepszych chęci i dużej wiedzy recyklera w każdym kolejnym cyklu parametry recyklatu zwiększają coraz bardziej dystans w stosunku do oryginału i w pewnym momencie ponowne przetworzenie staje się nieopłacalne zarówno pod względem ekonomicznym (o tym więcej w dalszej części), jak i środowiskowym (obciążenie środowiska staje się większe niż uzyskana środowiskowo korzyść z recyklingu). W tym miejscu wkracza na scenę mało jeszcze znany, lecz coraz bardziej popularny (póki co jedynie w mediach i publikacjach naukowych) recykling chemiczny – proces wymagający wprawdzie znacznych nakładów energetycznych i pozostawiający w środowisku większy ślad niż recykling mechaniczny, umożliwiający jednak przywrócenie tworzywom ich pierwotnych właściwości. Jak to jest możliwe?

Otóż recykling chemiczny zwany też recyklingiem węgla to proces, w którym łańcuchy polimerów (różne pod względem długości i budowy) zostają rozłożone na monomery lub nawet na jeszcze prostsze substancje chemiczne, a następnie poddane ponownej syntezie do postaci nowych tworzyw sztucznych o właściwościach identycznych z pierwowzorem. Taka reinkarnacja zostaje niestety okupiona znacznie większym kosztem środowiskowym, co przemawia za tym, by najpierw tak długo, jak to tylko jest możliwe, utrzymywać tworzywo przy życiu za pomocą procesu recyklingu mechanicznego... czyli wielokrotna „reanimacja” przed kolejną „reinkarnacją”.

ASPEKTY ESTETYCZNE

Występują głównie na styku producent-konsument i interesują wyłącznie marketingowców projektujących rynkowe strategie produktów. Mają one fascynować klientów i dawać im do ręki argumenty za wyborem tej właśnie wersji produktu wśród całej gamy jemu podobnych, lecz pochodzących z konkurencyjnych źródeł. Do tej pory były nimi żywa gama kolorów, imitacja masy perłowej lub brokatu, metalizowane powierzchnie i neonowe barwy – to wszystko wraz ze świadomym środowiskowo projektowaniem produktów (ekoprojekt) odchodzi niestety do lamusa. Recyklaty oferują wprawdzie szeroką gamę kolorów, ale raczej pastelowych, a nie soczystych, zaś zmętnienie przeźroczystych do tej pory butelek nie oznacza wcale pogorszenia ich właściwości ochronnych względem zawartości czy też spadku bezpieczeństwa konsumenta spożywającego ich zawartość – zjawiska te są naturalną konsekwencją odzyskiwania surowców z odpadów, konsekwencją naszej troski o środowisko.

Teraz docieramy do sedna problemu naszych proekologicznych postaw, bo prawdziwy problem ochrony środowiska to nie pytanie do producentów, czy chcą używać recyklatów, lecz py-

tanie do nas samych - konsumentów, czy gotowi jesteśmy na zmianę naszych przyzwyczajeń i konsumenckich wyborów w imię ochrony naturalnych zasobów planety i naszego naturalnego środowiska, czy dojrzeliśmy już do decyzji o opuszczeniu naszej strefy komfortu dla dobra planety i przyszłych pokoleń. Jako generacja stoimy przed bardzo trudnym egzaminem – nikt nie lubi rezygnować z tego, do czego się przyzwyczaił i uznaje już za swe niekwestionowane prawo, prawo do jednorazowych opakowań w barach szybkiej obsługi, do ciągłej wymiany garderoby, do pogoni za najnowszymi modelami telefonów komórkowych czy samochodów - ceną tego komfortu jest śmierć planety i pogarszające się warunki życia przyszłych pokoleń. Czy w takim razie gotowi jesteśmy na ograniczenie naszego konsumpcjonizmu, na rezygnację z niektórych przyzwyczajeń, na akceptację nieco słabszej estetyki, np. opakowań na sklepowych półkach? Kluczem do poprawnej odpowiedzi na to pytanie jest edukacja i będąca jej pochodną świadomość ekologiczna – budowanie jej jest zadaniem mediów, legislatorów wprowadzających proekologiczne obostrzenia, producentów projektujących swe wyroby w trosce o środowisko oraz recyklerów zapewniających coraz wyższe standardy recyklatów (gwarantujące bezpieczeństwo produktowe).

Coraz częściej argumentem marketingowym obok najnowszych rozwiązań technicznych i estetycznego wyglądu staje się również proekologiczność produktu czy jego opakowania. Coraz częściej producenci używają deklaracji „nadające się do recyklingu” czy „wyprodukowane z udziałem surowców wtórnych” – świadczy to o fakcie rosnącej świadomości ekologicznej konsumentów, którzy aspekt prośrodowiskowości produktu zaczynają uwzględniać w swoich kryteriach wyboru, gdy stoją przed sklepowym regałem. Tutaj jednak zalecam wysoką czujność na zjawisko *greenwashingu* zwanego też kolokwialnie ekościemą – to niestety powszechna choroba wieku dziecięcego tej zielonej transformacji polegająca na używaniu proekologicznej reklamy

wobec produktów, które nie tylko nie są przyjazne dla środowiska, ale wprost temu środowisku bardziej szkodzą niż ich mniej ofensywni propagandowo konkurenci. Gdy słyszymy o produktach w 100% z recyklingu lub opakowaniach nadających się w 100% do recyklingu powinna nam się natychmiast zapalić lampka ostrzegawcza i to z dwóch względów. Po pierwsze, inżynierowie wiedzą to z praktyki, a laicy muszą to przyjąć za pewnik, że ani w przyrodzie, ani w produkcji nie ma procesów 100%-owych. Uczciwy producent precyzyjnie wyliczy ubytki lub dodatki procesowe, produkty uboczne czy wprost odpady powstające u niego i poda liczbę 96% lub 99,2%, ale nigdy nie odważy się wpisać tu „setki”, bo wówczas minie się z prawdą. Drugim aspektem jest właściwa definicja recyklingu. Obejmuje ona jedynie procesy zwracania odpadów poużytkowych (tzw. odpadów konsumenckich) z wyłączeniem procesów odzysku energii (czyli spalania odpadów wprost lub poprzez produkcję z nich paliw). Oznacza to, że ani zwracanie odpadów poprodukcyjnych (czyli takich, które nigdy nie trafiły do ostatecznego odbiorcy = konsumenta), ani piroliza odpadów do postaci oleju pirolitycznego służącego później jako paliwo (lub do produkcji paliwa) nie jest recyklingiem. W efekcie końcowym, ani opakowania poddawane tym procesom nie są wcale recyklowalne, ani produkty wykorzystujące np. regranulaty z odpadów poprodukcyjnych (nawrót technologiczny) nie są wykonane z recyklingu. Wydawałoby się, że to niuanse leksykalne, ale bardzo często brak znajomości rzeczywistej definicji recyklingu wśród konsumentów prowadzi do ich zwiększonej podatności na manipulację ekościemą - Komisja Europejska już dostrzegła to ryzyko i obecnie trwają intensywne prace nad regulacją prawną mającą na celu zapobieganie zjawisku *greenwashingu*.

ASPEKTY EKONOMICZNE

To głównie domena księgowych i nie ma się na nich za co gniewać, gdyż wszystkie podmioty gospodarcze, zarówno producenci, jak i recyklerzy funkcjonują w ramach wolnego rynku i wszechpotężnego imperatywu ekonomicznego, który każdego uczestnika tej gry bezwzględnie nakłania do maksymalizacji zysków i minimalizacji kosztów. Kto tego nie zaakceptuje, wcześniej czy później zostanie zdominowany przez konkurencję i wypadnie z gry. Stąd też powtarzane jak mantra pytanie o opłacalność stosowania recyklatów w miejsce oryginałów i to opłacalność traktowaną bardzo dosłownie, czyli wyrażaną w PLN za tonę surowca – pytanie to od lat prześladowało recyklerów i stale muszą ceny swych produktów porównywać z cenami surowców pierwotnych (granulatów typu virgin), choć w głębi serca nigdy się z takim prostym porównaniem nie pogodzą. Dlaczego? Otóż zacząć należy od kalkulacji ceny granulatów oryginalnych – zależą one w dużym stopniu od aktualnej ceny ropy naftowej na światowych giełdach oraz od działań (często spekulacyjnych) zarówno koncernów wydobywczych, jak i dużych rafinerii syntetyzujących polimery (tworzywa sztuczne). W związku z tym, że ropa naftowa co najmniej w trzech czwartych wykorzystywana jest do produkcji paliw, a synteza chemiczna (w tym produkcja polimerów) to zaledwie 15% światowego zużycia, jej cena kształtowana jest głównie poprzez popyt na paliwa – np. w szczycie pandemii koronawirusa w wyniku globalnego lockdownu spadła ona poniżej wszelkich uzasadnionych kosztami wydobycia poziomów - ponadto kraje naftowe, ograniczając jej wydobycie są w stanie w sposób spekulacyjny wpłynąć wyraźnie na jej cenę. Podobnie też zakłady syntezy chemicznej, zatrzymując okresowo produkcję i/lub dystrybucję pierwotnych tworzyw sztucznych, są w stanie w istotny sposób wpływać na cenę tych materiałów na wolnym rynku.



Photo by Pixabay

Teraz z kolei przyjrzymy się kalkulacji cen recyklatów, na które w głównej mierze składają się koszty energii elektrycznej (procesy mechanicznego rozdrabniania odpadów i wytłaczania z regrynulacją stopionej masy tworzywa) oraz koszty fizycznej, ludzkiej pracy (procesy zbiórki, segregowania oraz recyklingu odpadów tworzywowych) – w kalkulacji tej aktualne notowania ropy naftowej nie mają prawie żadnego znaczenia, no może jako składowa kosztów transportu realizowanego zwykle za pomocą pojazdów spalinowych korzystających z diesla lub benzyny. Jednak analizując wielkość urządzeń służących do rozdrabniania odpadów (kruszarki, strzępiarki, młyny, wytłaczarki) oraz moce silników elektrycznych, w które są wyposażone, a także liczbę urządzeń peryferyjnych (transportery, ślimaki, separatory, sita wibracyjne) im towarzyszących i napędzanych również elektrycznie, można z dużą pewnością przyjąć, że w procesie recyklingu co najmniej połowa kosztu wytworzenia to koszt energii elektrycznej. Ten koszt w każdym kraju jest inny i w znacznym stopniu zależy od źródeł pozyskania owej energii – jeśli są to źródła odnawialne (wiatr, słońce, woda), a wpływ na środowisko w procesie pozyskania niski, wówczas producent takiej energii nie musi nabywać praw do emisji CO₂ (by zbilansować swój ślad węglowy), a właśnie koszt tych świadectw stanowi dziś w Europie główny czynnik cenotwórczy każdego kilowata wyprodukowanej energii. Handel prawami do emisji to odrębny temat, warto jednak w tym miejscu zauważyć, że forsowana przez niektórych koncepcja palenia odpadów tworzyw sztucznych (odzysk energetyczny) w miejsce niewątpliwie trudniejszego i bardziej żmudnego ich recyklingu przesuwają łączny bilans wytwarzanej energii (mix energetyczny) w stronę energii czarnej (powstającej w wyniku spalania związków węgla), a tym samym podnosi cenę energii elektrycznej dla wszystkich jej użytkowników (w tym również recyklerów). Można w tym miejscu wyciągnąć logiczny wniosek, że im wyższy poziom zagospodarowania odpadów w postaci recyklatów, tym niższa ich cena – nie tylko ze względu na efekt skali (łatwiejsza logistyka, możliwa większa specjalizacja, obniżenie udziału kosztów stałych, synergia kooperacji recyklerów itp.), ale również ze względu na niższą cenę prądu wytwarzanego lokalnie z niższym udziałem procesów spalania.

Drugim istotnym czynnikiem cenotwórczym recyklatów jest ludzka praca, często bardzo prosta, żmudna i niewdzięczna – praca przy zbiórce i transporcie odpadów, praca przy ich ręcznym sortowaniu i oczyszczaniu (myciu). Procesy te w coraz większym stopniu wspomagane są przez urządzenia (np. sortery materiałowe, instalacje czyszczaco-myjące itp.), ale każda automatyzacja tego procesu powoduje dalszy wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną, która i tak stanowi już ponad połowę kalkulacji cenowej recyklatu – poza tym jeszcze nie wszystkie procesy potrafimy dziś zautomatyzować. Z tych względów nakłady pracy ludzkiej, jej dobra organizacja, wysoka jakość i duża wydajność są bardzo istotnymi czynnikami wpływającymi na cenę recyklatu. Obserwując tendencje na rynku pracy, gdzie stale rosnące oczekiwania płacowe nakładają się na oczekiwanie określonego komfortu w miejscu pracy, należy niestety skonstatować, że, pomijając trudność w znalezieniu pracownika chcącego przez całą dniówkę zajmować się cudzymi śmieciami, koszt takiego pracownika będzie stale rósł, a tym samym cena wytwarzanego przez niego surowca wtórnego.

Mam nadzieję, że po tej ekonomicznej dywagacji porównującej źródła cen surowców pierwotnych (notowania giełdowe ropy naftowej i spekulacje) ze źródłami cen surowców wtórnych (koszt energii elektrycznej i koszt pracy ludzkiej) oczywistym się staje, że poza przeznaczeniem tych materiałów (produkcja wyrobu



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

PP

PRZEMIAŁ

1. twarde MFR 5/8
2. mix twarde/miękkie PP MFR 10/12
3. miękkie MFR koło 15

Granulat wynikowy lub barwiony na czarno

1. MFR 5/8
2. MFR 10/12
3. MFR +/- 10% MFR 15

HDPE

PRZEMIAŁ

1. <0,5 MFR
2. <1.0 MFR
3. >1.2 MFR

Regranulat wynikowy/czarny

1. <0,5 MFR
2. <1.0 MFR
3. >1.2 MFR

Granulaty posiadają certyfikat EuroCertPlast i są w 100% PCR

Możemy modyfikować regranulaty według życzenia klienta oraz możliwości naszego zakładu.

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

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

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

www.rgr.zone



z tworzywa sztucznego) nic tak naprawdę je nie łączy, gdyż powstają w skrajnie odmiennych warunkach. Nikogo więc już nie zaskoczy stwierdzenie, że cena recyklatu może być wyższa niż cena materiału pierwotnego, gdyż tak właśnie chwilowo ułożyły się kalkulacje kosztów ich wytworzenia – zasada wolnego rynku zadziała wówczas bezwzględnie i żaden ekonomista nie sięgnie wówczas po surowce wtórne. Nie jest też dla nikogo w branży recyklingu tajemnicą, że oczekiwania przetwórców z racji dwóch opisanych wcześniej aspektów – technicznego i estetycznego – są jasno określone. W związku z lekko utrudnionym przetwórstwem i koniecznością zmiany pewnych przyzwyczajeń klienta zastosowanie recyklatu brane jest pod uwagę, jeśli jego cena oscyluje poniżej 80% ceny oryginału – po przekroczeniu tej granicy recyklat staje się niesprzedawalny, magazyny recyklerów wypełniają się, linie produkujące recyklat zatrzymują się, firmy recyklingowe bankrutują, a cała idea gospodarki o obiegu zamkniętym „bierze w łeb”. Chyba, że...

W tym miejscu na scenę gospodarki materiałowej wkracza imperatyw legislacyjny, który okazuje się być silniejszym od swego starszego i dobrze znanego brata – imperatywu ekonomicznego. Nasz nowy bohater dzięki dyrektywom, ustawom i rozporządzeniom tworzy system nakazów i zakazów, zachęt i kar (czyli odwołuje się jednak do „myślenia o zysku”), po to by odwrócić spiralę powolnego unicestwiania życia na Ziemi poprzez krótkowzroczną opłacalność naszych decyzji. Z punktu widzenia krótkowzrocznej kalkulacji bardziej opłacalne jest użycie taniego, choć nieodnawialnego zasobu i porzucenie odpadów produktu w środowisku niż kosztowne pochylenie się nad odpadami i zawrócenie ich w formie surowca, oszczędzając przy tym zasoby planety. Sprzątanie po sobie nigdy nie jest opłacalne, wręcz przeciwnie, to my musimy komuś zapłacić i to sownie, by po nas posprzątał, a recykling to właśnie sprzątanie świata po beztroskiej konsumpcji.

Mechanizmem imperatywu legislacyjnego jest rozszerzona odpowiedzialność producenta, w której wprowadzający na rynek dany produkt odpowiedzialny jest nie tylko za jego właściwości w trakcie eksploatacji czy konsumpcji, ale również po zakończeniu tego procesu, czyli kiedy staje się odpadem.

Odpowiedzialność w ten sposób rozszerzona o „życie po życiu” każdego produktu zmusza producenta do dwóch bardzo ważnych refleksji – po pierwsze – jak zaprojektować wyrób, by jako odpad łatwo poddał się nawrotowi surowcowemu (recyklowalność wyrobu) – po drugie – ile surowca wtórnego można zastosować w wyrobie, by spełniał on nadal swe funkcje (zawartość recyklatu). Jak widać, owa rozszerzona aktami prawnymi, najpierw dyrektywą, a później rozporządzeniami, odpowiedzialność skłania producenta do wyjścia z kręgu tej krótkowzrocznej opłacalności i dostrzeżenie opłacalności znacznie szerszej, opłacalności ratowania zasobów naturalnych dla przyszłych pokoleń. Oczywiście mechanizm ROP jest rozwiązaniem ekonomicznym, systemem opłat i bonusów. Producent, który zadba o łatwą recyklowalność swych wyrobów i użyje do ich produkcji dużo recyklatów, będzie do tego systemu wpłacał mniej, niż ten, który tego nie robi, a system wpłaconymi pieniędzmi pokryje wszystkie koszty związane ze zbiórką, sortowaniem i recyklingiem powstających odpadów. Ciążący na producencie obowiązek pokrycia kosztu netto zagospodarowania odpadów powstających w wyniku eksploatacji i/lub konsumpcji jego produktów uwzględni wszelkie koszty, w tym wspomniany koszt recyklingu (niezależnie od aktualnego poziomu kosztów składowych jego kalkulacji), pomniejszone o przychody ze sprzedaży recyklatów (niezależnie od ich aktualnej ceny rynkowej). W ten sposób cena recyklatu przestanie być wreszcie porównywana z ceną oryginału, gdyż producentom korzystającym z drogiego recyklatów system ROP zrekompensuje tę stratę bonusem w postaci niższych opłat produktowych, zaś recyklerzy, zamiast z troską przyglądać się wahaniom cen giełdowych ropy naftowej, skoncentrują się na tym, do czego zostali powołani – na sprzątaniu świata. Taki obraz idealnego świata z dobrze funkcjonującym systemem ROP jest jednak póki co jedynie celem, do którego mozolnie zmierzamy.

Stan obecny to niestety nadal wielka rozterka producenta i owe trzy aspekty wyboru: techniczny (brak standardów recyklatów i skąpa oferta recyklatów wysokiej jakości), estetyczny (nieodpowiednia edukacja ekologiczna konsumenta i jego niechęć do wyjścia poza strefę komfortu) i ekonomiczny (brak zachęt ekonomicznych do korzystania z recyklatów i nieskuteczne rozwiązania w zakresie ROP).

W środku tego „trójkąta bermudzkiego” znajduje się dzisiaj każdy producent, rozdarty pytaniem o wybór materiału do swojej produkcji – recyklat czy oryginał? – tragizmu sytuacji dodaje fakt, że jakiej decyzji by nie podjął, będzie ona w pewnym sensie dobra a jednocześnie w pewnym sensie zła...

Przypomnę, że klasyczna tragedia to utwór opisujący losy pozytywnego bohatera uwikłanego w sytuację bez wyjścia i targanego uczuciami wzajemnie sprzecznymi (przykład Antygony rozdartej pomiędzy boskim nakazem pochowania zmarłego brata i zakazem króla - jej wuja - chcącego brakiem pochówku pośmiertnie ukarać zdrajcę). Z jednej strony troska o naturalne środowisko i los przyszłych pokoleń (prawo naturalne), z drugiej troska o komfort, kieszeń i zadowolenie klienta (prawo ludzkie), a pomiędzy nimi pozytywny bohater (producent) i głęboko filozoficzne pytanie: „Recyklat czy oryginał?”

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Energia i Recykling” 2024, nr 3.

mgr inż. Andrzej Kubik

Członek Rady Ekspertów PZPTS

Maszyny do pomocy w procesach produkcyjnych

Firma M-ROL oferuje maszyny rolnicze wykorzystywane w produkcji tworzyw sztucznych.

Nasze urządzenia niezawodnie pomogą zarówno w procesie rozdrabniania, mieszania, przenoszenia, jak i przechowywania tworzyw sztucznych.



Oferujemy Państwu pionowe mieszalniki, które przeznaczone są do mieszania tworzyw sztucznych oraz barwienia przetwarzanych materiałów o pojemności od 500 kg do 5000 kg oraz mieszalniki poziome o pojemności 1000 kg lub 2000 kg z dokładnością mieszania 1: 100 000.

Przenośniki ślimakowe pomogą podczas transportowania mate-

riału, a także podczas załadunku oraz rozładunku materiałów niezbędnych do dalszej produkcji tworzyw sztucznych.

Kruszarki umożliwiają rozdrobnienie zużytych materiałów tworzyw sztucznych. Są to maszyny stworzone do skutecznego rozdrabniania materiałów, przede wszystkim tworzyw sztucznych, ale także innych elementów, między innymi: drewna, tworzyw gumowych, papieru.

Rozdrabniacz do słomy wykorzystywany również w produkcji pelletu. Rozdrobniona frakcja jest całkowicie gotowa do dalszej obróbki w brykietarce lub pelleticarce.

Serdecznie zapraszamy do zapoznania się ze szczegółami naszej oferty www.mrol.com.pl.



Z okazji Świąt Bożego Narodzenia,

Pragniemy złożyć wszystkim naszym Klientom oraz Kontrahentom

Najserdeczniejsze i szczerze życzenia

Szczęścia, wiary, nadziei i pomyślności...

REKLAMA



M-ROL Sp. z o. o.
63-430 Odolanów
ul. Trzy mosty 10
mrol.com.pl
+48 62 735 90 10

MASZYNY DO RECYKLINGU

Pionowy mieszalnik
Poziomy przenośnik ślimakowy



Pionowy przenośnik ślimakowy

Rozdrabniacz zasypowy
bijakowy grawitacyjny



Poziomy mieszalnik pasz sypekich

Kruszarka Plastik





Przenośnik ślimakowy
czerpiący ocynkowany

Rozwiązanie gospodarki wodno-osadowej w recyklingu tworzyw sztucznych

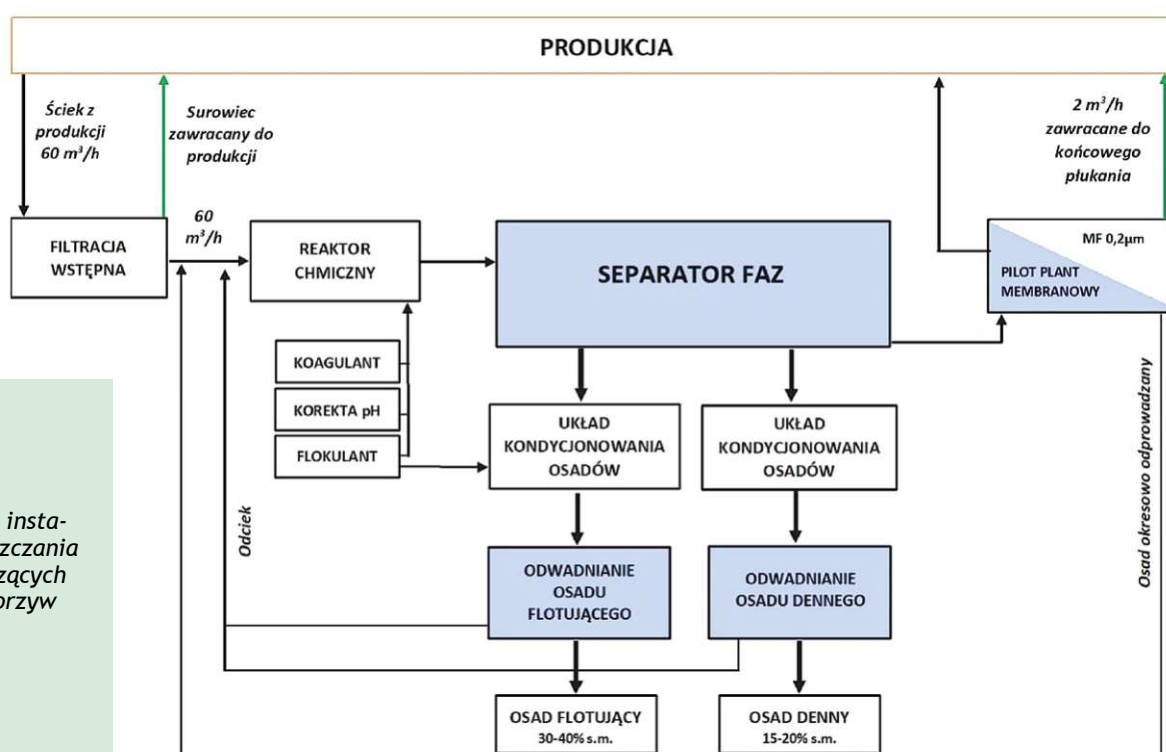
Paweł Jamski



Wraz z prężnym rozwojem recyklingu tworzyw polimerowych efektywne oczyszczanie ścieków generowanych w procesie mycia surowców wtórnych stało się bardzo istotnym zagadnieniem. Recykling tworzyw polimerowych pozwala na ponowne wykorzystanie surowców, co przyczynia się z kolei do ograniczenia zapotrzebowania na nowe materiały. Jednakże, aby pełnić swoją funkcję zrównoważonego rozwiązania, przemysł musi skupić się nie tylko na produkcji recyklatów, ale także na efektywnym i bezpiecznym oczyszczaniu wód używanych w procesie ich wytwarzania. W artykule omówiono kompleksowe rozwiązanie tego problemu i przedstawiono autorskie rozwiązanie w zakresie oczyszczania ścieków powstających podczas procesu mycia tworzyw poddawanych recyklingowi. Poprzez zastosowanie zaawansowanych technologii i strategii, proponowane rozwiązanie ma na celu nie tylko skuteczne usuwanie zanieczyszczeń, ale także minimalizację ilości zużywanej wody i powstających odpadów. Stanowi krok w kierunku zrównoważonego przetwarzania tworzyw sztucznych, ograniczając negatywne ich oddziaływanie na środowisko, a jednocześnie utrzymując wysoki standard czystości wytwarzanego materiału.

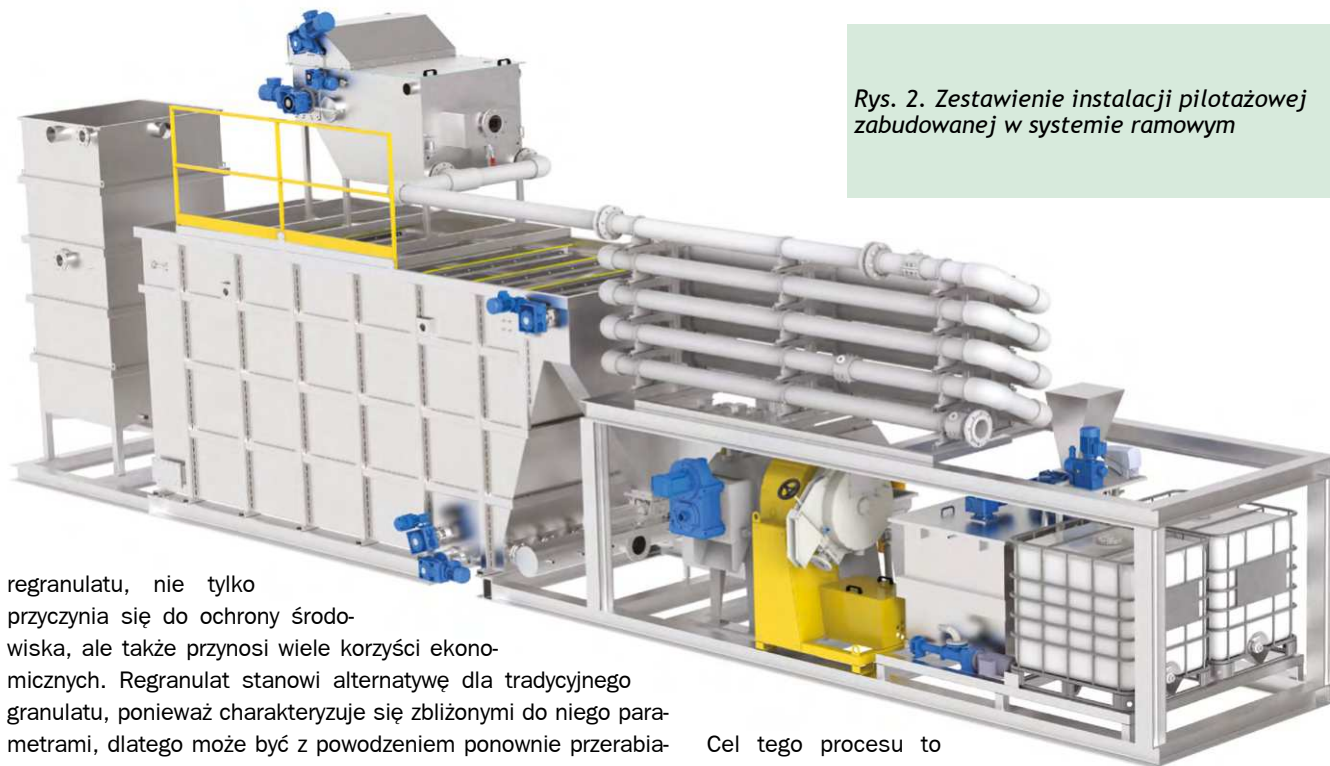
WPROWADZENIE

W obliczu narastających problemów związanych z zanieczyszczeniem środowiska recykling staje się kluczowym elementem działań mających na celu ograniczenie negatywnego wpływu człowieka na naszą planetę. Jednym z najbardziej palących problemów ekologicznych jest obecnie kwestia odpadów, zwłaszcza tych z tworzyw sztucznych, które w ostatnich czasach generowane są w ogromnych ilościach ze względu na zastosowanie ich w bardzo szerokiej gamie produktów codziennego użycia. W kontekście recyklingu szczególnie istotnym obszarem staje się przerabianie folii polietylenowych, takich jak LDPE, LLDPE i HDPE. Folie te, w związku ze swoją powszechną obecnością w codziennym życiu, stają się źródłem wielu problemów środowiskowych. Długi czas rozkładu polimerów w glebie sprawia, że są one trwałym obciążeniem dla ekosystemów, wpływając negatywnie na stan środowiska. Zaśmiecanie środowiska tymi materiałami dotyka nie tylko ludzi, ale również wiele gatunków zwierząt, które cierpią z powodu przedostawania się plastiku do ich naturalnych siedlisk. Warto tutaj zwrócić uwagę na istotne korzyści płynące z recyklingu tworzyw sztucznych, w szczególności tych polietylenowych. Ponowne wykorzystanie surowca, a zwłaszcza produkcja



Rys. 1. Schemat instalacji do podczyszczania ścieków pochodzących z recyklingu tworzyw sztucznych

Rys. 2. Zestawienie instalacji pilotażowej zabudowanej w systemie ramowym



regranulatu, nie tylko przyczynia się do ochrony środowiska, ale także przynosi wiele korzyści ekonomicznych. Regranulat stanowi alternatywę dla tradycyjnego granulatu, ponieważ charakteryzuje się zbliżonymi do niego parametrami, dlatego może być z powodzeniem ponownie przerabiany, co czyni go dobrą alternatywą dla wielu zastosowań w przemyśle. Ze względu na to, że większość zużytych folii jest zabrudzona i posklejana, istnieje konieczność zastosowania kilkuetapowego procesu mycia, umożliwiającego dalsze ich przetwarzanie.

Proces mycia folii poddawanych recyklingowi jest skomplikowany i wiąże się ze znacznym zużyciem wody. Generuje to kolejny problem dla zakładów, co zrobić z powstałymi ściekami? W odpowiedzi na to pytanie firma PFTechnology Sp. z o.o. znajdująca się w Wierzbicy k. Radomia przedstawia autorskie rozwiązanie w postaci instalacji do podczyszczania wody technologicznej z zakładów recyklingu tworzyw, które jest wynikiem wieloletnich prac badawczych i praktycznego doświadczenia nabytego w tym czasie. Wdrożenie proponowanej technologii nie tylko rozwiązuje problem związany z powstawaniem ścieków, ale też pozwala na skuteczne oczyszczenie zużytych folii oraz zmniejszenie ilości generowanych odpadów.

PRZEBIEG PROCESU

Proces oczyszczania ścieków z mycia płátka folii obejmuje wiele etapów przedstawionych na rys. 1, mających na celu skuteczne usunięcie zanieczyszczeń i odzyskanie podczyszczonej cieczy. Proces rozpoczyna się od wstępnej filtracji mechanicznej dostosowanej do specyfiki ścieków i potrzeb klienta/dalszego procesu. Warto zaznaczyć, że firma PFTechnology Sp. z o.o. ma ponad 20-letnie doświadczenie w dziedzinie produkcji urządzeń filtracyjnych. Wstępna filtracja ścieku może być prowadzona wielostopniowo, np. w celu wydzielania większych drobin folii z możliwością zawrócenia ich do produkcji. Następnie ściek poddawany jest obróbce chemicznej polegającej na skutecznym wyodrębnieniu cząstek nierozpuszczalnych w wodzie. Przygotowany w ten sposób ściek trafia do separatora faz, w którym zastosowano odpowiedni system napowietrzania drobnopęcherzykowego, ułatwiający skuteczne odseparowanie ścieków podczyszczonych od osadu pływającego i dennego. Zastosowanie flotacji mikropęcherzykowej o odpowiednio dobranej wielkości mikropęcherzyków gazu flotującego zapewnia większą powierzchnię kontaktową, powodując bardziej skuteczną adsorpcję cząstek stałych, a w rezultacie efektywne oczyszczanie ścieków surowych i odzyskiwanie podczyszczonej cieczy do dalszego jej przetwarzania.

Cel tego procesu to rozdzielenie trzech faz: osadu pływającego, osadu dennego oraz cieczy podczyszczonej. Jest to kluczowe dla efektywnego oczyszczania ścieków surowych i odzyskiwania podczyszczonej cieczy do dalszego przetwarzania wg proponowanej metody.

Osady, zarówno denny, jak i flotujący, są usuwane z urządzenia za pomocą układów transportujących i następnie poddawane odwodnieniu z wykorzystaniem specjalnie zaprojektowanych pras. Uzyskany odciek jest ponownie kierowany do etapu obróbki chemicznej. Ciecz podczyszczona w separatorze faz przechodzi w kolejnej fazie przez proces mikrofiltracji o poziomie 0,2 μm , żeby wyeliminować cząstki zanieczyszczeń. Mimo że stopień czystości nie umożliwia zrzutu tak podczyszczonego odcieku do wód gruntowych, to nadaje cieczy optymalną jakość do wykorzystania w ostatniej wannie mycia płátka lub uzupełniania układu. Poziom mikrofiltracji został dobrany w wyniku analizy ekonomicznej.

W sytuacji gdy istnieje konieczność dokładniejszego podczyszczenia cieczy, np. w celu zrzutu jej do sieci miejskiej lub nawet do stanu umożliwiającego odprowadzenie jej do wód gruntowych, istnieje możliwość pogłębienia stopnia filtracji. W kontekście osiągnięcia poziomów zanieczyszczeń zgodnych z normami, zwłaszcza eliminacji chlorków, sodu i innych soli, sugerowane jest zastosowanie nanofiltracji. Jednakże decyzja o wyborze mikrofiltracji nie była przypadkowa ze względu na możliwość ponownego wykorzystania retentatu, co wpisuje się w dążenie do zwiększenia efektywności instalacji. Zastosowanie nanofiltracji, pomimo możliwości eliminacji większości zanieczyszczeń, może generować koncentrat trudny do zawrócenia, co stanowi kolejne wyzwanie techniczno-ekonomiczne. W praktyce jedynym sensownym rozwiązaniem jest w tym przypadku poddanie kondensatu witrifikacji, czyli stapianiu w plazmie. Firma PFTechnology rozpoczęła już badania w tym zakresie.

Instalacja została zaprojektowana i skonstruowana w systemie modułowym, na ramie, w trzech połączonych segmentach (rys. 2). Takie rozwiązanie z założenia ma pozwolić na pełną mobilność, łatwość w podłączeniu i uruchomieniu w zakładzie klienta. Koncepcja tej zabudowy, umożliwiającej łatwy dostęp, a także ewentualną wymianę składowych instalacji, powstała w



Rys. 3. Porównanie próbek ścieków; ściek surowy (po lewej) i ściek po separatorze faz (po prawej)



Rys. 4. Porównanie próbek ścieków; ściek po filtracji membranowej (po lewej) i ściek po separatorze faz (po prawej)

toku prowadzonych badań mających na celu dobór optymalnej konfiguracji urządzeń. Zbudowany modułowy system pozwala na prowadzenie pełnoskalowych, długotrwałych testów u klientów, planujących poprawić efektywność pracy swoich zakładów.

ANALIZA PRACY INSTALACJI

Przeprowadzone w latach 2020–2023 badania umożliwiły firmie PFTechnology określenie skuteczności kilkietapowego procesu podczyszczania ścieków pochodzących z zakładu recyklingu. Co bardzo istotne, zaobserwowano bardzo dużą korelację między rodzajem i stopniem zabrudzenia przetwarzanego odpadu/materiału wsadowego w zakładzie recyklingu a stopniem za-

Tabela 2. Wyniki pomiarów suchej masy osadów

Numer próbki	Zawartość suchej masy w próbce, % mas.	
	osad denný	osad flotujący/pływający
1	20,58	30,62
2	15,15	32,77
3	19,25	36,53
Średnia	18,33	33,31

brudzenia ścieku surowego na wejściu do instalacji. Najbardziej wymagającym pod względem prowadzonego procesu był ściek z mycia folii pochodzenia rolniczego.

W kontekście oceny efektywności procesu oczyszczania analizowano próbki ścieków surowych ze strumienia głównego, ścieków podczyszczonych w separatorze faz oraz po filtracji membranowej. Wyniki badań zestawione w tabeli 1 odnoszą się do ścieków pochodzących z przerabiania różnych partii folii. Analiza wyników została skoncentrowana na kilku parametrach z naciskiem na poziom zawiesiny ogólnej (TSS), który jest istotnym wskaźnikiem jakości procesu oczyszczania. Porównanie próbek umożliwiło ocenę skuteczności podczyszczania ścieków surowych o dużej zmienności i dostarczyło informacji na temat efektywności całego systemu oczyszczania.

W odniesieniu do zawartości zawiesiny ogólnej udało się osiągnąć maksymalnie ok. 90-proc. redukcję po separatorze faz (rys. 3 i 4). Stosując dodatkowo mikrofiltrację, możliwe było doczyszczenie cieczy i uzyskanie stopnia zmniejszenia zawartości zawiesiny na poziomie ok. 99% w stosunku do ścieku surowego. Osiągnięcie tak wysrubowanych parametrów jest jednak

Tabela 1. Wybrane wyniki wykonanych analiz przy minimalnych dawkach koagulantów i flokulantów

Próbka	Analizowany ściek	Badany parametr				
		pH	zawiesina ogólna (TSS)		ChZT	
			[mg/L]	stopień redukcji [%]	[mg/L]	stopień redukcji [%]
Próbka 1 (z recyklingu czystej folii przemysłowej)	ściek surowy	7,7	207,6	-	262,3	-
	po separatorze faz	6,9	79,3	61,8	153,3	41,6
	po filtracji membranowej	7,2	22,7	89,1	54,8	64,3
Próbka 2 (z przerabianej folii transparentnej)	ściek surowy	6,9	811	-	1329	-
	po separatorze faz	6,8	180,7	77,7	218,3	83,6
	po filtracji membranowej	6,8	25,67	96,8	41,3	81,1
Próbka 3 (z przerabianego miksu folii)	ściek surowy	7,6	1170	-	961,0	-
	po separatorze faz	7,4	284,4	75,7	326	88,5
	po filtracji membranowej	7,3	21,6	98,2	63,5	80,5
Próbka 4 (mocno zabrudzona folia rolnicza)	ściek surowy	7,8	3200	-	919	-
	po separatorze faz	7,3	240	92,5	276	70,0
	po filtracji membranowej	7,4	27,6	99,0	76,1	72,4



Rys. 5. Osad flotujący w separatorze faz



Rys. 6. Osad odwodniony na prasie pierścieniowej

nieuzasadnione ekonomicznie, ponieważ powodowałoby to konieczność częstej wymiany membran. W celu zapewnienia trwałości membran nie powinno poddawać się oczyszczeniu cieczy o zawartości zawiesiny ogólnej większej niż 300 mg/L, ponieważ może to przyczynić się do ich zapychania. Dodatkowo filtrowana ciecz koniecznie musi być pozbawiona substancji zawierających oleje, smary lub inne tłuszcze.

Omawiana instalacja miała również za zadanie ograniczenie wytwarzania odpadów. W tym celu przebadano wydzielone osady, denne oraz pływający, pod kątem zawartości suchej masy po wyjściu z pras odwanających. Warto zaznaczyć, że właściwości masowe osadu pływającego były zbliżone do masy cieczy, co stanowiło nie lada wyzwanie, które zostało osiągnięte w wyniku zastosowania odpowiednio dobrego procesu odwodnienia. Średnia zawartość suchej masy uzyskanej podczas prowadzenia testów to 18,33 i 33,31% odpowiednio dla osadu dennego i flotującego (tabela 2). Przedstawione pomiary potwierdzają skuteczną pracę pras oraz dostarczają ważnych danych dotyczących zmniejszenia masy generowanych osadów, co przekłada się na zmniejszenie masy powstających odpadów (rys. 5 i 6).

PODSUMOWANIE

Recykling tworzyw polimerowych jest w dzisiejszych czasach procesem niezbędnym, co generuje konieczność poszukiwania efektywnych rozwiązań chroniących zasoby środowiskowe i ograniczania kosztownych sposobów ich realizacji. Rozwiązanie przedstawione przez PFTechnology związane z podczyszczaniem ścieków i ponownym ich wykorzystaniem w postaci wody technologicznej w procesach przemysłowych umożliwi znaczne zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych zakładów recyklingowych wraz z zachowaniem zasady zrównoważonego rozwoju. Zmniejszenie tych kosztów wiąże się bezpośrednio z ograniczeniem zużycia świeżej wody w procesie mycia płátka oraz ze zmniejszeniem ilości odpadów, głównie w postaci wydzielonych, odwodnionych osadów. W trakcie prowadzenia długotrwałych testów zaobserwowano dodatkowy i bardzo korzystny efekt zastosowania opracowanej technologii, a mianowicie eliminowanie nieprzyjemnych zapachów pochodzących ze ścieków powstałych w procesie przerabiania folii różnego pochodzenia. Firma PFTechnology w swoich badaniach potwierdziła możliwość całkowitego usunięcia odorów. Obecnie prowadzone są również testy mające na celu zastosowanie takiego rozwiązania w praktyce.

Podsumowując, zastosowanie innowacyjnej technologii opracowanej przez firmę PFTechnology umożliwi skuteczne rozwiązanie szeregu problemów nurtujących obecnie wiele zakładów z branży recyklingu tworzyw.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny” 2024, 103/1, s. 5-8.

Przedstawiona technologia została zrealizowana przez firmę PFTechnology Sp. z o.o. w ramach projektu nr POIR.01.01.01-00-0787/19 współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Inteligentny Rozwój. Projekt realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju: Szybka Ścieżka.

Poglądowa wizualizacja pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce



Polskie Elektrownie Jądrowe

Zaawansowane materiały polimerowe dla energetyki jądrowej

Wojciech Głuszewski

Poszukiwania tworzyw polimerowych dla energetyki jądrowej wniosły nieoczekiwanie istotny wkład do rozwoju technologii radiacyjnych. Początkowo uważano, że promieniowanie jonizujące powoduje wyłącznie degradację polimerów i w konsekwencji pogorszenie parametrów użytkowych wykonanych z nich wyrobów. W przypadku polietylenu ze zdziwieniem stwierdzono, że nawet bardzo duże dawki nie obniżały, a wprost przeciwnie polepszały jego właściwości. W ten sposób przypadkowo odkryto zjawisko radiacyjnego sieciowania polimerów.

Okazało się również, że przy obróbce radiacyjnej wiązania poprzeczne powstają w dowolnej temperaturze bez udziału innych dodatków, np. nadtlenków lub siarki. Tak więc modyfikować można uformowane już wyroby, łatwo kontrolując proces wielkością dawki (czasem napromieniowania). W atmosferze powietrza zjawiskiem konkurencyjnym do sieciowania jest postradiacyjne utlenianie. Poznanie mechanizmów oksydegradacji jest szczególnie istotne w kontekście wykorzystania polimerów w energetyce jądrowej i medycynie. Ze względu na wysokie standardy bezpieczeństwa wymagania techniczne i organizacyjne są w atomistyce porównywalne (niekiedy wyższe) z przemysłem

chemicznym, lotniczym lub kosmicznym. W przypadku krajowego przemysłu sprostanie tym wymaganiom może przyczynić się do technologicznego rozwoju wielu sektorów. Dotyczy to również produkcji i przetwórstwa odpornych na działanie promieniowania jonizującego tworzyw polimerowych [1]. Warto dodać, że w resorcie przemysłu powołano niedawno zespół ds. rozwoju energetyki jądrowej, którego zadaniem jest wspieranie ministra przemysłu w realizacji działań związanych z wdrażaniem energetyki jądrowej w Polsce oraz koordynacja współpracy z krajowymi podmiotami sektora jądrowego.

CHEMIA RADIACYJNA POLIMERÓW

Modyfikacja polimerów w celu polepszenia ich właściwości, a w szczególności stabilności, jest ważną poznawczo dziedziną badań naukowych. Wzrost odporności termicznej, fotochemicznej i mechanicznej można uzyskać poprzez radiacyjne sieciowanie. W tym kontekście badania radiolizy polimerów, z szczególnym uwzględnieniem pierwotnych zjawisk jonizacji, są przedmiotem wielu współczesnych prac. Chemia radiacyjna stała się obecnie dziedziną interdyscyplinarną, która wymaga zaangażowania, dodatkowo wiedzy z zakresy chemii fizycznej,

fizyki ciała stałego, technologii akceleratorowych oraz technik obliczeniowych.

Cechą charakterystyczną oddziaływania promieniowania jonizującego z materią jest zupełnie przypadkowa lokalizacja przekazywanej energii. Odróżnia to chemię radiacyjną od zjawisk obserwowanych w fotochemii, w której absorpcja kwantu następuje ściśle przez grupę chromoforową. Promieniowanie jonizujące nie ma możliwości wyboru rodzaju związku i odkładane jest we wszystkich składnikach w sposób proporcjonalny do ich zawartości (udziału elektronowego). Jako regułę należy więc przyjąć, że procesom radiacyjnym ulega przede wszystkim składnik główny - matryca, małe jest natomiast prawdopodobieństwo, że promieniowanie jonizujące w sposób bezpośredni zostanie pochłonięte w procentowo niewielkiej liczbie cząsteczek dodatków. Punktem wyjścia w chemii radiacyjnej (nie tylko zresztą ciał stałych) jest zrozumienie heterogeniczności na poziomie molekularnym, lokalizacji produktów radiolizy. Promieniowanie jonizujące wnikać do materiału, wywołuje kaskadę elektronów wtórnych, które powodują początkowo proste jonizacje w dużej odległości jedno od drugiego, nazywane gniazdami jednojonizacyjnymi. W miarę jak elektrony ulegają degradacji energetycznej, odległości między jonizacjami zaczynają się zmniejszać. Kończąc swój bieg, elektrony powodują tak duże lokale nagromadzenie energii w niewielkiej strefie, że stwarza to zupełnie nową sytuację z punktu widzenia zachodzących w materiale procesów chemicznych. W wyniku działania promieniowania jonizującego uzyskujemy w materiale całe widmo uszkodzeń radiacyjnych o różnej wielkości odłożonej energii. Stąd mnogość procesów chemicznych mogących przebiegać w następstwie procesów pierwotnych jest teoretycznie bardzo duża. Chemia radiacyjna polimerów jest interesująca poznawczo również ze względu na specyficzny, łańcuchowy mechanizm postradiacyjnej oksydegradacji. Pierwotne zjawiska inicjowane promieniowaniem zachodzą z małą energią aktywacji, jednak wtórne procesy, zwłaszcza te na powierzchni, wykazują różną zależność od temperatury pokojowej i kriogenicznej. Przemiany spowodowane promieniowaniem jonizującym idą najdalej ze wszystkich przemian wywołanych czynnikami zewnętrznymi (poza destrukcją termiczną) [2, 3].

SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

W wyniku działania promieniowania jonizującego na węglowodorowe polimery następuje oderwanie atomu wodoru i utworzenie wolnego rodnika. Zjawiska te odgrywają kluczową rolę w procesach sieciowania, utleniania i tworzenia wiązań podwójnych. W przypadku składowania radionuklidów razem z tworzywami polimerowymi musimy się liczyć ze wzrostem stężenia H_2 w powietrzu. Zjawisko to w kontekście potencjalnego zagrożenia wybuchem badano w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej na zlecenie Los Alamos National Laboratory. Paradoksalnie pracujący nad bronią jądrową instytut nie posiadał źródła promieniowania jonizującego o mocy dawki, która symulowałaby zjawiska zachodzące w zakładanym okresie 10 000 lat. Wykorzystano dla tych celów wiązkę prostą elektronów przyspieszaną w akceleratorze LAE 13/9 (13 MeV, 9 kW). Wyniki takich badań są interesujące także dla radiacyjnych technologii modyfikacji polimerów.

W badaniach chromatograficznych niejako przy okazji oznaczano także wydajność pochłanianego przez polimer tlenu. Wartości GH_2 i GO_2 służą do wstępnej oceny podatności polimeru na sieciowanie. Z punktu widzenia oczekiwanych modyfikacji najlepiej wybrać polimer, który ma wysoką wydajność wodoru (duża liczba makrorodników) i relatywnie małą ilość absorbowanego tlenu. Do badania odporności radiacyjnej przy bardzo dużych dawkach



Fot. 1. Akceleratorowa instalacja do radiacyjnego sieciowania izolacji przewodów elektrycznych w IChTJ

można wykorzystać promieniowania rozproszonych elektronów i hamowania wokół przemysłowych akceleratorów. Wymagało to opracowania dozymetrów do oceny dawki do 300 kGy [4].

MODYFIKACJA ELASTOMERÓW

Z przemysłowymi zastosowaniami radiacyjnej modyfikacji elastomerów wiąże się od lat duże nadzieje. W unikatowy sposób stosuje się je obecnie jedynie do podsieciowania elementów kordów w produkcji opon samochodowych. Technologie wykorzystujące wiązki elektronów rozwijane są w Japonii i USA. W naszym kraju prowadzono np. badania nad modyfikacją uwodornionego kauczuku akrylonitrylowego butadienowego i elastomeru Engage. Połączenie obróbki radiacyjnej z tradycyjnym sieciowaniem z użyciem nadtlenu lub związków siarki dało bardzo dobre rezultaty. Obróbka radiacyjna dzięki łatwiej kontroli dostarczonej dawki jest doskonałym sposobem korekty do założonych parametrów właściwości gotowych już wyrobów, np. uszczeltek lub kompozytowych materiałów na elementy hamulcowe w trakcjach kolejowych.

MODYFIKACJA KABLI I PRZEWODÓW

Jednym z praktycznych zastosowań chemicznych zjawisk inicjowanych promieniowaniem jonizującym jest obecnie korzystna modyfikacja izolacji kabli i przewodów elektrycznych. Wyroby z sieciowanego polietylenu mają własności elektryczne równie dobre jak polietylen naturalny, wykazując równocześnie większą odporność na temperaturę, wyższą odporność na tlen, ozon, promieniowanie UV oraz większą odporność chemiczną na działanie kwasów, zasad i rozpuszczalników organicznych, w tym smarów i olejów. Wyroby te nie mają tendencji do pęknięcia pod wpływem naprężeń i środowisk ciekłych. Nowa generacja kabli z izolacją wykonaną z usieciowanego polimeru jest produktem przyjaznym dla środowiska, nie zawiera w swoim składzie chlorowców ani plastifikatorów, a zatem nie stwarza takiego zagrożenia, jak produkcja PVC.

Unikatowe zalety technik radiacyjnych doprowadziły w połowie lat 50. ubiegłego wieku do rozwoju technologii akceleratorowych. Po raz pierwszy zjawisko radiacyjnej modyfikacji kabli pod koniec lat 50. zastosowała firma Raytherm Wier and Cable. Obecnie

proceed się badania naukowe nad nowymi rodzajami tworzyw z zastosowaniem coraz doskonalszych rozwiązań w technologiach akceleratorowych.

KOMPOZYTY W OCHRONIE RADIOLOGICZNEJ

Wiedzę z zakresu chemii radiacyjnej polimerów można wykorzystać do opracowania i produkcji kompozytów z dodatkiem: żelaza, wolframu, bizmutu lub barytu, które powinny zastąpić w ochronie radiologicznej toksyczny ołów. Nowe generacje materiałów barierowych dla różnych rodzajów promieniowań jonizujących (w tym neutronów) mają szansę być wykorzystane w ośrodkach badań jądrowych, składowiskach odpadów promieniotwórczych, elektrowniach jądrowych, zakładach z cyklem paliwa jądrowego, zakładach medycyny nuklearnej oraz instytutach badawczych. Już obecnie na bazie matrycy epoksydowej wykonuje się: pokrywy ochronne, tynki do wzmacniania ścian, narzuty ochronne stosowane podczas likwidacji radioaktywnych obiektów, osłony strzykawek, pudełka na rękawice, osłony tymczasowe itd. Na rynku są dostępne radiologiczne fartuchy ochronne z kompozytu polimer krzemooorganiczny/bizmut. Płynnymi twardniejącymi pod wpływem dodatków żywicami dwuskładnikowymi można stabilizować, pochłaniać, obudowywać i magazynować odpady jądrowe. Warstwa nakładana podobnie jak farba stosowana jest w przypadku ochrony korozyjnej metalowych walczków zawierających materiały radioaktywne. Nowe tworzywa polimerowe w porównaniu z tradycyjnymi materiałami ochronnymi są: nietoksyczne, elastyczne w zastosowaniu, stabilne cieplnie, podlegają recyklingowi, umożliwiają łatwe odkażanie, są odporne na korozję.

RECYKLING

Aktualnym tematem jest recykling tworzyw polimerowych, powstających jako odpad w trakcie likwidacji obiektów jądrowych. Szacuje się, że jedna jednostka elektrowni jądrowej wymaga około 1500 km kabli i przewodów, które nie są wymieniane w czasie eksploatacji reaktora (w założeniu ponad 60 lat). Jeżeli izolacje były sieciowane, to tworzywa takie nie nadają się do powtórnego przetwórstwa. Otwartym jest zatem temat wykorzystania zużytych izolacji, np. jako dodatków do asfaltu lub betonu. Zaletą radiacyjnej modyfikacji jest zwiększenie liczby grup karbonylowych na powierzchni polimeru, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia kompatybilności dodatku z betonem. Rośnie w ten sposób powinowactwo dodatku drugiej fazy (polimeru) do betonu.

RADIACYJNE SZCZEPLENIE

Szczepienie radiacyjne stanowi skuteczne narzędzie modyfikacji powierzchni materiałów polimerowych dedykowanych wybranym zastosowaniom. Między innymi można otrzymać w ten sposób materiały do selektywnego usuwania wybranych substancji (zanieczyszczeń, jonów metali ciężkich, toksycznych substancji itp.). Przykładowo absorbenty w formie splecionych włókien pozwalają na odzysk uranu z wody morskiej z wydajnością 1,5 kg na kilogram tworzywa sztucznego. Można dodać, że poprzez szczepienie produkuje się obecnie również membrany dla baterii alkalicznych i ogniw paliwowych.

WAŁKI DYLATACYJNE

Kordy dylatacyjne stosuje się przy wylewaniu mas na zimno i na gorąco. Przerwy technologiczne zabezpieczają konstrukcje nawierzchni betonowych i bitumicznych przed skurczem w zmienionych temperaturach a w konsekwencji przed powstawaniem rys i pęknięć. Główne obszary zastosowań kordów to budownictwo drogowe, mostowe, lotniskowe. Uszczelniające profile w formie

sznurów są wykonywane z polietylenowych pianek. W przypadku nawierzchni asfaltowych podpierające wałki muszą w określonym czasie (około 10 minut) wytrzymać temperatury do 220°C. Ponadto powinny być: odporne na ściskanie, elastyczne, nienasiąkliwe, o zamkniętych porach, odporne na większość środków chemicznych, chemicznie obojętne. Radiacyjne sieciowanie komercyjnych komórkowych tworzyw z PE pozwala uzyskać założone parametry.

PODSUMOWANIE

Zagadnienia zastosowania tworzyw sztucznych w energetyce jądrowej są przedmiotem badań chemii radiacyjnej polimerów. Polskie doświadczenia i dorobek badawczy w tej dziedzinie są znaczące w skali światowej. Instytuty naukowe dysponują źródłami promieniowania jonizującego i dużą wiedzą w zakresie badań radiolizy polimerów. Istnieją więc warunki do interdyscyplinarnej współpracy z przemysłem tworzyw sztucznych. Szczególne znaczenie ma technika radiacyjnego sieciowania kabli do zastosowań specjalnych. Jest to unikatowa metoda podnoszenia parametrów technicznych kabli, takich jak: niskotopliwość, niepalność, izolacyjność, odporność na stres mechaniczny i degradację. Można dodać, że systemy bezpieczeństwa elektrowni, a w szczególności elektrowni jądrowych, opierają się na niskonapięciowych kablach zasilających i sterowniczych. Wewnątrz zamkniętych pomieszczeń pracują one w trudnych warunkach poddane działaniu promieniowania gamma.

Równolegle do badań chemicznych trwają prace nad konstrukcją akceleratorów o mocy wiązki elektronów sięgającej MW (zastosowanie do ochrony środowiska) oraz budową zwartych urządzeń charakteryzujących się niską energią, przeznaczonych do obróbki powierzchniowej. Kontynuowane są badania mające na celu zwiększenie sprawności elektrycznej akceleratorów, obniżenie ich ceny oraz podniesienie niezawodności. Wymienione działania mają w założeniach zwiększyć ekonomiczną efektywność procesów radiacyjnych.

Doświadczenia nad radiacyjnym sieciowaniem wykorzystuje się w produkcji i modyfikacji opakowań, hydrożeli, muf termokurczliwych itd. Bada się również kwestie kompatybilizacji wyrobów polimerowych z powłokami lakierniczymi oraz możliwości radiacyjnego recyklingu. Poprzez obróbkę radiacyjną otrzymuje się wyroby polimerowe charakteryzujące się podwyższonymi parametrami technicznymi, pamięcią kształtu, termokurczliwością, aktywnością powierzchniową, usieciowaniem itd. Instytut Chemii i Techniki Jądrowej oferuje współpracę we wdrażaniu technik radiacyjnych w ramach centrum INCT RAPID. W ofercie są zarówno źródła promieniowania jonizującego, jak i metody analityczne.

LITERATURA

- [1] W. Głuszewski, Efekty ochronne w radiolizie naturalnych i syntetycznych polimerów, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, 2022, 1, 123, 22-26.
- [2] W. Głuszewski, Radioliza biodegradowalnych materiałów komórkowych PLA/PCL, Wyroby Medyczne, 2023, 1, 28-31.
- [3] W. Głuszewski, Zastosowania radiolizy polimerów w energetyce, Nowa Energia, 2022, 1, 49 – 51.
- [4] W. Głuszewski, Zastosowanie spektroskopii odbiciowej w zakresie ultrafioletowym i widzialnym DRS (UV-VIS) w dozymetrii dużych dawek promieniowania jonizującego, Biuletyn Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, 2024, 4, 51-56.

dr inż. Wojciech Głuszewski

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej

Czy Europa znajdzie miejsce dla tworzyw sztucznych w zrównoważonej i konkurencyjnej gospodarce?

Plastics Industry Meeting 2024

Według ścieżki obranej przez Unię Europejską, zrównoważona gospodarka ma zagwarantować Europie konkurencyjność na tle świata. Czy w tym modelu jest miejsce dla tworzyw sztucznych? Jak wynika z dyskusji prowadzonych podczas XVII edycji Plastics Industry Meeting, tworzywa sztuczne nie tylko mają tam swoje miejsce, ale stanowią niezbędny element cyrkularnej i zeroemisyjnej transformacji większości strategicznych sektorów europejskiej gospodarki. Pozostaje pytanie, jak zapewnić ich konkurencyjność, niezbędną do umożliwienia tej transformacji.

WZROST INWESTYCJI DOPIERO OD PRZYSZŁEGO ROKU

Konferencję rozpoczęło wystąpienie Ernesta Pytlarczyka, głównego ekonomisty Banku Pekao S.A., który wskazał wyzwania, z którymi wciąż mierzy się polska gospodarka, ale także tendencje napawające optymizmem. Chociaż w bieżącym roku inwestycje wciąż radzą sobie słabo, to od przyszłego roku prognozowany jest ich skokowy przyrost.

CYRKULARNOŚĆ ROŚNIE, ALE WYZWANIA WCIAŻ POZOSTAJĄ

W części poświęconej aktualnej sytuacji branży tworzyw sztucznych Umberto Credali (Basell Orlen Polyolefins, Fundacja PlasticsEurope Polska), komentując udział europejskiej produkcji w produkcji światowej, podkreślił dobry wynik Europy pod względem udziału tworzyw cyrkularnych, w tym biopochodnych. Jednocześnie przypomniał, że dynamika produkcji wyrobów z gumy i tworzyw sztucznych w Polsce jest na wyższym poziomie od średniej europejskiej. Tadeusz Nowicki (Grupa Ergis, PZPTS) zwrócił uwagę na konieczność brania pod uwagę nominalnych wyników polskiego przetwórstwa, które to odzwierciedlają faktyczną, wciąż niełatwą sytuację branży, która stoi przed nowym wyzwaniem związanym w rozporządzeniem PPWR.

ZACHOWANIE KONKURENCYJNOŚCI W ZRÓWNOWAŻONEJ GOSPODARCE

We wprowadzeniu do pierwszego panelu dyskusyjnego Jimena Canda (Dow) przedstawiła cyrkularność jako kluczowy element dekarbonizacji. Wśród najważniejszych narzędzi do jej osiągnięcia wymieniła recykling mechaniczny, recykling chemiczny, tworzywa biopochodne oraz środowisko legislacyjne, które powinno kreować popyt na cyrkularne rozwiązania. Paneliści w dyskusji moderowanej przez Piotra Hajdeckiego (Business Finland) skoncentrowali się natomiast na spadku konkurencyjności Europy. Według Antonino Furfarięgo (Plastics Recyclers Europe) cyrkularność sama w sobie nie przyczyni się do wzmocnienia europejskiej branży, dopóki nie rozwiążemy pilniejszych, podstawowych problemów, z jakimi boryka się branża. Chociażby takich jak wysokie ceny energii. Joanna Kulczycka (PAN) zwróciła uwagę, że rozwijanie cyrkularności, oprócz poszczególnych narzędzi, wymaga zbudowania nadrzędnego cyrkularnego modelu biznesowego. Bernard Merckx (European Plastics Converters) przekonywał, że mimo tego jak innowacyjną branżą jest branża tworzyw sztucz-

nych, to zostaliśmy w tyle za legislacją, podczas gdy to przemysł powinien grać wiodącą rolę i prezentować legislatorowi gotowe, dobre praktyki i opracowane rozwiązania. Virginia Janssens (Plastics Europe) podkreśliła, że wobec spadku udziału Europy w światowej produkcji tworzyw do 14% w 2022 roku (z 28% w 2002 r.), zrównoważenie braku globalnej konkurencyjności będącego w trakcie transformacji europejskiego łańcucha tworzyw sztucznych wymaga więcej bodźców ekonomicznych, zwiększających popyt rynkowy na tworzywa cyrkularne. Dodatkowo musimy częściej zabierać głos jako zjednoczony łańcuch wartości i domagać się woli politycznej i zmiany nastawienia decydentów i polityków, aby aktywnie wspierać zrównoważony przemysł tworzyw w Europie, który ma kluczowe znaczenie dla naszej gospodarki i niezależności UE w strategicznych obszarach.

FUNDAMENTALNA ROLA TWORZYW SZTUCZNYCH W WIELU BRANŻACH

Jakub Saffjański (Konfederacja Lewiatan) we wprowadzeniu do drugiego panelu dyskusyjnego zasygnalizował stagnację w rozwoju gospodarki obiegu zamkniętego – w roku 2023 tylko 7,2% światowej gospodarki miało charakter cyrkularny, co stanowi wynik słabszy niż w roku ubiegłym. Przedstawił także przegląd najważniejszych zmian prawnych dotyczących branży tworzyw. W odniesieniu do tego wstępu uczestnicy debaty moderowanej przez Annę Kozere-Szałkowską (Fundacja PlasticsEurope Polska) i Roberta Szymań (Polski Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych) dyskutowali o roli tworzyw sztucznych w sektorach motoryzacyjnym, budowlanym i opakowaniowym. Wszyscy zgodzili się co do fundamentalnej roli tworzyw w ich branżach. Bartłomiej Baudler (Primo Profile) zwrócił uwagę na zbyt skomplikowany charakter europejskiej legislacji, wymagający ogromnych nakładów firm na to jedynie, aby ją śledzić i rozumieć, co jest szczególnym wyzwaniem dla mniejszych i średnich przedsiębiorstw. Marek Kapłucha (Ergis) dodał, że w obecnym procesie tworzenia nowej legislacji regulującej kwestie związane z tworzywami w branży opakowaniowej brakuje konsultacji z biznesem – praktykami, którzy mają najlepszy wgląd w realne możliwości późniejszego wdrożenia tych regulacji. Jakub Faryś (Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego) zaznaczył, że problemy z recyklingiem w branży motoryzacyjnej wynikają ze specyfiki polskiego rynku i ogromnego udziału tzw. szarej strefy w zagospodarowywaniu odpadów. Krzysztof Nowosielski (ML Polyolefins), reprezentujący recyklerów, zaznaczył natomiast, że cyrkularność nie pełni w Europie funkcji napędzającej gospodarkę. Dopóki nie spełni tego warunku, Europa będzie zbyt słaba, aby konkurować na rynku światowym i kontynuować swoją zieloną transformację.

Organizatorami Plastics Industry Meeting są Fundacja Plastics Europe Polska i Polski Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych. Partnerami tegorocznego wydarzenia były firmy Basell Orlen Polyolefins oraz Dow Polska.

Fundacja PlasticsEurope Polska

Konferencja PLASTINVENT'2024

W dniach 3-4 października w Zakopanem (Resort Nosalowy Dwór) odbyła się Konferencja PLASTINVENT'2024 – będąca jedną z najważniejszych konferencji dedykowanych branży przetwórstwa tworzyw sztucznych w Polsce.

To już 16. edycja tego przedsięwzięcia, którego organizatorami od samego początku są firmy: PLASTIGO, SYNVENTIVE Molding Solutions oraz Serwis Internetowy WWW.TWORZYWA.PL.

Spotkanie, jako jedno z największych wydarzeń na krajowej mapie eventów branżowych, jak zwykle umożliwiło zapoznanie się z najnowszymi osiągnięciami w dziedzinach technologii przetwórstwa, inżynierii materiałowej oraz wynikami badań i wdrożeniami rozwiązaniami przemysłowymi.

– Ciągłe i nieustannie szukamy nowych formuł naszych spotkań opartych o oczekiwania naszych gości, dostosowując je do zmieniających się realiów biznesowych – mówi Jacek SZCZERBA, reprezentujący organizatorów wydarzenia. Jesteśmy przekonani, że jako branża tworzymy wyjątkowe grono ludzi świadomie kształtujących przyszłość kolejnych pokoleń. Stąd właśnie bie-



rze się niezwykle istotna rola takich spotkań, a moje ogromne zadowolenie powoduje fakt, że w gronie prelegentów pojawia się coraz więcej przedstawicieli wtryskowni i zakładów produkcyjnych (w tym roku były to m.in.: MECALIT, ROSTI Poland oraz SIEROŚLAWSKI Group – przyp. red.). Najważniejszą częścią każdego wydarzenia są ludzie... a dzięki wszystkim uczestnikom możliwym staje się wytworzenie odpowiedniej atmosfery.

– Wszyscy jesteśmy tak różni, inni i niepowtarzalni. Ale czy może być coś piękniejszego niż spotkać dwieście bratnich branżowych dusz, stęsknionych i spragnionych swojego towarzystwa, wymiany poglądów, prezentacji rozwiązań oraz niekończących się dyskusji i rozmów? Każdy z nas doskonale zna odpowiedź na tak zadane pytanie... Konferencje Techniczne wbrew pozorom niosą ze sobą ogromny ładunek dobrze rozumianego ludzkiego PR-u i osobowościowego mix-marketingu, stanowiącego idealne podłoże do prawidłowego funkcjonowania w każdej branży – dodaje. Dziękujemy i do zobaczenia za rok w Wiśle (CRYSTAL MOUNTAIN 1/2-3.X.2025 r.)!

Jednym z Gości Specjalnych Konferencji była dr inż. Barbara ZAWIDLAK-WĘGRZYŃSKA, kierownik Katedry Wydziału Nauk Medycznych im. prof. Zbigniewa Religi Akademii Śląskiej w Zabrze. Realizowana przez nią działalność badawcza koncentruje się wokół dwóch zasadniczych nurtów dotyczących biogodności oraz możliwości zastosowania nowo zaprojektowanych i otrzymanych materiałów w zastosowaniach medycznych, oraz zastosowania materiałów biodegradowalnych zarówno w medycynie, jak i życiu codziennym.

Jacek Szcerba, Tworzywa.pl



tworzywa.pl



RAZEM
TWORZYMYS
TEN **ŚWIAT**

BĄDŹMY

ambasadorami
tworzyw sztucznych
w codziennym życiu

Wesołych Świąt!

Dziękując Państwu serdecznie
za wybór naszego czasopisma,
pragniemy złożyć życzenia:
ciepłych i rodzinnych
Świąt Bożego Narodzenia.
Kolejny zaś Nowy Rok 2025
niech będzie czasem pokoju
oraz realizacji osobistych
i zawodowych zamierzeń

życzy Redakcja

Tworzywa Sztuczne
Przemysłe

