

Tworzywa Sztuczne Przemysłu

ISSN 2082-6877

DWUMIESIĘCZNIK

REKLAMA

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.

No.1 in Global Hot Runner System



SPIS TREŚCI

MARZEC/KWIECIEŃ 2024 r.

Tworzywa Sztuczne
Przemysle

www.tworzywasztuczne.biz

FORMY WTRYSKOWE, CZYSZCZENIE, KONSERWACJA

- F 3** Bezprzewodowe liczniki cykli
- N 6** Formy wtryskowe: regeneracja, naprawa czy uszlachetnianie?
- F 10** Jak dbać o optymalną wydajność układu chłodzenia formy wtryskowej?
- 11** Formy wtryskowe i rozwiązania do form – zestawienie wybranych firm
- F 15** Maksymalna wydajność dzięki standaryzacji opraw wykrojników
- F 16** Procedura zawieszania i montażu formy wtryskowej

WYTŁACZARKI, WYTŁACZANIE, TWORZYWA DO WYTŁACZANIA

- F 19** Współpraca z Extruder Experts
- F 20** Przekładnie ROSSI – sprawdzone rozwiązania do napędu wytłaczarek
- N 22** Wpływ warunków wytłaczania na właściwości mechaniczne i termiczne polietylenu z dodatkiem bentonitu modyfikowanego N-nonylocholiną
- N 26** Właściwości fizykomechaniczne wytłaczanego PVC modyfikowanego mikrosferami polimerowymi z czynnikiem porującym
- N 32** Doświadczalne badania kompensatorów kształtowych w instalacjach grzewczych wykonywanych z chlorowanego polichlorku winylu CPVC
- F 36** Urządzenia peryferyjne Mconvey

PORADNIK PRZETWÓRSTWA TWORZYW

- F 39** Bezpiecznie i stabilnie: Jak chronić swoje finanse przed wahaniami cen energii elektrycznej?
- F 40** Najistotniejsza jest precyzja
- F 41** Wytłaczarki Laboratoryjne firmy Ekochem z Głogowa w Przetwórstwie Tworzyw Sztucznych
- N 42** Siła zamykania w procesie wtrysku
- N 48** Wybrane cechy geometryczne i wskaźniki wytrzymałościowe elementów wykonanych metodą modelowania uplastycznionym tworzywem
- F 57** Jak skutecznie współpracować między firmami? Nowa generacja współpracy

RECYKLING

- F 58** Sukces oparty na strategii recyklingu i wielokrotnego wykorzystania surowców jest możliwy
- N 61** Metody recyklingu odpadów z polistyrenu i potencjalne możliwości jego ponownego zastosowania
- F 67** Poprawiona wydajność zakładu
- N 68** Termiczne właściwości odpadowych tworzyw sztucznych

WYDARZENIA BRANŻOWE

- 72** Światowe trendy na Targach INNOFORM® w Bydgoszczy
- F 74** Piękno jako inwestycja: synteza sztuki i przemysłu w wizji Magdaleny i Adama Laabs
- 75** Kto zostanie Omniplastem 2024?

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

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

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

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.

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 dostępny jest 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

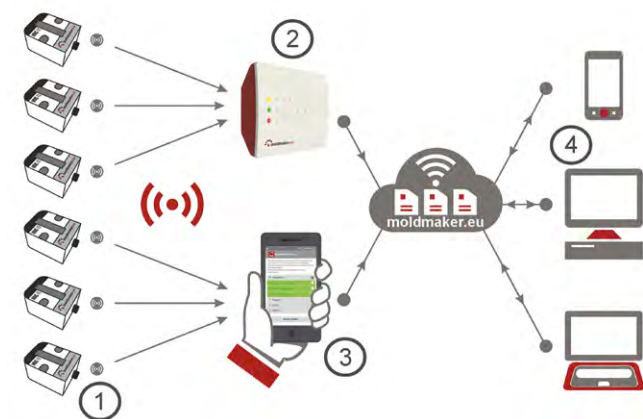
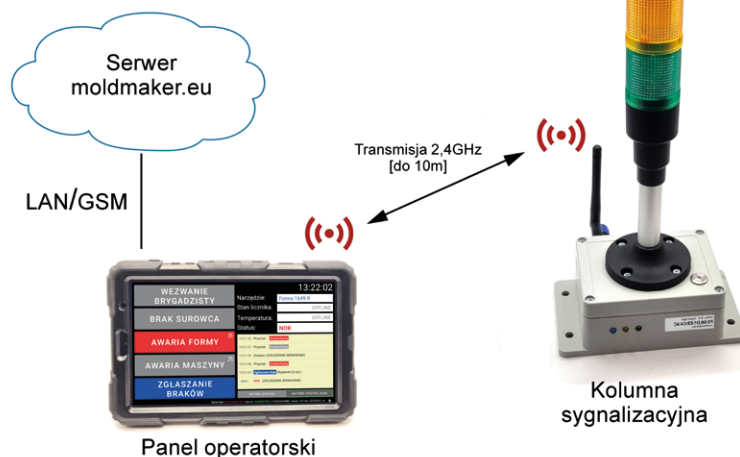


maszyny lub formy, brak surowca, wzywa brygadzystę itp. Możliwe zdarzenia konfiguruje się w zależności od potrzeb firmy. Najważniejsza funkcja paneli operatorskich to zgłaszanie braków produkcyjnych, co pozwala na kontrolę i rejestrowanie przyczyn ich powstawania.

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

Kolumna sygnalizacyjna wizualizuje aktualny status narzędzia w systemie.



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.

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.

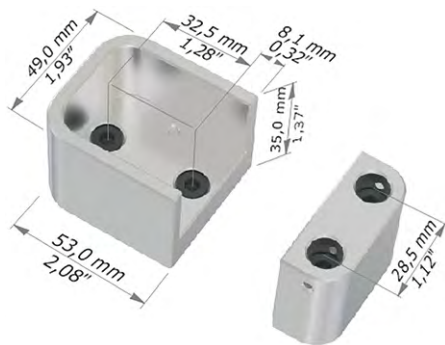
Liczniki wysokotemperaturowe to: MMC-12 HT do 150°C przewidziane do form grzanych olejowo oraz MMC-12 UHT do 205°C



Licznik MMC-11STD



Licznik MMC-12HT



Obudowa ochronna

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

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

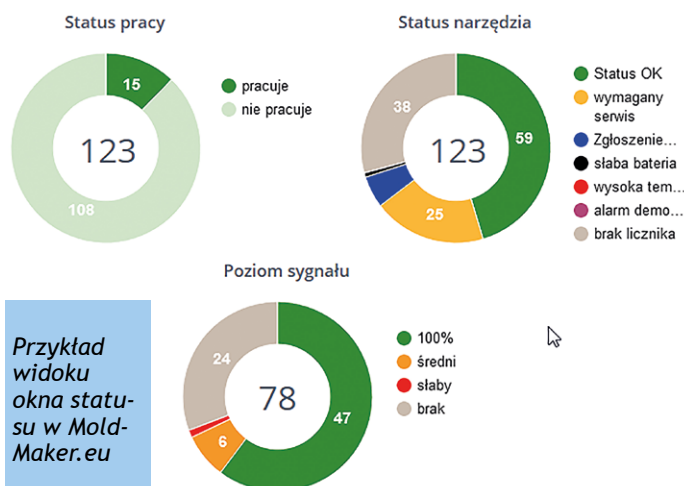
APLIKACJA SMARTFONOWA MOLDMAKER SCAN

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.

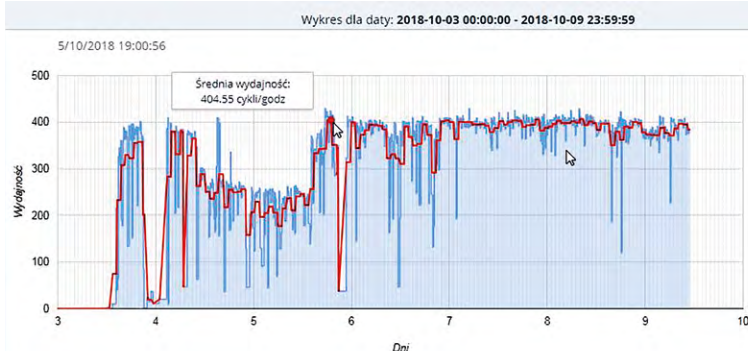
SERWIS INTERNETOWY [HTTPS://MOLDMAKER.EU](https://moldmaker.eu)

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 widoku okna statusu w Mold-Maker.eu



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>



DTM SYSTEM NARZĘDZIOWNIA I WTRYSKOWNIA

– ROZWIJAJ KOMPLEKSOWO Z NAMI SWOJE PROJEKTY!

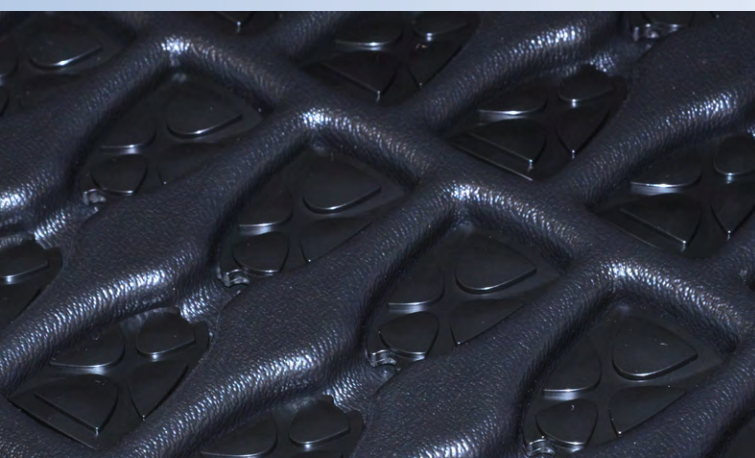
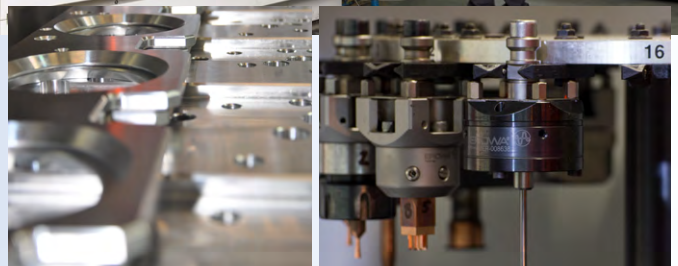
1. KOMPLEKSOWE WYTWARZANIE:

- ❖ FORM WTRYSKOWYCH
- ❖ ELEMENTÓW FORM
- ❖ PRZYRZĄDÓW
- ❖ WYKROJNIKÓW
- ❖ INNYCH ELEMENTÓW NA PODSTAWIE DOKUMENTACJI KLIENTA

2. PRODUKCJA DETALI Z TWORZYW SZTUCZNYCH

- ❖ Z WŁASNYCH FORM
- ❖ Z FORM KLIENTA

3. JESTEŚMY KOOPERATOREM DLA WIELU FIRM W ZAKRESIE OBRÓBK I PRODUKCJI DETALI Z TWORZYW SZTUCZNYCH



4. MAMY DOŚWIADCZENIE W WYKONYWANIU FORM WTRYSKOWYCH DLA PRZEMYSŁU:

- ❖ KOSMETYCZNEGO
- ❖ AUTOMOTIVE
- ❖ ELEKTRONICZNEGO
- ❖ I WIELE INNYCH RÓWNIE CIEKAWYCH TECHNICZNIE

5. POSIADAMY:

- ❖ NOWOCZESNY PARK MASZYNOWY, KTÓRY POZWALA WYKONAĆ WYMAGAJĄCE ZAMÓWIENIA
- ❖ WYSOCE WYKWALIFIKOWANYCH INŻYNIERÓW I OPERATORÓW MASZYN, KTÓRZY REALIZUJĄ ZLECENIA Z WYKORZYSTANIEM PERFEKCYJNEJ MYŚLI TECHNOLOGICZNEJ.

6. CECHUJEMY SIĘ WYSOKĄ JAKOŚCIĄ PRACY I WPROWADZANIEM INNOWACYJNYCH ROZWIĄZAŃ

Wiemy, że szukasz właśnie nas!

dtm
SYSTEM

DTM System Daniel Kujawski
85-758 Bydgoszcz, ul. Przemysłowa 34
tel. 693 000 110, 725 098 563

Formy wtryskowe: regeneracja, naprawa czy uszlachetnianie?

Marta Lenartowicz-Klik

Najprawdopodobniej każdy z nas jest w posiadaniu patelni z teflonu. Dlaczego teflon zrobił tak oszałamiającą karierę? Bo do takiej patelni po prostu nic nie przywiera. Wyjaśnienie tego zjawiska tkwi w budowie cząsteczki PTFE – długie łańcuchy atomów węgla związane są z atomami fluoru, których wiązanie jest tak mocne, że nie pozwala już na wiązanie się z innymi atomami.

Dzisiaj inżynierią powierzchni zajmują się doskonale, wyspecjalizowani naukowcy, a nauka o powłokach ma związek praktycznie z każdą gałęzią przemysłu. Nie omija również branży „tworzywoców”, gdyż z jednej strony pokrywamy powłokami/tworzywami narzędzia do przetwórstwa, a z drugiej – same tworzywa sztuczne. W przypadku formowania wtryskowego powłoki odgrywają szczególną rolę w odniesieniu do niezwykle istotnego elementu, jakim jest forma wtryskowa.

Forma jest złożonym narzędziem, które musi równocześnie poddać wielu różnym wymaganiom występującym w procesie wtryskiwania tworzyw. Jej podstawową funkcją jest umożliwienie wypełnienia płynnym tworzywem gniazd formujących i uformowanie wyrobu, który odzwierciedla kształt gniazd formujących. Forma wtryskowa musi również efektywnie i równomiernie odprowadzać ciepło od gorącego płynnego tworzywa oraz umożliwiać usuwanie wyprasek w szybki i powtarzalny sposób.

Formy, wykonane ze stali, stały się integralną i nieodzowną częścią przemysłu tworzyw sztucznych. Ich wykorzystanie usprawnia i przyspiesza prace na linii produkcyjnej, gwarantując niezawodny efekt. Z drugiej strony oznacza to, że formy wtryskowe poddawane są intensywnemu użytkowaniu, narażającemu je na znaczne obciążenie. Eksploatacja urządzeń doprowadza, wcześniej czy później, do wyraźnego ich zużycia oraz uszkodzeń. Bardzo często pierwsze defekty są trudne do zauważenia, a o ich obecności często świadczy pogarszająca się jakość wyprasek.

NAPRAWA FORM KROK PO KROKU

Jak każdy wyrób, tak i forma wtryskowa podczas użytkowania od czasu do czasu wymaga regeneracji bądź też odpowiednich napraw. Formy wtryskowe ulegają uszkodzeniom mechanicznym oraz zużyciu na skutek nie tylko nadmiernej, ale nawet zrównoważonej eksploatacji. Naprawa form wtryskowych obejmuje usuwanie różnych usterek, które w efekcie utrudniają lub całkowicie uniemożliwiają korzystanie z urządzenia. Najczęstsze uszkodzenia to drobne zarysowania, znaczące ubytki i wykruszenia mostków oraz żeber. Dochodzi do nich w wyniku awarii mechanicznych, np. zablokowania się mechanizmu czy kolizji elementów, ale także naturalnych procesów związanych ze zużyciem materiału np. przez następujące z czasem ścieranie się powierzchni, powodujące że detale gotowego wyrobu stają się znacznie mniej dokładne i nie zachowują wymagań co do rozmiarów i jakości. Istnieją dwa wyjścia z tej sytuacji: regeneracja formy wtryskowej albo kosztowna wymiana uszkodzonego elementu.

NA CZYM POLEGA PROCES REGENERACJI?

Proces naprawy form wtryskowych polega na ocenie stopnia zużycia formy wtryskowej, ustaleniu zakresu regeneracji, wytypowaniu usterek i ubytków w formie, a następnie uruchomieniu prac regeneracyjnych. W wielu przypadkach forma zostaje przekazana do działu analiz i badań, w którym przeprowadza się za pomocą różnego rodzaju maszyn i innych urządzeń ocenę elementów lub fragmentów, które uległy uszkodzeniu. Należy pamiętać, że czasami wad form nie widać gołym okiem i konieczna może być obserwacja mikroskopowa. Po ocenie, że dana forma nadaje się do naprawy, trafia ona do narzędziowni. Następnie narzędzie jest przekazywane do działu produkcji w celu sprawdzenia, czy wszystkie naprawy, jakie zostały wykonane, dały pozytywny rezultat. Na końcu przeprowadzane są testy, które pozwalają ostatecznie stwierdzić, czy forma nadaje się do tego, aby stosować ją podczas produkcji. Skuteczna regeneracja form wtryskowych wymaga dużego doświadczenia oraz dysponowania odpowiednim sprzętem gwarantującym zarówno wysoką jakość napawania, jak i późniejszej obróbki mechanicznej. Ważne, by w czasie naprawy nie dochodziło do powstawania porów, przepaleń czy innych zmian struktury metalu, które mogą przełożyć się na jego trwałość. Równie istotna jest precyzja obróbki skrawaniem oraz wykańczanie powierzchni.

NAPAWANIE

Jednym ze sposobów regeneracji formy wtryskowej jest uzupełnienie ewentualnych ubytków materiału, z jakiego jest wykonana i przywrócenie całemu elementowi właściwej geometrii. Do naprawy najczęściej wykorzystywane są różne technologie napawania, od tradycyjnego spawania TIG po napawanie laserowe. Proces ten polega na rozgrzaniu materiału w miejscu bezpośrednio przylegającym do uszkodzenia, a następnie wprowadzeniu dodatkowego upłynnionego metalu o składzie zgodnym ze stopem, z którego wytworzono dany element. W czasie napawania podobnie jak przy spawaniu dochodzi do połączenia się metalu z podawanego drutu spawalniczego z tym, z którego zrobiono napawaną część oraz wytworzenia jednorodnej i trwałej struktury o odpowiedniej wytrzymałości, twardości powierzchniowej czy odporności termicznej. W tym procesie naprawy często mamy do czynienia z tworzeniem się nadkładu materiału, przez co dana część musi zostać odpowiednio obrobiona mechanicznie. W zależności od sytuacji może to wymagać dokonania pomiarów całego elementu i stworzenia jego wersji cyfrowej albo wykorzystania istniejącego już projektu.

W ramach obróbki nowo powstała powierzchnia jest zwykle frezowana lub jedynie szlifowana i wygładzana – w zależności od skali uszkodzenia i zakresu naprawy. W formach wtryskowych mamy do czynienia z wysokostopowymi stalami narzędziowymi, różniącymi się procentową zawartością C, Mn, Cr, Mo, W, V, w zależności od ich własności i przeznaczenia. W zasadzie stal jest łatwo spawalna, o ile przestrzegane są pewne reguły podgrzewania i normalizacji przed i po spawaniu. Sprawa staje się bardziej złożona, jeśli przy naprawie formy bierzemy pod uwagę możliwie znikomy wpływ termiczny podczas napawania. Dodatkowo bardzo duży wpływ na spawalność stali wywiera skład chemiczny stali narzędziowych.

POLEROWANIE

Aby zminimalizować ryzyko wystąpienia usterek, poleca się głównie usługi konserwacyjne, takie jak polerowanie form wtryskowych, które skutecznie chronią sprzęt przed korozją czy zabrudzeniami. Polerowanie pozwala na szybką regenerację urządzeń poprzez specjalistyczną obróbkę pilnikarką bądź standardową polerką. Idealne wygładzenie powierzchni zapobiega osadzaniu się rdzy, kamienia i niepożądanych zabrudzeń. Główne zalety tego rozwiązania to zmniejszenie częstotliwości czyszczenia form wtryskowych oraz poprawa komfortu pracy.

W tym celu sprawdzone i bezpieczne naprawy form wtryskowych realizowane są poprzez mikrospawanie, spawanie impulsowe czy spawanie w osłonie gazu. Polerowanie metodą ultradźwiękową to jeden z najskuteczniejszych sposobów polerowania form wtryskowych.

POWŁOKI

Wykorzystując wyjątkowe własności polimerów, tj. PTFE, FEP, PFA, ETFE, PPS, PEEK, można zwiększyć właściwości użytkowe oraz funkcjonalność powlekanych części maszyn, urządzeń czy wyrobów końcowych, w tym form wtryskowych. Polimery fluorowe są produkowane od dawna i mają duże znaczenie przemysłowe. Charakteryzują się wysoką odpornością termiczną i chemiczną,

niezwykle małym współczynnikiem tarcia i bardzo korzystnymi własnościami dielektrycznymi.

Rodzaje powłok:

- PTFE (politetrafluoroetylen: termoutwardzalny): doskonałe właściwości antyadhezyjne (non-stick), temperatura robocza do 260°C, ekstremalnie niski współczynnik tarcia, dobra odporność abrazyjna;
- PFA (polimer perfluoroalkoksylowy: termoplastyczny): bardzo dobre właściwości antyadhezyjne, temperatura robocza do 260°C, można uzyskać grubość powłoki do 300 µm, doskonała odporność chemiczna;
- FEP (kopolimer tetrafluoroetylen/fluoropropylen: termoplastyczny): doskonałe właściwości antyadhezyjne, niski współczynnik tarcia, temperatura robocza do 205°C;
- ETFE (kopolimer etylenu i tetrafluoretylenu: termoplastyczny): doskonała odporność chemiczna, temperatura robocza do 150°C, najwytrzymalszy ze wszystkich fluoropolimerów, bardzo odporna powłoka, grubość do 500 µm;
- PEEK (polieteroeteroketon: termoplastyczny): wyjątkowe właściwości mechaniczne, wysoka odporność chemiczna, temperatura robocza do 260°C, wyjątkowa odporność radiacyjna;
- PPS (polifenylenosulfid termoplastyczny): temperatura robocza do 250°C, wysoka odporność chemiczna, dobre własności mechaniczne.

Wykonanie takiej powłoki pozwoli połączyć korzystne właściwości rdzenia z odpornością na zużycie, twardością i żaroodpornością powłoki oraz rozdzielić funkcję przenoszenia obciążeń od zabezpieczenia przed wpływem środowiska pracy elementu. Odpowiedni dobór powłoki do konkretnych warunków i zastosowania gwarantuje zwiększenie odporności na ścieranie, zmniejszenie przywierania tworzywa oraz ilości stosowanych środków antyadhezyjnych.

KOSZTY NAPRAW

Jak to zwykle bywa w kwestii cen, trudno jest ustalić dokładny, jednoznaczny cennik regeneracji formy wtryskowej ze względu

Tabela 1. Unikalne cechy powłok

Nieprzywieralność do innych materiałów	Energia powierzchniowa fluoropolimerów ma wartość najmniejszą spośród wszystkich znanych ciał stałych. Cecha ta określa z kolei wiele własności polimerów, jak np. zwilżalność, adhezję, współczynnik tarcia. Doskonale sprawdzają się jako powłoki antyadhezyjne.
Minimalny współczynnik tarcia	Współczynnik tarcia mieszczący się w zakresie $\mu = 0,05-0,2$ praktycznie eliminuje zjawisko „drgań ciernych”. Współczynnik tarcia w niewielkim stopniu zależy od wzrostu temperatury aż do wartości 327°C.
Odporność termiczna	Są bardzo dobrym izolatorem cieplnym, cechuje je wysoka odporność temperaturowa do 315°C. W zakresie temperatur -200°C – 260°C powłoki mogą pracować ciągle, bez utraty swoich właściwości.
Odporność chemiczna	Są obojętne na działanie zdecydowanej większości substancji chemicznych, tj.: kwasów, zasad oraz rozpuszczalników organicznych. Ich odporność można porównać z odpornością metali szlachetnych. Fluoropolimery nie wytrzymują jedynie działania rozpuszczonych lub stopionych litowców, gazowego fluoru i chlorotrójfluoru.
Właściwości dielektryczne	Posiadają doskonałe własności izolacyjne. Spośród wszystkich stałych materiałów elektroizolacyjnych, fluoropolimery posiadają najmniejszą względną przenikalność elektryczną oraz współczynnik strat dielektrycznych.
Obojętność fizjologiczna	Długoletnie doświadczenie w dziedzinie eksploatacji powłok antyadhezyjnych i badań toksykologicznych potwierdziły całkowite bezpieczeństwo ich stosowania.
Właściwości antykorozyjne	Dzięki własnościom fizykochemicznym tego rodzaju powłoki antykorozyjne stanowią doskonałą ochronę przed korozją, nawet w środowisku agresywnym. Nałożone na elementy maszyn, urządzeń bądź konstrukcji, skutecznie wydłużają żywotność narażonych elementów i mają wpływ na oszczędności ze względu na rzadsze postoje i remonty.
Niezwilżalność	Ze względu na niską energię powierzchniową powłoki wykazują niską sorpcję i wysoki współczynnik antyadhezji.



na fakt, iż formy wtryskowe różnią się między sobą wielkością, złożonością i przede wszystkim stopniem zniszczenia, który jest odmienny dla różnych czasów i warunków eksploatacji. Stopień zniszczenia form wtryskowych różni też rodzaj i jakość materiałów, z jakich zostały one wykonane. Im wyższa jakość materiałów i im mniejsze zniszczenia, tym koszt regeneracji będzie niższy.

USZLACHTNIANIE I OCHRONA ZAMIAST NAPRAW?

W ostatnim czasie metody uszlachetniania powierzchni stały się jednym z najprężniej rozwijających się tematów i obszarów badawczych. Postęp w tej dziedzinie jest spowodowany dążeniem do zwiększenia trwałości eksploatacyjnej form wtryskowych.

Uszlachetniania form wtryskowych można dokonać np. poprzez plazmową technologię dyfuzyjną, która podnosi twardość powierzchni formy, zapobiegając tym samym powstawaniu narostów i uszkodzeń oraz dodatkowo wzmacniając odporność krawędzi na wykruszenia. Poprawia właściwości antykorozyjne materiału bazowego i polerowalność. Powierzchnia formy po obróbce cechuje się wyższą jakością, a porowatość materiału narzędzia jest znacząco mniejsza, dzięki czemu uzyskuje się poprawę pracy takiej formy. Ta metoda uszlachetniania zapewnia również większy połysk na powierzchni. Możliwe są naprawy i korekty formy bez konieczności ponownego powlekania.

Formowanie wtryskowe to ciągle unowocześniana technologia, która jest obecnie jedną z najpopularniejszych metod wytwarzania produktów z tworzyw sztucznych. Daje naprawę ogromne pole do popisu i oferuje spore możliwości. Za pomocą tej technologii można wykonać wiele zróżnicowanych produktów według indywidualnych projektów.

Tworzywa polimerowe znalazły szerokie zastosowanie w technice nie tylko jako surowce służące do wyrobu określonych elementów konstrukcyjnych, ale również jako materiał powłokowy. Powłoki z tworzyw sztucznych stanowią bardzo skuteczne i dobre zabezpieczenie antykorozyjne, mają dobre własności izolacyjne i ślizgowe, a także w wielu przypadkach dekoracyjne.

Opracowanie technologii regeneracji i ochrony form wtryskowych pozwoliło rozwiązać cały szereg problemów technicznych i uzyskać znaczne oszczędności materiałowe i finansowe. Musimy pamiętać, że nawet niewielkie wady formy wtryskowej prze-

kładają się na wygląd i, co najważniejsze, na właściwości fizyczne wypraski (kształtki). Formy wtryskowe ulegają naturalnemu zużyciu, a czasami po prostu przedwczesnym uszkodzeniom. Dzieje się tak niezależnie od rodzaju wtryskiwanego tworzywa, a także bez względu na jakość wtryskarek i fachowość ich obsługi. Wiadomym jest, że koszt regeneracji elementu jest znacznie mniejszy od kosztu jego wytworzenia. Regeneracja, oprócz przywrócenia właściwości użytkowych, może jednocześnie zwiększyć trwałość nawet kilkakrotnie.

LITERATURA

- <http://www.forumnarzedziowe.pl>
- <https://www.zmieniacz.com/index.php/o-procesie/ochrona-formy>
- https://www.form-last.com.pl/sites/default/files/formplast_prezentacja_032019_pl.pdf
- <http://www.4metal.pl/artykuly/powloki-pvd-jak-dobrac-wlasciwe-pokrycie/>
- <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPG4-0013-0008>
- https://www.technicoat.cz/pl/?gclid=EAlaIqobChMIt8Hy1w5wIVyoKyCh1LVgRcEAAAYAAAEgKi_PD_BwE
- <http://www.karform.pl/regeneracja-form-wtryskowych.html>
- <http://www.kreda.org.pl/naprawa-form-wtryskowych/www.narzedziownie.pl>
- <https://politech.pl/blog/wlasna-narzedziownia-ogromna-przewaga-w-branzy/>
- <http://www.tworzywa.pwr.wroc.pl>
- <https://www.formywtryskoweplatforma.pl/blog/na-czym-polega-regeneracja-form-wtryskowych>
- <https://www.alejahandlowa.pl/uslugi/na-czym-polega-naprawa-form-wtryskowych>

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Plast Echo” nr 12-2021/19.

PLAST ECHO
CIĄSOPISMO BRANŻY TWORZYW SZTUCZNYCH

mgr inż. Marta Lenartowicz-Klik
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników

Od pomysłu do seryjnej produkcji

Wabex to firma z 55-letnim doświadczeniem w zakresie precyzyjnej obróbki metalu, od ponad 30 lat wyspecjalizowana w produkcji form wtryskowych. Naszych klientów przeprowadzamy przez pełen proces wykonania formy, od pomysłu lub modelu, poprzez produkcję formy i wykonanie detalu w technologii wtrysku tworzyw sztucznych. Dzięki zaawansowanemu parkowi maszynowemu i doświadczonemu zespołowi jesteśmy w stanie wykonać formy wtryskowe o wysokim poziomie skomplikowania i nie boimy się wyzwań. Zaufali nam już klienci w wielu branżach: systemów hydraulicznych, lotniczej, AGD/RTV, automatyki przemysłowej, elektrycznej, budowniczej, spożywczej, ogrodniczej, meblarskiej...



producent form wtryskowych i wtryskownia

Pomysł na produkt

Formę przygotowujemy na podstawie rysunku technicznego, modelu 3D lub projektujemy od zera na podstawie przesłanych przez Ciebie założonych funkcji elementu.

Dostosowanie geometrii elementu do produkcji w technologii wtrysku

Nadanie detalowi odpowiednich pochyleń, aby możliwe było poprawne rozformowanie.

Prototyp funkcjonalny

Do prototypowania najczęściej wykorzystujemy druk 3D w technologii SLS, FDM lub SLA. Technologię dobieramy z uwzględnieniem właściwości mechanicznych detalu i kosztów produkcji.

Projekt formy

Projektowanie formy trwa około 1 tygodnia. Po tym czasie rozpoczynamy obróbkę na maszynach numerycznych.

Wykonanie formy wtryskowej

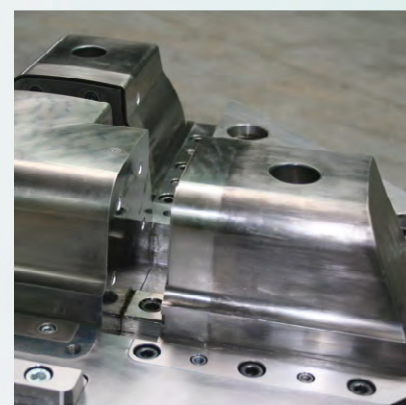
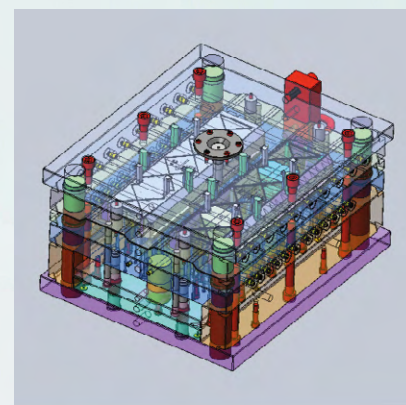
Budowa formy zajmuje od 5 do 12 tygodni w zależności od rozmiaru i stopnia skomplikowania. Przywiązujemy szczególną wagę do dotrzymania terminów.

Próby wtrysków w naszym zakładzie

Zanim wyślemy do Ciebie formę, testujemy jej jakość na naszych wtryskarkach, aby upewnić się, że spełnia ona wszystkie założenia projektowe.

Forma jest gotowa!

W zależności od ustaleń wysyłamy ją do Ciebie lub używamy jej do produkcji Twoich detali w naszym zakładzie.



Rozpocznij seryjną produkcję w swojej firmie!

Skontaktuj się z nami:

WABEX@WABEX.COM.PL

Wabex sp. z o.o.

tel: 17 583 70 75

ul. Janusza Korczaka 21, 39-300 Mielec

www.wabex.com.pl

Jak dbać o optymalną wydajność układu chłodzenia formy wtryskowej?

Małgorzata Tomczyk



W każdym zakładzie branży tworzyw sztucznych, gdzie produkcja odbywa się metodą wtrysku, efektywność układów chłodzenia form wtryskowych jest istotna dla osiągnięcia optymalnych wyników produkcyjnych. Utrzymywanie maksymalnego efektu chłodzenia pozwala na prowadzenie produkcji w szybkim tempie, co bezpośrednio wpływa na jej wolumen.

Jak dbać o optymalną wydajność układu chłodzenia, jednocześnie zapobiegając negatywnym konsekwencjom niedrożności kanałów? Oczywiście poprzez efektywne czyszczenie.

Kanały chłodzenia form wtryskowych są narażone na gromadzenie się zanieczyszczeń, takich jak osady kamienia czy rdza. Wraz z narastaniem warstw tych zabrudzeń na wewnętrznych ściankach kanałów, spada efektywność chłodzenia, a wraz z nią wydajność produkcji i jakość wyrobów. Dodatkowo, zanieczyszczenia te mogą prowadzić do zatorów - całkowitej niedrożności kanałów, zatrzymującej proces produkcji i generującej dodatkowe koszty, związane z przywracaniem formy do pracy oraz samym przestojem.

Efektywne usuwanie zanieczyszczeń z układu chłodzenia jest zatem niezbędne dla utrzymania pełnej sprawności i wydajności formy wtryskowej. Regularne czyszczenie zapewnia też ciągłość procesu produkcyjnego oraz eliminuje negatywne konsekwencje niedrożności kanałów.

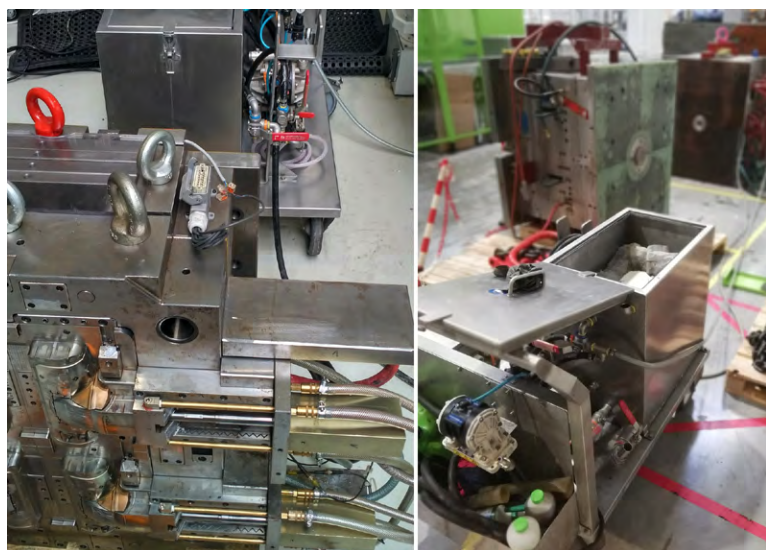
Tradycyjne metody czyszczenia często wiążą się z pracochłonnym demontażem formy oraz ryzykiem uszkodzenia delikatnych elementów wewnętrznych. Dlatego coraz więcej zakładów decyduje się na zastosowanie nowoczesnych technologii, takich jak urządzenie RWR 80 KST grupy Bio-Circle, co umożliwia skuteczne i bezpieczne czyszczenie kanałów chłodzenia bez konieczności demontażu formy.

Urządzenie RWR 80 KST pozwala na praktycznie bezobsługowe czyszczenie poprzez podłączenie wejść i wyjść kanałów do systemu oraz uruchomienie czyszczenia dedykowanym płynem czyszczącym Power Cleaner KST 2.0. W najnowszym, w pełni zautomatyzowanym modelu, sterownik PLC oraz dotykowy wyświetlacz pozwalają monitorować postępy czyszczenia, automatycznie sterując procesem czyszczenia, a następnie neutralizacji.

Ważną zaletą systemu RWR 80 KST jest jego zdolność do usuwania nawet całkowitej niedrożności układu. Dzięki zastosowaniu pulsacyjnej pompy pneumatycznej i zmiennemu kierunkowi przepływu, płyn czyszczący systematycznie penetruje wnętrza kanałów, stopniowo rozpuszczając nagromadzone zanieczyszczenia i ostatecznie usuwając zator.

Skuteczne usunięcie zanieczyszczeń za pomocą systemu RWR 80 KST przekłada się na wzrost przepływu w układzie chłodzenia formy. Standardowo dzięki zastosowaniu systemu RWR 80 KST przepływ w kanałach chłodzenia formy zwiększa się o 3-7 litrów na minutę (oczywiście zależy to ściśle od budowy układu). Każdy 1 liter na minutę przepływu to 60 litrów na godzinę, co daje 480 litrów na każdą 8-godzinną zmianę. Efektem zwiększonego przepływu jest wzrost tempa wytwarzania, a wraz z nim wyższa wydajność i zyskowność produkcji.

Urządzenia RWR 80 KST to inwestycja, która szybko się zwraca.



ca. Co jednak jeśli nie ma środków lub zgody na inwestycję? Rozwiązaniem jest outsourcing. Wykwalifikowany zespół serwisowy Bio-Circle Polska wykonuje usługi czyszczenia kanałów chłodzenia w całym kraju. Kompleksowo, od diagnozy potrzeb, poprzez realizację w uzgodnionym terminie, aż po raport z efektów czyszczenia oraz odbiór zużytego płynu. Dzięki temu, pracownicy producenta mogą skupić się na innych zadaniach, delegując czyszczenie doświadczonemu wykonawcy.

Podsumowując, regularne czyszczenie kanałów chłodzenia formy wtryskowej jest kluczowym czynnikiem dla zwiększenia wydajności i efektywności produkcji metodą wtrysku. Dzięki wykorzystaniu urządzeń RWR 80 KST, można utrzymywać maksymalny efekt chłodzenia w formach wtryskowych, co przekłada się na optymalne tempo produkcji. Efektem jest zwiększony wolumen i wysoka jakość wyrobów. Jednocześnie, prewencyjne usuwanie zabrudzeń pozwala uniknąć awarii i przestojów wynikających z niedrożności układu chłodzenia. Wszystkie wspomniane korzyści przyczyniają się do poprawy wyników ekonomicznych i konkurencyjności na rynku.

Małgorzata Tomczyk, Prezes Zarządu, Bio-Circle Polska

Bio-Circle Surface Technology Sp. z o.o.
ul. Połomińska 16, 40-585 Katowice
tel. 32 205 29 44
e-mail: biuro@bio-circle.com.pl
www.bio-circle.com.pl



Formy wtryskowe i rozwiązania do form – zestawienie wybranych firm

 <p>ALKAZ Sp. z o.o. Sp. k. 10-419 Olsztyn ul. Żelazna 8 tel. +48 89 533 32 32 e-mail: plastics@alkaz.pl</p>	<p>Nasza działalność skupia się na projektowaniu, konstruowaniu i wytwarzaniu form wtryskowych oraz przetwórstwie tworzyw sztucznych. W tym zakresie stale udoskonalamy procesy produkcyjne i stosowane materiały, aby produkowane przez nas wyroby w najwyższym stopniu satysfakcjonowały naszych Klientów pod względem jakościowym i kosztowym, a także szybkości i sprawności realizacji projektów.</p> <p>W ALKAZ Plastics skupiamy się na zachowaniu najwyższej jakości serwisu, produkowanych form wtryskowych oraz detali z tworzyw sztucznych. Podstawą udanej realizacji projektu jest nasza elastyczność, terminowość oraz oczywiście jakość. Posiadamy bardzo dobrze wyposażoną narzędziownię, dzięki której możemy zrealizować każdy projekt – zarówno te standardowe jak również nietypowe, o dużym poziomie złożoności. Możesz dostarczyć nam swoją dokumentację, na podstawie której zaprojektujemy i wyprodukujemy formę wtryskową. Jeśli jej nie posiadasz, stworzymy własną dokumentację. Dodatkowo zapewniamy fachowe serwisowanie powierzonych nam narzędzi oraz regenerację form wtryskowych. Twoje zadowolenie jest dla nas priorytetem!</p>
 <p>Bio-Circle Surface Technology Sp. z o.o. 40-585 Katowice ul. Połomińska 16 tel. +48 32 205 29 44 biuro@bio-circle.com.pl www.bio-circle.com.pl</p>	<p>Bio-Circle Polska to skuteczne i bezpieczne środki czyszczące i urządzenia dla branży tworzyw sztucznych, m.in. do czyszczenia wnętrza form wtryskowych.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Czyszczenie wnętrza kanałów chłodzących form wtryskowych do produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych. • Udrażnianie i czyszczenie instalacji i wymienników ciepła, niezależnie od gabarytów. • Mycie narzędzi i urządzeń z utwardzonego granulatu plastikowego, silikonu, żywicy, farb i klejów. • Ręczne i automatyczne mycie warsztatowe – myjki BIO-CIRCLE GT, HP Vigo, HTW, PROLAQ, ultradźwiękowe. <p>Kompleksowe czyszczenie przemysłowe: doradztwo, usługi, urządzenia, środki chemiczne, serwis.</p> <p>Wieloletnie doświadczenie i ugruntowana pozycja na rynku. Jesteśmy w całej Polsce. Od prawie 30 lat.</p>
 <p>Dopak Sp. z o.o. 52-407 Wrocław ul. E. Kwiatkowskiego 5a tel. +48 71 35 84 000 e-mail: dopak@dopak.pl</p>	<p>Dopak rozszerza ofertę o formy wtryskowe</p> <p>Dopak nawiązał partnerstwo z producentem form wtryskowych Roth Werkzeugbau GmbH. Tym samym otworzył nowe możliwości dla przetwórców tworzyw w naszym kraju, zapewniając dostęp do zaawansowanej technologicznie narzędziowni, wytwarzającej m.in. formy do wtrysku wielokomponentowego oraz przeznaczone na duże i wymagające detale logistyczne.</p> <p>Roth Werkzeugbau GmbH to niemiecka narzędziownia o ugruntowanej pozycji w branży. Specjalizuje się w projektowaniu i wytwarzaniu precyzyjnych form wtryskowych oraz narzędzi do produkcji seryjnej dla przetwórców tworzyw sztucznych. Firma jest znana z wysokiej jakości swoich wyrobów oraz zdolności dostosowywania się do indywidualnych wymagań klientów. Dysponuje bogato wyposażonym centrum testowym, obejmującym wtryskarki o siłach zwarcia od 110 do 1600 t (dostosowane do testów form 2K i 3K). Do dyspozycji jest także wtryskarka o sile zwarcia 2500 t z wyposażeniem do wtrysku 4K. Firma Roth posiada również bogate doświadczenie w realizacji form do uszczelnień rurowych 2K.</p>

 <p>DTM System Daniel Kujawski 85-758 Bydgoszcz ul. Przemysłowa 34 tel. 693 000 110 tel. 725 098 563 iwona.gluska@dtm.pl arkadiusz.badzinski@dtm.pl</p>	<p>DTM System - Narzędziownia i Wtryskownia. W swojej ofercie obróbki metali zajmujemy się kompleksowym wytwarzaniem form wtryskowych, elementów form i przyrządów. Doświadczenie w projektowaniu CAD/CAM daje nam możliwość wykonywania najbardziej skomplikowanych i precyzyjnych elementów. Zajmujemy się również wykonaniem form rozdmuchowych, wykrojników, tłoczników, prawideł, elektrod oraz innych. DTM System Wtryskownia realizuje zamówienia produkcyjne detali z tworzyw sztucznych na własnych formach i na formach klienta. Mamy doświadczenie w produkcji elementów technicznych, dla przemysłu zabawkarskiego, elektronicznego i AGD. Różnorodność posiadanych wtryskarek pozwala nam na produkcję detali o różnych wymaganiach technicznych, zapewniając ciągłość i stabilność produkcji.</p>
 <p>Macro Molds Polska Sp. z o.o. 43-100 Tychy ul. Strefowa 20 tel. +48 32 218 09 30 fax +48 32 218 09 31 e-mail: info@macro-molds.pl</p>	<p>Firma Macro Molds Polska Sp. z o.o. z siedzibą w Tychach istnieje na rynku od 2005 roku, a jej głównym udziałowcem od 2019 r. jest francuska firma: CORETEC INDUSTRY GROUP, specjalizująca się w produkcji urządzeń dostosowanych do przemysłu samochodowego.</p> <p>Zajmujemy się produkcją form do gumy i tworzyw, form ciśnieniowych do odlewnictwa, produkcją przyrządów i urządzeń do usprawniania i automatyzacji procesów technologicznych, regeneracją i modernizacją narzędzi do obróbki gumy, tworzyw i blach oraz usługami projektowymi i obróbczymi.</p> <p>Nasze maszyny i narzędzia wykonujemy zawsze z dbałością o każdy najdrobniejszy szczegół, z zachowaniem wszelkich wymogów technicznych narzuconych przez naszych klientów.</p>
 <p>Mega Mold Sp. z o.o. 36-002 Jasionka 252E tel. +48 607259412 www.megamold.pl www.moldmaker.eu</p>	<p>Mega Mold jest w 100% polskim producentem form wtryskowych oraz form do ciśnieniowego odlewania aluminium dla przemysłu automotive i AGD. Wykonujemy też regeneracje i modyfikacje form z użyciem napawania laserowego i skanowania 3D.</p> <p>Mega Mold to znany producent systemu MoldMaker.eu służącego do zdalnego monitorowania produkcji, który wykorzystuje bezprzewodowe elektroniczne liczniki cykli montowane w formach, wtryskarkach i innych urządzeniach produkcyjnych. Dzięki dostępowi on-line do bieżącego stanu liczników możliwe jest wygodne zarządzanie narzędziami. Za pomocą strony internetowej użytkownicy zyskują dostęp do wykresów wydajności, pomiaru czasu cyklu i temperatury, alertów różnych zdarzeń, przypomnień o przeglądach, zapisu raportów serwisowych, zarządzania magazynem części zamiennych itp.</p>
 <p>Meusburger Georg GmbH & Co KG Kesselstr. 42 6960 Wolfurt, Austria tel. +43 5574 6706 office@meusburger.com</p>	<p>Firma Meusburger jest wiodącym producentem elementów znormalizowanych o wysokiej precyzji. Klienci na całym świecie wykorzystują zalety standaryzacji i korzystają z jej ponad 60-letniego doświadczenia w obróbce stali. Portfolio produktów obejmuje zarówno wysoce precyzyjne części standardowe i wybrane produkty zapotrzebowania warsztatowego, także technologię gorących kanałów i regulacji temperatury, oraz system zarządzania wiedzą. Dzięki temu firma Meusburger jest niezawodnym i globalnym partnerem w zakresie budowy narzędzi, form i maszyn.</p> <p>Stała dostępność produktów dzięki największemu na świecie centralnemu magazynowi normalistów, jak również optymalnie dopasowane portfolio produktów sprawiają, że jesteśmy wiarygodnym i niezawodnym partnerem w branży budowy narzędzi, form i maszyn. Optymalny serwis online i najlepsze możliwe indywidualne wsparcie uzupełniają pakiet usług.</p>



Wabex Sp. z o.o.
39-300 Mielec
ul. Janusza Korczaka 21
tel. 17 583 70 75
Wabex@Wabex.com.pl

Wabex Sp. z o.o. to firma rodzinna, której tradycje sięgają 1969 roku. Dzisiaj to postępowy zakład produkcyjny z nowoczesnym parkiem maszynowym i wysoko wykwalifikowaną kadrą fachowców.

Oferujemy produkcję i usługi w zakresie:

- kompleksowej produkcji form wtryskowych wraz z doradztwem technicznym i produkcją wyrobów z tworzyw sztucznych;
- form do ciśnieniowego i kokilowego odlewania aluminium;
- przetwórstwa tworzyw sztucznych;
- obróbki ubytkowej metali, w tym obróbki elektroerozyjnej wgłębnej i drutowej;
- produkcji zużywających się części stosowanych w urządzeniach mielenia przemysłowego;
- remontów młynów i urządzeń satelitarnych instalacji mielenia przemysłowego.

Zapraszamy do współpracy.



YUDO Poland Sp. z o.o.
54-105 Wrocław
ul. Północna 15-19/225
tel. +48 887 333 705
e-mail: yudopl.sales1@yudoeu.com
www.yudo.com

Firma YUDO jest jednym z wiodących na świecie dostawców systemów i rozwiązań technologicznych w zakresie systemów gorącokanałowych. W Polsce jesteśmy obecni od 2001 roku. Zajmujemy się projektowaniem, produkcją i obsługą pełnej gamy produktów w obszarze grzanych kanałów, która obejmuje systemy gorącokanałowe, regulatory temperatury, gorące połówki. Nasz oddział zlokalizowany jest we Wrocławiu, gdzie posiadamy duży magazyn części zamiennych do naszych systemów gorącokanałowych, kontrolery temperatury oraz kontrolery sekwencji.

Gwarantujemy najwyższy poziom obsługi dzięki naszemu doświadczonemu zespołowi. Zapraszamy do kontaktu, przesyłania zapytań ofertowych drogą mailową na adres: yudopl@yudoeu.com

REKLAMA

Oferta firmy

- Formy
- Tłoczniaki i wykrojniki do blach
- Modyfikacje, regeneracje, naprawy form i tłoczniaków
- Projektowanie, wykonywanie maszyn specjalnych
- Usługi obróbki

Nowe formy

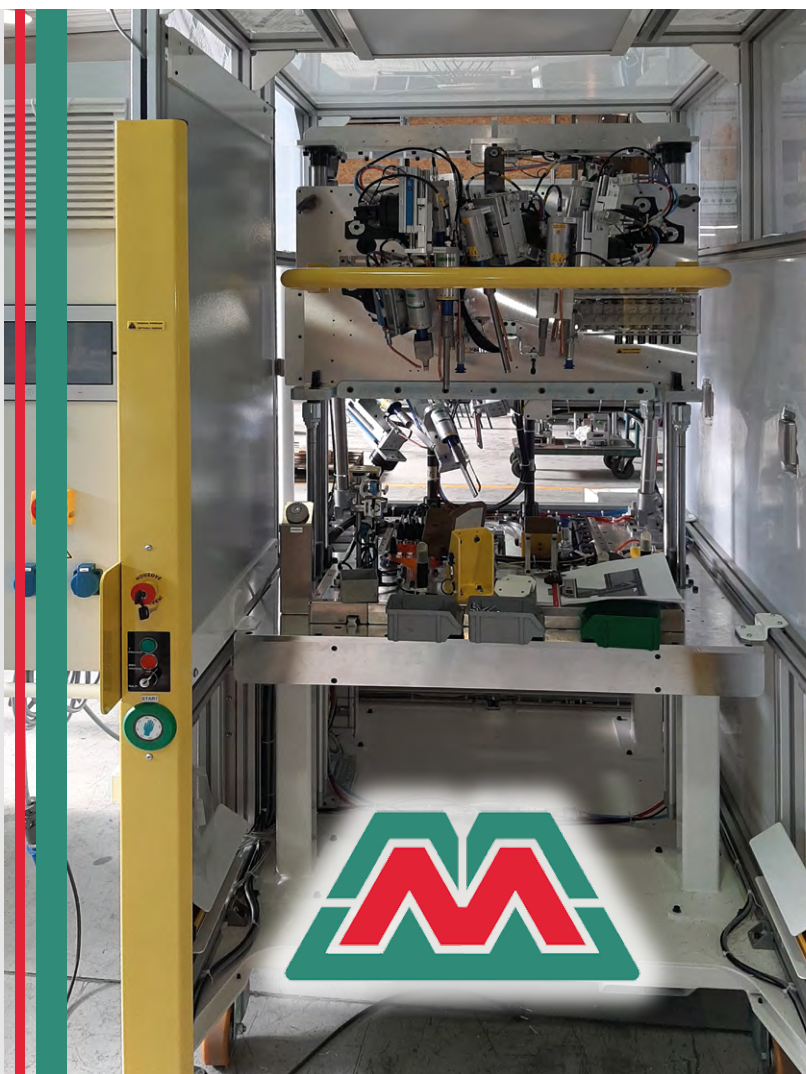
- Formy wtryskowe do tworzyw sztucznych
- Formy wtryskowe do gumy (EPDM, TPV, TPE itd.)
- Formy transferowe (przetłok) do gumy
- Formy do prasowania

Regeneracje form

Wykonujemy kompleksowe usługi w zakresie naprawy, regeneracji oraz modyfikacji na formach. Naprawa uszkodzonych miejsc dokonywana jest poprzez wykonywanie nowych elementów i ich adaptację, wkładkowanie lub spawanie (tig, laser), a następnie odtworzenie kształtu (CNC i EDM).

Macro Molds Polska Sp. z o.o.

ul. Strefowa 20, 43-109 Tychy
tel. 32-218 09 30, fax 32-218 09 31





Plastech

RAZEM

Tworzymy nasz Świat

PLASTECH'2024 | 18-19.IV.2024
FOLWARK ŁOCHÓW

Monitorowanie i optymalizacja parametrów procesowych w technologiach przetwórstwa TS

28. edycja Sympozjum Technicznego PLASTECH

WWW.PLASTECH.TWORZYWA.PL

MECENAS SYMPOZJUM



MECENAS KULTURY



ORGANIZATORZY



PARTNERZY SYMPOZJUM



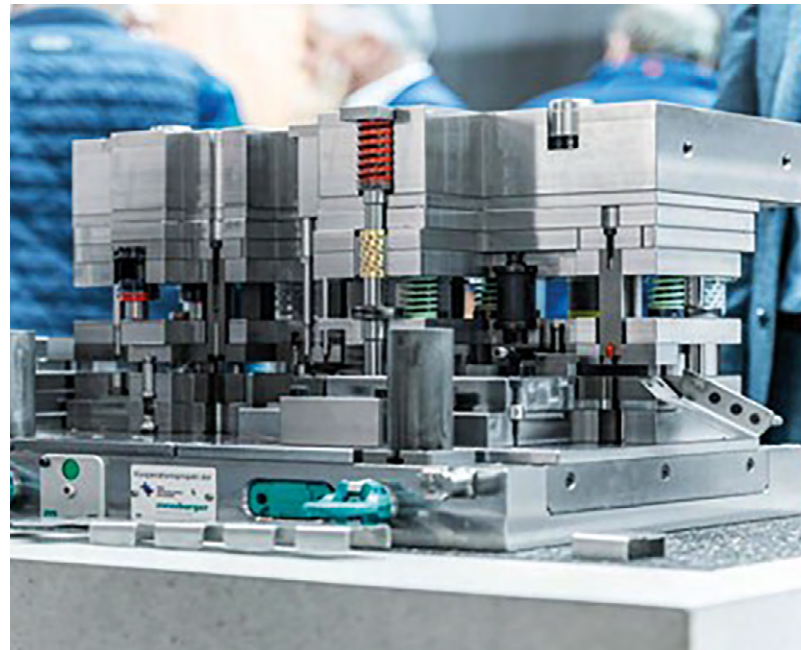
Maksymalna wydajność dzięki standaryzacji opraw wykrojników

ZAPEWNIENIE DŁUGOTERMINOWEJ PRZEWAGI KONKURENCYJNEJ

Procesy globalizacji powodują nasilenie konkurencji pomiędzy producentami form i narzędzi, ale dają również szansę na uzyskanie korzyści z realizacji zleceń na szybko rozwijających się rynkach. Poprzez konsekwentną i ciągłą standaryzację produktów i procesów technologicznych, można wykorzystać znaczny potencjał w zakresie oszczędności czasu oraz kosztów i w ten sposób stworzyć podstawę trwałego i zrównoważonego sukcesu przedsiębiorstwa. Wpływ etapu konstrukcji produktu na koszty ogólne jest zdecydowanie najwyższy.

OPRAWY WYKROJNIKÓW FIRMY MEUSBURGER

Dzięki szerokiej gamie opraw wykrojników, klienci firmy Meusburger mogą znaleźć odpowiednie rozwiązanie dla każdej aplikacji. Ten producent części standardowych oferuje wypróbowane i przetestowane oprawy standardowe wykrojników, w rozmiarach od 156 x 156 do 696 x 1396 mm, z przygotowanymi otworami na słupy lub w wersji bez otworów. W zależności od potrzeby zastosowania, kolumna prowadząca może być zamontowana zarówno w płycie głównej, jak i w bazowej. Firma Meusburger posiada w swojej ofercie także oprawy precyzyjne. W tym przypadku kolumna prowadząca wbudowana jest w płytę pośrednią, co zapewnia optymalne pochłanianie sił bocznych systemu prowadzącego. Ponadto firma Meusburger oferuje również oprawy dwukolumnowe. Oferują one klientom wszechstronne możliwości zastosowania dzięki różnemu rozmieszczeniu słupów prowadzących (po przekątnej, centralnie lub z tyłu) i mogą być dobierane z płytą pośrednią lub bez niej. Klienci mogą korzystać z kreatora opraw wykrojników firmy Meusburger, który pomoże



im wybrać odpowiednie płyty i części montażowe, umożliwiając im stworzenie gotowej oprawy wykrojnika za pomocą zaledwie kilku kliknięć. Dzięki temu zyskują nie tylko najlepszą jakość i najwyższą precyzję, ale także stałą dostępność, ponieważ wszystkie standardowe części do produkcji wykrojników są dostępne bezpośrednio z magazynu, w bardzo krótkim czasie.

www.meusburger.com

REKLAMA

PROSTO Z
MAGAZYNU



Budowa form wtryskowych

Dysza pojedyncza easyFILL EH 4010

Firma Meusburger rozszerzyła swoją ofertę o pojedynczą dyszę easyFILL, która stanowi korzystniejszą cenowo alternatywę (ok. 30%) dla pojedynczej dyszy smartFILL EH 4000.

Właściwości:

- > Kompatybilna z wymiarami montażowymi serii smartFILL
- > Dla rozmiarów 27 i 37 mm, dostępna w długościach 60, 80, 100 i 120 mm
- > Rekomendowana do tworzyw sztucznych bez dodatku włókien szklanych oraz komponentów o niewielkich wymaganiach wizualnych



Więcej informacji na stronie
www.meusburger.com

meusburger

SZEŚĆ WAŻNYCH KROKÓW PODCZAS MONTAŻU FORM WTRYSKOWYCH

Procedura zawieszania i montażu formy wtryskowej

Patryk Gratka

W branży przetwórstwa tworzyw sztucznych, technologia wtrysku jest jednym z kluczowych procesów produkcyjnych. Montaż formy wtryskowej jest nieodłącznym etapem tego procesu, który ma istotny wpływ na jakość i wydajność produkcji. W artykule omówimy procedurę zawieszania i montażu formy wtryskowej na wtryskarce, zwracając uwagę na kluczowe aspekty oraz typowe błędy, których warto unikać.

Montaż formy wtryskowej to proces skomplikowany, wymagający precyzji i doświadczenia. Poniżej przedstawiamy kroki, które należy podjąć podczas montażu formy wtryskowej na maszynie.

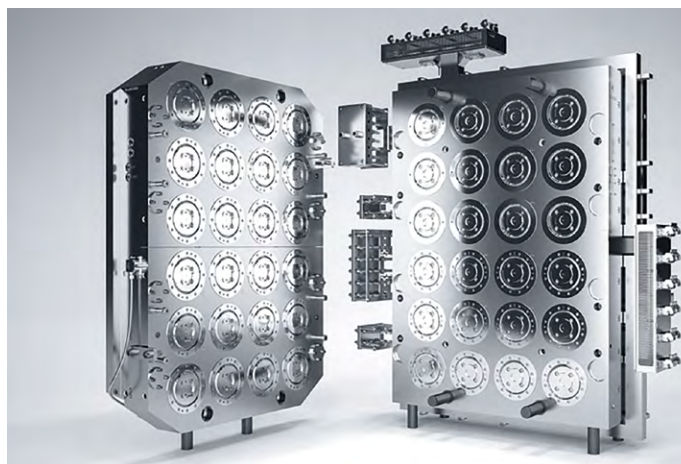
1. PRZYGOTOWANIE STANOWISKA I MASZINY

Przed przystąpieniem do montażu formy należy zapewnić odpowiednie stanowisko pracy oraz upewnić się, że maszyna wtryskowa jest w pełni sprawna. Warto również zweryfikować dostępność niezbędnych narzędzi i akcesoriów. Przygotowanie skutecznego stanowiska montażowego oraz maszyny wtryskowej wymaga dostępu do różnorodnych narzędzi i akcesoriów.

- **Narzędzia ręczne** – klucze, śrubokręty, młotki itp. są konieczne do montażu i demontażu części formy oraz regulacji jej elementów.
- **Poduszki i podpory** – służą do wyrównania i stabilizacji formy wtryskowej na maszynie, minimalizując nierównomierności i naprężenia.
- **Wózki transportowe** – ułatwiają przenoszenie i zawieszanie ciężkich elementów formy, chroniąc personel przed kontuzjami.
- **Elementy mocujące** – śruby, nakrętki i podkładki zapewniają trwałe połączenie elementów formy i jej stabilność podczas procesu wtrysku. Ich dobór, w szczególności typ, twardość, rodzaj gwintów, wytrzymałość mechaniczna mają kluczowe znaczenie w użytkowaniu w cyklu automatycznym pracy maszyny.
- **Systemy chłodzenia** – rury i przewody chłodzące umożliwiają skuteczne odprowadzanie ciepła z formy, co wpływa na jakość wtrysku i żywotność narzędzia.
- **Układy hydrauliczne** – wąż hydrauliczny, złączki i regulator ciśnienia są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania układu otwierania i zamykania formy.
- **Akcesoria do pomiarów** – suwmiarki, mikrometry oraz termometry pozwalają na precyzyjne pomiary wymiarów formy oraz temperatury w różnych punktach.
- **Instrukcje i dokumentacja** – zawierają informacje techniczne i procedury montażowe, które są nieocenione podczas precyzyjnego montażu.

2. WERYFIKACJA FORMY WTRYSKOWEJ

Weryfikacja formy wtryskowej przed montażem jest kluczowym etapem, który ma istotny wpływ na jakość i niezawodność pro-



cesu produkcyjnego. Skrupulatne przeglądanie formy pozwala wykryć ewentualne problemy, które mogą wpłynąć na jakość wtrysku i skrócić żywotność narzędzia.

Oto kroki, które warto podjąć podczas weryfikacji formy wtryskowej:

- **Wizualna inspekcja** – początek weryfikacji to dokładna wizualna ocena formy. Szukaj widocznych uszkodzeń, zarysowań, korozji lub odkształceń elementów formy. Upewnij się, że powierzchnie formy są gładkie i nie mają zadrapań.
- **Sprawdzenie szczelności** – zapewnienie, że wszystkie uszczelnienia, pierścienie uszczelniające oraz elementy gumowe są w dobrym stanie i nie wykazują oznak zużycia. Uszkodzenia uszczelnień mogą prowadzić do wycieków plastiku podczas wtrysku.
- **Dokładność wymiarów** – przeprowadź pomiar dokładności wymiarów kluczowych elementów formy za pomocą suwmiarek, mikrometrów i innych narzędzi pomiarowych. Niedokładności mogą wpłynąć na jakość wtrysku oraz trwałość formy.
- **Czystość elementów** – upewnij się, że wszystkie kanały wtryskowe, otwory odpowietrzające oraz przestrzenie formy są dokładnie oczyszczone z ewentualnych pozostałości poprzednich wtrysków. Zanieczyszczenia mogą prowadzić do defektów w produkcie końcowym.
- **Stan powierzchni** – oceń stan powierzchni formy, tak aby upewnić się, że nie ma oznak zużycia, korozji czy erozji. Forma o idealnie gładkiej powierzchni zapewni lepszą jakość wykończenia produktu.

- **Uszkodzenia mechaniczne** – szukaj wszelkich uszkodzeń mechanicznych, takich jak pęknięcia, złamania lub odpryski. Takie defekty mogą wpłynąć na integralność i wydajność formy.
- **Spójność i pasowanie** – sprawdź, czy elementy formy są prawidłowo skonstruowane i składają się ze sobą w spójny sposób. Pasowanie elementów ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia stabilności podczas procesu wtrysku.
- **Systemy regulacji** – jeśli forma posiada systemy regulacji, sprawdź ich sprawność i dokładność działania. Upewnij się, że elementy regulacyjne są odpowiednio mocne i nie wykazują luzów.
- **Ocena dokumentacji** – zweryfikuj, czy dokumentacja formy, taka jak rysunki techniczne i instrukcje obsługi, jest dostępna i aktualna. To pomoże w zrozumieniu konstrukcji i specyfikacji formy.

3. OCZYSZCZENIE MASZYNY I STREFY MONTAŻOWEJ

Oczyszczanie maszyny i strefy montażowej przed montażem formy wtryskowej jest niezwykle istotnym etapem, który ma bezpośredni wpływ na jakość, wydajność oraz bezpieczeństwo całego procesu produkcyjnego. To proces, który wymaga dokładności i skrupulatności, ponieważ nawet niewielkie zanieczyszczenia czy resztki mogą prowadzić do poważnych problemów podczas produkcji. W trakcie oczyszczania maszyny należy koncentrować się na usuwaniu wszelkich pozostałości poprzednich produkcji, zanieczyszczeń oraz resztek tworzywa. Komora wtryskowa oraz kanały wtryskowe powinny być dokładnie wyczyszczone, aby zapobiec wszelkim potencjalnym źródłom defektów.

Ważnym elementem jest również czyszczenie powierzchni formy wtryskowej. Usunięcie wszelkich osadów, pozostałości czy resztek z poprzednich wtrysków jest kluczowe dla utrzymania odpowiedniej jakości wykończenia produktu. Nie można również zapominać o układach chłodzenia. Ich skuteczne oczyszczenie ma ogromne znaczenie dla równomiernego rozprowadzania ciepła i uniknięcia ewentualnych problemów termicznych podczas procesu wtrysku. Warto również skupić się na dokładnym usunięciu wszelkich pozostałości smarów, olejów czy innych substancji chemicznych. Czysta maszyna i strefa montażowa są gwarantem nie tylko jakości produkcji, ale także bezpieczeństwa pracowników.

4. ZAWIESZENIE FORMY

Zawieszenie formy wtryskowej na maszynie jest kluczowym etapem, który wymaga precyzji, wiedzy technicznej oraz ostrożności. Poprawne zawieszenie formy ma istotny wpływ na stabilność procesu wtrysku oraz jakość produkowanych elementów. Zawieszenie formy wtryskowej wymaga uwagi na każdym etapie, od wyboru odpowiednich punktów zawieszenia po skrupulatne sprawdzenie stabilności i zabezpieczeń. Dbałość o te aspekty przekłada się na bezawaryjną pracę maszyny oraz doskonałą jakość produkowanych elementów. Procedura zawieszenia formy obejmuje kilka kluczowych aspektów, które należy wziąć pod uwagę:

- **Instrukcje producenta** – przed przystąpieniem do zawieszania formy, warto dokładnie zapoznać się z instrukcjami producenta. Każda forma może mieć swoje specyficzne wymagania dotyczące zawieszenia i montażu, które warto respektować.
- **Równomierne rozłożenie obciążenia** – podczas zawieszania formy należy zadbać o równomierne rozłożenie obciążenia na wszystkich punktach zawieszenia. To zapewni stabilność i minimalizuje ryzyko deformacji formy w trakcie pracy.
- **Mechanizmy blokad i zabezpieczeń** – forma musi być odpo-

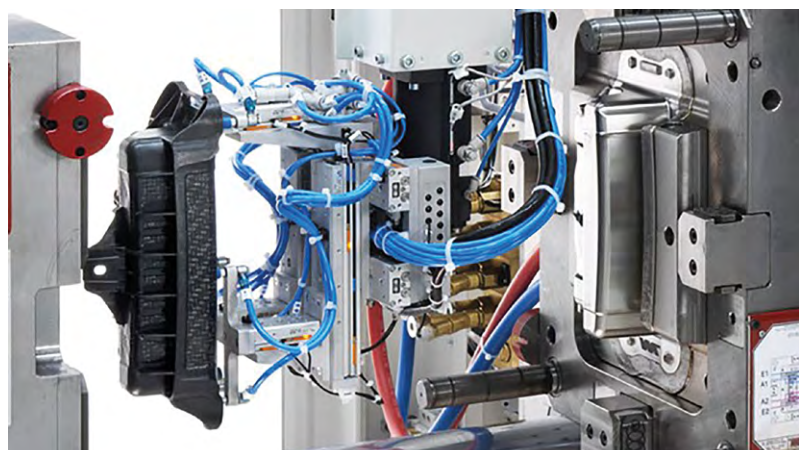
wiednio zabezpieczona przed przypadkowym przemieszczeniem się podczas pracy maszyny. Wykorzystanie odpowiednich mechanizmów blokad i zabezpieczeń, takich jak śruby blokujące jest niezwykle istotne.

- **Odpowiednie mocowanie** – forma powinna być solidnie i stabilnie zamocowana na maszynie wtryskowej. Sprawdzenie, czy wszystkie elementy mocujące są właściwie przymocowane, jest kluczowe dla uniknięcia problemów podczas procesu wtrysku.
- **Zgodność z konstrukcją** – upewnij się, że forma jest zawieszona zgodnie z jej konstrukcją oraz zaleceniami producenta. Niewłaściwe zawieszenie może prowadzić do nieprawidłowego działania formy i w efekcie do wadliwych produktów.
- **Zapewnienie dostępu** – podczas zawieszania formy warto również pamiętać o tym, aby zapewnić łatwy dostęp do wszystkich elementów formy, które mogą wymagać konserwacji, serwisu lub regulacji w przyszłości.
- **Sprawdzenie stabilności** – po zawieszeniu formy warto dokładnie sprawdzić jej stabilność. Przeprowadź delikatne ruchy i wibracje, aby upewnić się, że forma nie przemieszcza się ani nie wykazuje nadmiernych luznych elementów.

5. PODŁĄCZENIE UKŁADÓW

Poprawne podłączenie układów formy wtryskowej to kluczowy element zapewnienia sprawnego procesu wtrysku oraz utrzymania wysokiej jakości produkowanych elementów. Układy chłodzenia, grzania i hydrauliczny muszą być odpowiednio skonfigurowane i podłączone, aby zapewnić kontrolę nad temperaturami oraz ruchami formy.

- **Układ chłodzenia** – właściwe podłączenie układu chłodzenia formy jest istotne dla utrzymania odpowiednich temperatur w procesie wtrysku. Rury i przewody chłodzące powinny być dokładnie zamocowane oraz połączone w taki sposób, aby zapewnić równomierne i skuteczne schładzanie formy.
- **Układ grzania** – skonfigurowanie układu grzania formy wtryskowej to kluczowy krok, który wpływa na jakość wtrysku oraz czas jego trwania. Elementy grzejne powinny być precyzyjnie zamocowane i podłączone, aby zapewnić równomierne i kontrolowane podgrzewanie formy.
- **Układ hydrauliczny** – podłączenie układu hydraulicznego formy jest niezwykle istotne dla prawidłowego otwierania i zamykania formy oraz ruchu jej elementów. Warto sprawdzić, czy węże hydrauliczne są prawidłowo podłączone i nie wykazują oznak nieszczelności.
- **Przyłącza i złącza** – upewnij się, że wszystkie przyłącza, złącza oraz połączenia układów są dokładne i szczelne. Nieszczelności mogą prowadzić do wycieków płynów, co z kolei może zaburzyć proces wtrysku i jakość produktów.





- Kontrola elektryczna – jeśli układy chłodzenia lub grzania formy wtryskowej są kontrolowane elektrycznie, zadбай o prawidłowe podłączenie kabli oraz sprawdź działanie sterowników. W razie potrzeby przeprowadź testy, aby upewnić się, że systemy działają zgodnie z oczekiwaniami.
- Przygotowanie na zmiany – warto zaplanować podłączenie układów w taki sposób, aby umożliwić przyszłe zmiany czy modyfikacje. To pozwoli na łatwiejsze dostosowanie formy do ewentualnych zmian w procesie produkcyjnym.
- Dokumentacja – ważne jest również odpowiednie udokumentowanie podłączenia układów. Zachowanie precyzyjnych zapisów dotyczących konfiguracji układów ułatwia późniejsze konserwacje, naprawy oraz rozbudowy formy.
Efektywne podłączenie układów formy wtryskowej ma ogromny wpływ na wydajność całego procesu produkcyjnego. Dzięki wykorzystaniu nowych rozwiązań i technologii, takich jak szybkozłączki do układów chłodzenia, można osiągnąć optymalizację czasu przebrojenia i zwiększyć efektywność produkcji.
- Szybkozłączki do układów chłodzenia – tradycyjne metody podłączania układów chłodzenia formy mogą być czasochłonne i skomplikowane. Zastosowanie szybkozłączek umożliwi błyskawiczne i pewne łączenie przewodów chłodzących, co znacząco skraca czas montażu. Dodatkowo, szybkozłączki pozwalają na łatwą wymianę formy bez konieczności odłączania całego układu chłodzenia.
- Automatyzacja procesu – wykorzystanie nowoczesnych systemów automatyki do podłączania układów formy może znacząco przyspieszyć proces przebrojenia. Automatyzacja pozwala na szybkie i precyzyjne podłączenie wszystkich niezbędnych elementów, eliminując ryzyko błędów ludzkich.
- Modułowość układów – projektowanie układów formy w sposób modułowy, gdzie poszczególne elementy mogą być łatwo montowane i demontowane, ułatwia proces przebrojenia. Dzięki temu można szybko wymieniać poszczególne części formy lub układy bez konieczności demontowania całej struktury.
- Standaryzacja – stosowanie standardowych rozwiązań i komponentów podczas podłączania układów formy może znacznie uprościć proces montażu. Kompatybilność między różnymi formami pozwala na wykorzystanie tych samych akcesoriów, co przyspiesza czas przebrojenia.
- Monitoring i zdalne sterowanie – wykorzystanie systemów monitoringu oraz zdalnego sterowania układami formy pozwala na szybkie reagowanie na ewentualne problemy czy awarie. To skraca czas diagnozy i naprawy, co ma istotne znaczenie dla minimalizowania przestoju w produkcji.
- Szkolenie personelu – wdrożenie nowych rozwiązań wymaga

odpowiedniego szkolenia personelu. Zapewnienie pracownikom odpowiedniej wiedzy i umiejętności z zakresu obsługi nowych technologii przekłada się na efektywność i bezpieczeństwo procesu montażu.

Wykorzystanie innowacyjnych rozwiązań podczas podłączania układów formy wtryskowej może znacznie skrócić czas przygotowania i montażu formy na maszynie. To przyczynia się do zwiększenia wydajności produkcji, redukcji kosztów oraz poprawy ogólnej efektywności procesu wtrysku tworzyw sztucznych.

6. TESTOWANIE FORMY PO MONTAŻU NA MASZYNIE WTRYSKOWEJ

Testowanie formy wtryskowej po montażu jest kluczowym procesem, mającym na celu sprawdzenie poprawności montażu oraz funkcjonalności formy przed rozpoczęciem produkcji. Weryfikacja formy obejmuje szereg różnorodnych testów, mających na celu zapewnienie niezawodności, jakości i bezpieczeństwa procesu wtrysku.

W trakcie testowania formy po montażu przeprowadza się szereg procedur, takich jak testy mechaniczne, które sprawdzają dokładność zamocowania elementów formy i eliminują luzujące elementy. Testy ruchomości służą do oceny płynności otwierania i zamykania formy oraz innych mechanicznych mechanizmów, upewniając, że ruch jest równomierny i bez zakłóceń. Monitorowanie temperatury elementów formy, układów chłodzenia i grzewczych podczas symulacji procesu wtrysku pozwala na kontrolę odpowiednich warunków produkcji. Wtrysk próbny z tworzywem ocenia jakość formy i sprawdza, czy produkt spełnia oczekiwania pod względem wymiarów, wyglądu i właściwości fizycznych. Testowanie układów hydraulicznych pod kątem ciśnienia oraz dokładności zamknięcia formy pozwala stwierdzić, czy wymagane parametry są osiągnięte, a mechanizmy zamknięcia działają prawidłowo. W trakcie identyfikacji defektów poszukuje się wszelkich potencjalnych problemów, takich jak wycieki tworzywa, niedociśnięcia, wypaczenia czy inne nieprawidłowości w produkcie końcowym, co umożliwia podjęcie działań naprawczych przed pełną produkcją.

W zależności od wyników testów mogą być konieczne poprawki, regulacje lub konserwacja formy, aby zapewnić jej prawidłowe funkcjonowanie w procesie wtrysku. Testowanie formy wtryskowej po montażu to istotny etap, który eliminuje potencjalne problemy, a jednocześnie gwarantuje wydajność i jakość całego procesu wtrysku tworzyw sztucznych.

Montaż formy wtryskowej to kluczowy etap w procesie produkcyjnym przetwórstwa tworzyw sztucznych. Precyzja, odpowiednie zabezpieczenia oraz współpraca zespołu są niezbędne dla osiągnięcia wysokiej jakości i efektywności produkcji. Unikanie typowych błędów oraz regularne testy pozwalają utrzymać sprawność i niezawodność formy na dłuższy okres czasu.

W ofercie firmy Dopak znajdziesz formy wtryskowe od naszego niemieckiego partnera – Roth Werkzeugbau GmbH. Zyskasz dostęp do zaawansowanej technologicznie narzędziowni, wytwarzającej m.in. formy do wtrysku wielokomponentowego oraz przeznaczone na duże i wymagające detale logistyczne.

Więcej na temat form wtryskowych oraz obsługi i utrzymania maszyn dowiesz się na naszych szkoleniach. Serdecznie zapraszamy.

Fotografie: DOPAK.

mgr inż. Patryk Gratka, inżynier R&D w Dopak
www.dopak.pl

Współpraca z Extruder Experts

Z przyjemnością ogłaszamy, że od tego roku nawiązaliśmy współpracę z renomowaną firmą Extruder Experts. Firma została założona w 2006 r. w Monschau w Niemczech. Extruder Experts rozwijała się przez lata, by stać się wiodącym dostawcą usług i komponentów do wytłaczarek dwuślimakowych w Europie. Jako partner systemowy, firma ta wspiera przedsiębiorstwa w opracowywaniu zarówno standardowych, jak i niestandardowych rozwiązań do przetwarzania specjalnych materiałów o wysokiej odporności na zużycie. Extruder Experts oferuje kompleksowe doradztwo klientom z różnych branż we wszystkich aspektach związanych z technologią wytłaczania.

Wśród produktów oferowanych przez Extruder Experts znajdują się nie tylko części zamienne do wytłaczarek dwuślimakowych, ale również beczki, wały oraz wszystkie typy elementów śrubowych, takie jak element ślimakowy, element mieszający (mieszadło śrubowe) czy element ugniatający (blok ugniatający). Ponadto firma oferuje szeroki zakres usług serwisowych, obejmujących konserwację, przeglądy, montaż, demontaż, naprawy oraz modernizację i usprawnianie urządzeń. Warto wspomnieć o innowacyjnych rozwiązaniach, takich jak produkt Cool and Clean, opatentowany przez Extruder Experts, który znacząco optymalizuje procesy wytłaczania.



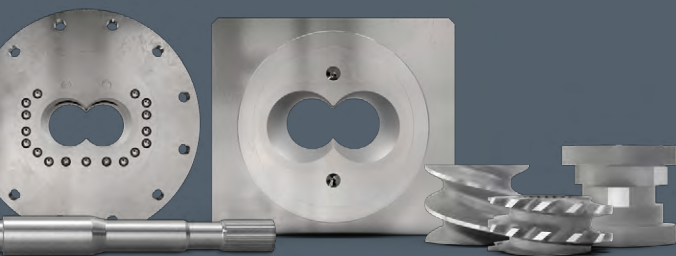
Grupa docelowa Extruder Experts obejmuje producentów artykułów spożywczych, producentów karmy dla zwierząt, producentów tworzyw sztucznych i wiele innych. Dzięki naszej nowej współpracy z Extruder Experts, jesteśmy pewni, że będziemy mogli jeszcze lepiej obsłużyć naszych klientów, dostarczając im wysokiej jakości produkty i usługi, które spełniają najwyższe standardy branżowe.

BAGSIK Sp. z o.o. Sp. K.
41-807 Zabrze, ul. ul. G.H. Donnersmarcka 16
tel. +48 32 334 00 00, e-mail: office@bagsik.net

REKLAMA

extruder
experts

Inteligentne części
zamienne do
dwuślimakowych
wytłaczarek.



exactly what you need.



extruder-
experts.com



Bagsik Sp. z o.o. Sp. k.
www.bagsik.net

T +48 32 334 0000
office@bagsik.net

ul. G. H. Donnersmarcka 16
41-807 Zabrze

Przekładnie ROSSI – sprawdzone rozwiązania do napędu wytłaczarek

Sercem każdej wytłaczarki jest jej układ napędowy, którego bezawaryjna praca oraz właściwa żywotność są kluczowe dla poprawnego funkcjonowania urządzenia. Każdy nieplanowany przestój to znaczne straty dla firmy, dlatego warto sięgać po rozwiązania „zahartowane w boju”, od doświadczonego producenta.

Do dostawców takich sprawdzonych rozwiązań z pewnością należy firma Rossi, która już od ponad 70 lat dostarcza rozwiązania napędowe do ciężkich zastosowań przemysłowych. Asortyment firmy obejmuje 16 katalogów produktowych, w tym m.in. typoszereg przekładni ze zintegrowanym łożyskiem oporowym, opracowanych specjalnie do zastosowania w wytłaczarkach (Seria GX).

JAKOŚĆ – ZAWSZE NA PIERWSZYM MIEJSCU

Od początków swego istnienia, firma stawiała na innowacje i stałe udoskonalanie produktów i procesów.

Rossi przeszło długą drogę, wykorzystując swoje długoletnie doświadczenia w różnych branżach, aby stale doskonalić i ulepszać napędy.

Firma konsekwentnie podąża za rozwojem technologii, inwestując co roku miliony euro w park maszynowy, ciągle doskonaląc swoje produkty oraz stosowane rozwiązania techniczne.

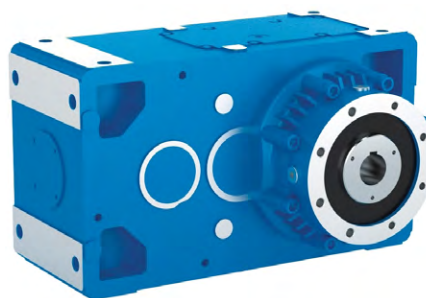
Dlatego jednym z głównych atutów marki Rossi jest najwyższa jakość wyrobów, kontrolowana wieloetapowo w łańcuchu dostaw oraz w procesie produkcji.

Najlepszym dowodem bardzo wysokiej kultury technicznej w firmie jest TRZYLETNIA gwarancja, oferowana jako standard dla produktów Rossi już od 1994 roku.

W stosunku do wyrobów konkurencji, przekładnie wytłaczarkowe Rossi wyróżniają się zwartą budową, korpusem dostosowanym do montażu w dowolnej pozycji oraz najwyższym na rynku nominalnym momentem obrotowym, w stosunku do masy



Rys. 2. Motoreduktor w wykonaniu wydłużonym, zastosowany w układzie plastyfikującym



Rys. 1. Reduktor Rossi serii GX, opracowany do napędu wytłaczarek

i gabarytów jednostki. W napędach tych podpora ślimaka jest osadzona na sztywno w korpusie reduktora, ze zintegrowanym (wspólnym) smarowaniem wnętrza przekładni i podpory. Dzięki temu olej lepiej i dłużej zachowuje właściwości smarne, co jest korzystne dla trwałości łożyska oporowego i całej przekładni.

Katalog obejmuje ponadto szereg dodatkowych opcji: jak np. możliwość wyjmowania ślimaka wytłaczarki poprzez wyjście przekładni, czujniki do kontroli temperatury oleju i stanu łożysk, specjalne opcje wyjścia, chłodnice przepływowe oraz zewnętrzne jednostki chłodzące. Istnieje również możliwość wykonań poza-katalogowych.

Ciekawym rozwiązaniem, dostępnym dla przekładni walcowych, jest wykonanie z korpusem wydłużonym. W tej samej wielkości mechanicznej reduktora, jak przy wykonaniu standardowym, posiada on znacznie większy rozstaw pomiędzy wejściem, a wyjściem, co daje możliwość zainstalowania silnika po stronie maszyny oraz znaczącego ograniczenia jej gabarytów. Rozwiązanie to – dostępne u nielicznych dostawców – jest często stosowane w układach wytłaczarek, ponieważ znacząco ogranicza gabaryty i zwiększa funkcjonalność całej maszyny.

Dużym ułatwieniem dla producentów wytłaczarek oraz użytkowników układów plastyfikujących jest pełna elastyczność Rossi, w kwestii sposobu wykonania oraz wymiarowania tulei podpory ślimaka: różne średnice i głębokości tulei zdawczej, wykonanie z pojedynczym lub podwójnym wpustem lub też w formie tulei wielowypustowej. Dzięki temu napęd może zostać w łatwy sposób dopasowany do czopów ślimaków, użytkowanych już wcześniej w firmie, co daje wymierne oszczędności.

Dla każdej wielkości przekładni dostępne są dwie opcje podpory ślimaka: wykonanie do obciążeń normalnych oraz wykonanie wzmocnione – z większym łożyskiem oporowym oraz zewnętrznym ożebrowaniem podpory, poprawiającym odprowadzanie ciepła.

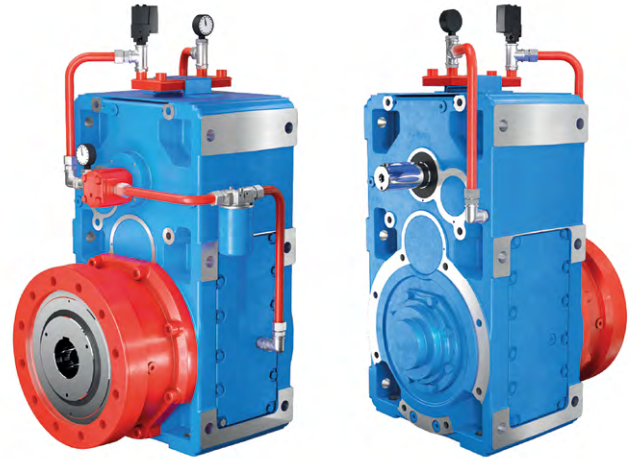
Kluczowym aspektem dla tego typu aplikacji jest właściwy dobór napędu, przy którym trzeba uwzględnić szereg istotnych parametrów technicznych: m.in. obciążenia mechaniczne napędu (moc przenoszona), obciążenia łożyska oporowego (ciśnienie na

ślimaku i generowane przez nie siły), moc termiczną, sprawdzoną zarówno dla przekładni, jak i podpory itp.

Na uwagę zasługują również wysokowydajne systemy chłodzenia napędu, kluczowe przy pracy z silnikami o relatywnie wysokich mocach oraz w podwyższonej temperaturze otoczenia, co jest typowe dla wytłaczarek. Na tym polu Rossi oferuje szeroki zakres rozwiązań: od wymienników przepływowych, wewnątrz przekładni, poprzez instalacje z wymuszonym obiegiem oleju, z pompą oleju, filtrem i wymiennikiem ciepła zabudowanymi na reduktorze (jak na rys. 4), aż po rozbudowane wymienniki zewnętrzne, z niezależnym zasilaniem.



Rys. 3. Uniwersalny korpus umożliwia łatwą instalację napędu w dowolnej pozycji montażowej



Rys. 4. Zintegrowany system chłodzenia, z wymuszonym obiegiem oleju oraz wymiennikiem ciepła - olej/woda

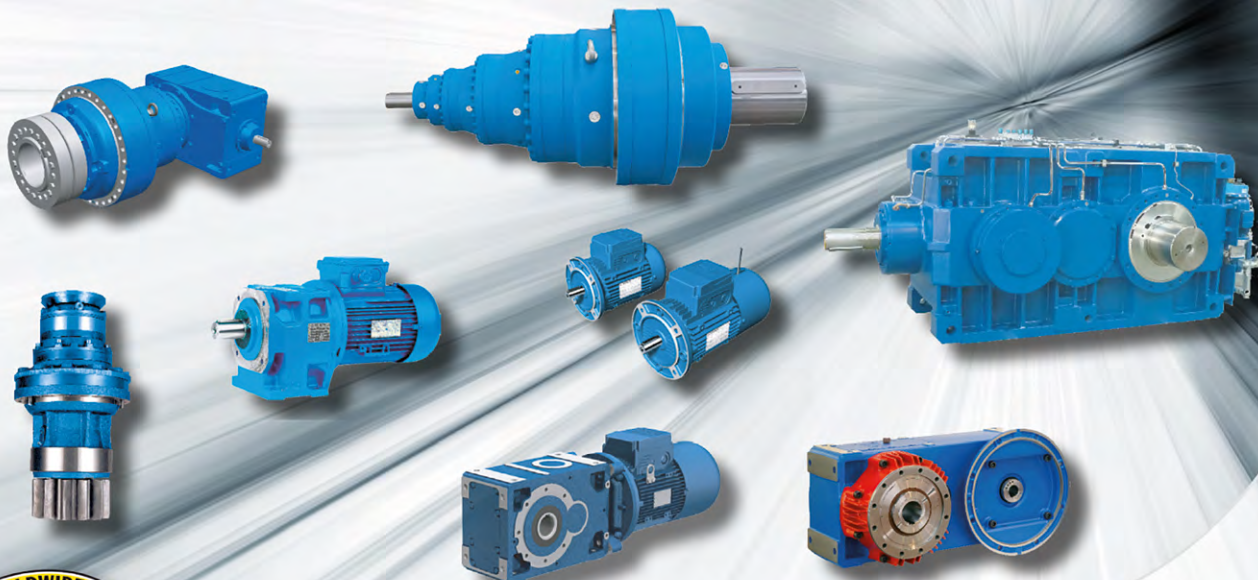
Stąd też z punktu widzenia użytkownika bardzo ważne jest lokalne wsparcie i doradztwo, właściwy dobór rozwiązania oraz serwis posprzedażny. Na tym polu Rossi zdecydowanie wyróżnia się na tle konkurencji, oferując pomoc techniczną swoich fachowców, zarówno na etapie doboru napędu i jego dopasowania do potrzeb urządzenia, jak i późniejszego serwisu urządzeń i wsparcia posprzedażnego.

Zapraszamy do współpracy!

ROSSI Polska Sp. z o.o
www.rossi.com

REKLAMA

Sprawdzone rozwiązania napędowe



Rossi ... ponieważ liczy się doświadczenie

Rossi Polska Sp. z o.o.
 Równinna 31, 87-100 Toruń
 tel. +48 56 6 490 450
 +48 56 6 490 451
 email info.poland@rossi.com
www.rossi.com/poland



Wpływ warunków wytłaczania na właściwości mechaniczne i termiczne polietylenu z dodatkiem bentonitu modyfikowanego N-nonylocholiną

Ewa Olewnik-Kruszkowska, Ewelina Jakubowska

Glinki smektyczne, do których zaliczamy montmorylonit (MMT), hektoryt (HT) i bentonit (BNT) należą do grupy minerałów stosowanych od dawna w ceramice, garncaństwie czy rzeźbiarstwie. Obecnie znajdują one szerokie zastosowanie w przemyśle jako nanonapełniacze tworzące kompozyty polimerowe charakteryzujące się dużo lepszymi właściwościami wytrzymałościowymi i szerszym spektrum zastosowania niż kompozyty zawierające napełniacze tradycyjne [1].

Bentonit jest związkiem hydrofilowym, a zatem jest on niekompatybilny z większością polimerów. W celu nadania mu właściwości organofilowych i zwiększenia jego powinowactwa do osnowy polimerowej przeprowadza się jego modyfikację [2]. Cechy, które pozwalają na modyfikację, to przede wszystkim zdolność wymiany kationów oraz zdolność do pochłaniania wody, substancji organicznych oraz roztworów surfaktantów. Do najpopularniejszych metod modyfikacji trójwarstwowych minerałów ilastych należą [3]:

- adsorpcja,
- szczepienie związków organicznych,
- reakcje z kwasami,
- wymiana jonowa z nieorganicznymi lub organicznymi kationami,
- wiązania nieorganicznych lub organicznych anionów,
- interkalacja,
- polimeryzacja,
- odwadnianie i kalcynacja oraz rozwarstwianie i ponowna agregacja.

Do najczęściej stosowanych modyfikatorów zalicza się: kwasy aminowe i inne cząsteczki zawierające grupę aminową ($-NH_2$) i karboksylową ($-COOH$), jony alkiloamoniowe o ogólnym wzorze $CH_3 - (CH_2)_n - NH_3^+$, kationy fosfoniowe, sulfoniowe, silany o ogólnym wzorze $R-SiX_3$ i inne [4].

Odpowiednio zmodyfikowane napełniacze wraz z osnową polimerową tworzą nanokompozyt. Wprowadzenie niewielkiej ilości nanonapełniacza pozwala uzyskać lepsze właściwości, a mianowicie: mniejszą palność, lepsze właściwości barierowe, większą sprężystość, lepszą stabilność termiczną, a także dłuższą żywotność tworzywa. Wprowadzenie do osnowy polimerowej

napełniaczy krzemowych najczęściej ma na celu poprawę właściwości mechanicznych, barierowych czy stabilności termicznej. Aby uzyskać pożądane właściwości, szczególną uwagę należy zwrócić na warunki otrzymywania kompozytu.

W związku z powyższymi dywagacjami w prezentowanej pracy omówiono wpływ różnych warunków wytłaczania na właściwości mechaniczne i stabilność termiczną nowych kompozytów na bazie polietylenu i zmodyfikowanego N-nonylocholiną napełniacza w postaci bentonitu. Z tego względu wykonano analizę termogravimetryczną oraz zbadano właściwości mechaniczne przy statycznym rozciąganiu dla materiałów otrzymanych w różnych warunkach temperatury i czasu mieszania.

OPIS BADAŃ

W pierwszej kolejności zmodyfikowano bentonit (Riedel de Haën) za pomocą N-nonylocholinoliny rozpuszczonej w mieszaninie woda-metanol (2/1 obj.) (rys 1). Stosunek modyfikatora do glinki wynosił 2 mmole na 1 gram BNT.

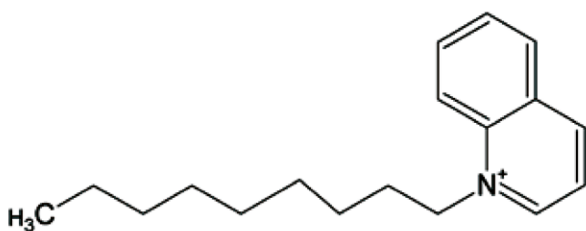
Zmodyfikowany napełniacz badano przy pomocy dyfraktometru rentgenowskiego X-Pert PRO Systems firmy Philips w zakresie kątów 2θ : 1-15°.

Tabela 1. Parametry wytłaczania kompozytów na bazie PE

Wariant	Czas mieszania [min]	Ilość obrotów [obr/min]	Temperatura [°C]	
			Strefa mieszania	Strefa zasilania
W1	3	80	200	185
W2	6	80	200	185
W3	3	80	185	170
W4	6	80	185	170
W5	3	80	160	145
W6	6	80	160	145

Tabela 2. Parametry wtrysku nanokompozytu

Ciśnienie wtrysku [bar]	250
Temperatura gniazda [°C]	175
Temperatura formy [°C]	30
Czas uplastyczniania [min]	3



Rys. 1. Wzór strukturalny N-nonylocholinoliny

Następnie zmodyfikowaną glinę w ilości 5% wprowadzano do polietylenu (Malen E, typ FABS, 23-D022) przy zmiennych parametrach urządzenia wytłaczającego (temperatury stref zasilania i mieszania oraz czas mieszania). Wytłaczanie prowadzono w mieszarko-wytłaczarce firmy PROMA. Poszczególne warianty warunków wytłaczania przedstawiono w tabeli 1.

Wytłoczony materiał granulowano i wtryskiwano kształtki w postaci wiosełek na wtryskarce firmy PROMA, które następnie wykorzystywano do badań właściwości mechanicznych. Parametry wtrysku przedstawiono w tabeli 2.

Badanie stabilności termicznej wykonano za pomocą analizy termogravimetrycznej (TG). Analizy TG prowadzono z wykorzystaniem termooanalizatora Simultaneous TGA-DTA Thermal Analysis firmy TA Instruments typ SDT 2960. W trakcie pomiaru próbki ogrzewano ze stałą szybkością równą 10°C/min w zakresie temperatur około 25°C do 600°C. Atmosferę nad próbką stanowiło powietrze.

Analiza właściwości mechanicznych nanokompozytów takich jak moduł Younga, naprężenie graniczne, siła maksymalna przy zerwaniu czy naprężenie maksymalne wykonane zostały przy użyciu maszyny wytrzymałościowej INSTRON 1193 z wykorzystaniem głowicy 500 N i przy szybkości trawersy 5 cm/min.

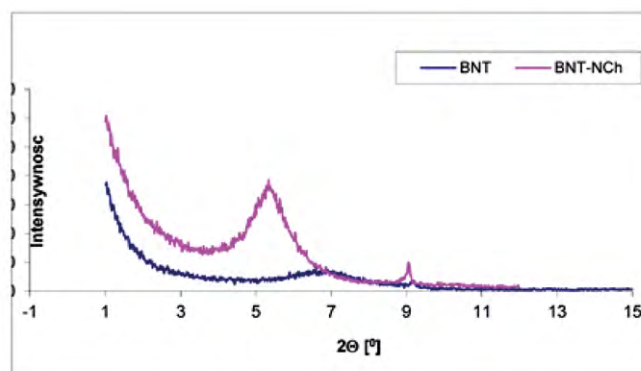
WYNIKI I DISKUSJA

W celu ustalenia, jakie zmiany zaszły na skutek modyfikacji gliny, przeprowadzono badanie dyfrakcji rentgenowskiej, dzięki której było możliwe obliczenie zmiany odległości pomiędzy płytkami napełniacza. Na rysunku 2 przedstawiono dyfraktogram czystego bentonitu (BNT) i bentonitu zmodyfikowanego N-nonylocholiną (BNT-NCh). Na wykresach wyróżnić można sygnały odpowiadające płaszczyźnie sieciowej (001). Dla BNT sygnał taki znajduje się w zakresie kątów 6,79°, natomiast dla BNT-NCh jest on przesunięty w kierunku niższych kątów i znajduje się przy 5,34°. Niższe wartości kąta 2θ dla zmodyfikowanego BNT oznaczają wzrost odległości *d* między dwiema płytkami gliny. Wzrost ten jest względnie duży, wartość *d* dla niezamodyfikowanego BNT wynosi 1,327 nm, natomiast dla zmodyfikowanego 1,654 nm [4].

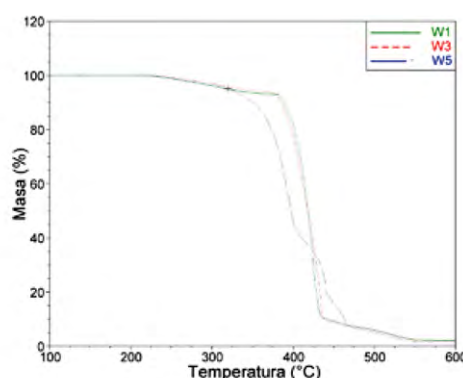
Kompozyty na bazie polietylenu zawierające 5%wg zmodyfikowanego bentonitu wytłoczono w różnych warunkach. Na rysunku 3 zestawiono termogramy uzyskane dla materiałów mieszanych w czasie 3 minut (warunki W1, W3, W5). Otrzymane termogramy jednoznacznie wskazują, iż temperatury, w jakich zachodzi otrzymywanie kompozytów, mocno związane są z temperaturami stref zasilania i mieszania.

Ubytek masy kompozytów związany jest z termiczną degradacją modyfikatora i polimeru. Na wartość temperatury ubytku masy wpływa stabilność termiczna modyfikatora, rodzaj i masa cząsteczkowa polimeru oraz dyspersja napełniacza w osnowie polimerowej. W przypadku omawianych kompozytów najwyższą stabilnością wykazał się materiał otrzymywany w układzie temperatur 200/185°C (tabela 3). Wskazuje na to, iż nastąpiła dobra dyspersja napełniacza w osnowie polimerowej, co skutkowało utworzeniem równomiernej zwęgliny napełniacza na powierzchni kompozytu [5]. A zatem dzięki obecności płytek krzemianu następuje wydłużenie się drogi dyfuzji dla produktów rozkładu polimeru i jednocześnie ograniczenia dostępu tlenu do polimeru [6,7].

Dla niższych temperatur przetwórstwa (160/145°C), lepkość układu była na tyle duża, iż napełniacz nie został na tyle zdyspergowany, aby utrzymać wysoką temperaturę ubytku masy. Różnica pomiędzy otrzymywaniem kompozytu w temperaturach 200/185°C a 160/145°C wynosi prawie 40°C.



Rys. 2. Dyfraktogram czystego (BNT) i zmodyfikowanego bentonitu (BNT-NCh)



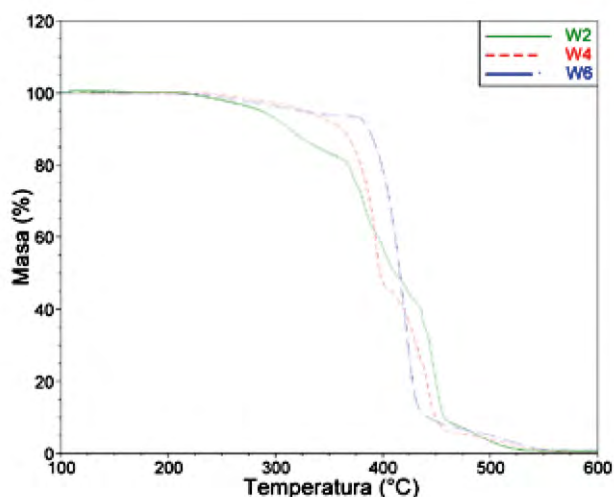
Rys. 3. Krzywe TG dla kompozytów mieszanych 3 min

Tabela 3. Temperatury 10 i 50% ubytku masy dla poszczególnych wariantów otrzymywania

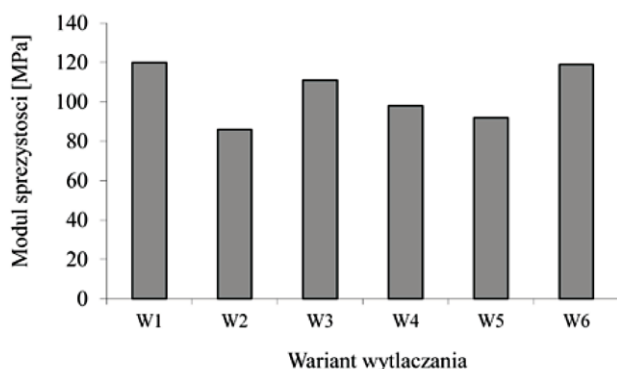
Wariant wytłaczania	T _{10%}	T _{50%}
W1	388,9	417,8
W2	313,8	411,9
W3	385,0	417,7
W4	361,8	397,6
W5	350,4	397,2
W6	386,6	415,8

Na rysunku 4 przedstawiono krzywe TG dla materiałów otrzymanych w tych samych temperaturach, ale przy dłuższym czasie mieszania materiałów wynoszącym 6 minut. W tym przypadku największą stabilnością termiczną wykazały się materiały otrzymywane w niższych temperaturach (160/145°C), a najniższą kompozyty przetwarzane w najwyższych badanych temperaturach (200/185°C).

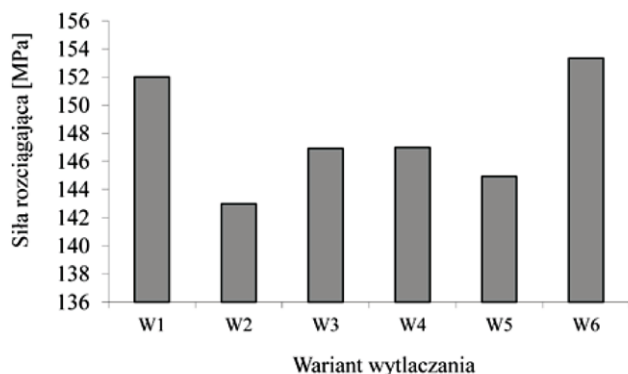
Wpływ na to zjawisko mogą mieć produkty rozkładu modyfikatora (wg reakcji eliminacji Hoffmana – reakcji termicznego rozkładu IV-rzędowych soli amoniowych), zachodzące przy dłuższym przebywaniu w wysokich temperaturach. Związki te katalizują reakcję rozkładu polimeru, co wpływa na pogorszenie stabilności termicznej kompozytów [7, 8]. Ponadto wysoka temperatura prowadzi do rozrywania wiązań w głównych łańcuchach szkieletu



Rys. 4. Krzywe TG dla kompozytów mieszanych 6 min



Rys. 5. Zależność modułu Younga od warunków wytłaczania



Rys. 6. Zależność siły rozciągającej od warunków wytłaczania

polimerowego, powodując jego degradację. Skutkuje to utworzeniem palnego monomeru lub eliminacją małych fragmentów łańcucha, które mogą ulegać procesowi spalania [9, 10].

Badania dowodzą, iż czas przebywania kompozytu w wysokiej temperaturze ma bardzo istotny wpływ na właściwości otrzymanego materiału. Różnica 3 min przebywania w mieszarko-wytłaczarce skutkuje obniżeniem stabilności termicznej o ponad 70°C.

Zbadano również wpływ różnych warunków mieszania na właściwości mechaniczne kompozytów na bazie polietylenu. Na rysunku 5 przedstawiono zależność modułu sprężystości od wa-

runków wytłaczania.

Widać na nim wyraźną korelację pomiędzy stabilnością termiczną materiałów a modułem Younga. Na rysunku 6 przedstawiono zależność siły rozciągającej (F_m) od warunków wytłaczania. Najwyższą wartość siły rozciągającej osiągnięto dla materiałów mieszanych dłużej, ale za to w niższych temperaturach. Druga w kolejności wartość F_m została uzyskana dla próbki mieszanej 3 min, ale w najwyższych stosowanych temperaturach przetworstwa (200/185°C).

PODSUMOWANIE

Otrzymane rezultaty wskazują, iż planując otrzymywanie kompozytów na bazie polietylenu z dodatkiem bentonitu modyfikowanego N-nonylocholiną, należy w wyższych temperaturach (200/185°C) prowadzić proces krócej (3 min) w celu uniknięcia degradacji modyfikatora i polimeru, natomiast w niższych temperaturach (160/145°C) proces mieszania należy prowadzić dłużej (6 min) w celu uzyskania odpowiedniej dyspersji napelnacza w osnowie polimerowej zapewniającej wyższą stabilność termiczną oraz większe wartości parametrów mechanicznych.

LITERATURA

- [1] Gołębiowski J., Różański A., Gałęski A.: Badanie procesu wytwarzania nanokompozytu polipropylenu z montmorillonitem. *Polimery* 2006, vol. 51, nr 5, s. 374-381.
- [2] Malesa M.: Nanonapelniacze kompozytów polimerowych. *Elastomery* 2004, vol. 8, nr 3, s. 12-17.
- [3] Pagacz J., Pielichowski K.: Modyfikacja krzemianów warstwowych do zastosowań w nanotechnologii. *Czasopismo Techniczne. Chemia* 2007, nr 1, s. 133-147.
- [4] Pavlidou S., Papaspyrides C. D.: A review on polymer - layered silicate nanocomposites. *Progress in Polymer Science* 2008, vol. 33, nr 12, s. 1120-1144.
- [5] Ramos Filcho F. G. i inni: Thermal stability of nanocomposites based on polypropylene and bentonite. *Polymer Degradation and Stability* 2005, vol. 89, s. 383-392.
- [6] Gołębiowski J.: Nanokompozyty polimerowe. Struktura, metody wytwarzania i właściwości. *Przemysł Chemiczny* 2004, vol. 83, nr 1, s. 15-20.
- [7] Olewnik E., Czerwiński W., Garman K.: Thermal properties of composites based on new modified nanoclay, polyethylene and polypropylene. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2010, vol. 101, nr 1, s. 323-329.
- [8] Zhao Ch. i inni: Mechanical, thermal and flammability properties of polyethylene/clay nanocomposites. *Polymer Degradation and Stability* 2005, vol. 87, nr 1, s. 183-189.
- [9] Marazzato C. i inni: Kinetics of nonisothermal degradation of nanocomposites based on functionalized polyethylenes. *Polymer Testing* 2007, vol. 26, nr 4, s. 526-536.
- [10] Olewnik E. i inni: Thermal properties of nanocomposites based on polyethylene and N-heptaquinolinium modified montmorillonite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2012, vol. 110, nr 1, s. 479-484.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przetwórstwo Tworzyw” nr 5/2017, s. 404-410.

dr hab. Ewa OLEWNIK-KRUSZKOWSKA
dr Ewelina JAKUBOWSKA

Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu



GRANULATY PLASTYFIKOWANE NA BAZIE PCW

- granulaty (związki) do zastosowań kablowych (izolujące i ochronne polichlorki winylu)
- granulaty (związki) do ogólnego zastosowania (wtryskiwanie i wytłaczanie)







OBSZARY ZASTOSOWANIA

Uniwersalne kable i przewody



 **wysoka odporność**
 **na warunki atmosferyczne**

 **wysoka**
 **rezystywność**



 **odporność w niskich**
 **temperaturach (do -40°C)**

 **szeroki zakres**
 **twardości**



 **temperatura robocza**
 **rdzenia 70-80°C**



 **dobre właściwości**
 **mechaniczne**



Specjalne kable i przewody

 **zwiększona wytrzymałość**
 **termiczna**

 **odporność**
 **na promieniowanie UV**

 **dobra odporność**
 **olejowa**

 **niska emisja**
 **dymu**

 **dobra odporność**
 **ogniowa – LO do 32**

GRANULATY TECHNICZNE I MIESZANKI NA BAZIE PCW

Rodzaje granulatów technicznych i mieszanek:

- związki twarde do wytłaczania
- związki twarde do wtryskiwania
- związki twarde spienione
- suche mieszanki do wytłaczania
- suche mieszanki spienione

OBSZARY ZASTOSOWANIA

Elektrotechnika

- kanały i korytka elektroinstalacyjne
- rury elektroinstalacyjne, rury karbowane typu peszel
- łączniki, gniazda i włączniki
- obudowy

Przemysł meblarski

- obrzeża i listwy meblowe
- profile meblowe (lite i spienione)



Konstrukcja

- profile okienne
- panele ścienne, panele sufitowe, panele roletowe
- listwy do glazury, listwy przypodłogowe lite i spienione, listwy stolarki okiennej i drzwiowej
- rury do wody pitnej, elementy armatury i zawory
- elementy ogrodzeń
- fittingi

Właściwości fizykomechaniczne wytłaczanego PVC modyfikowanego mikrosferami polimerowymi z czynnikiem porującym

Aneta Tor-Świątek

Modyfikacja tworzyw polimerowych w różnych procesach technologicznych przetwórstwa jest obecnie standardem ze względu na chęć zmiany poszczególnych właściwości tworzywa, co powoduje poszukiwania nowych kierunków zastosowań materiałów polimerowych [6, 8]. Właściwości fizyczne, mechaniczne i użytkowe, jak również morfologia materiałów ściśle zależą od rodzaju i ilości dodanych składników oraz ich mieszalności. Wpływ na ostateczne właściwości i strukturę wytworu ma także zastosowany proces przetwórstwa [7, 9].

Modyfikacja tworzyw polimerowych środkami pomocniczymi, jakimi są porofory, powoduje zmianę struktury z litej na porowatą lub mikroporowatą. Do środków tych należą środki porotwórcze w postaci gazów, cieczy, porofory w postaci granulek czy mikrosfer. Mogą mieć one także różną charakterystykę rozkładu, endotermiczną lub egzotermiczną [10].

Proces modyfikacji tworzyw polimerowych środkami porotwórczymi opisano w pracy E. Bociągi i P. Palutkiewiczza [1]. Badania polegały na wyznaczeniu wpływu dodanego poroforu oraz warunków procesu wtryskiwania na strukturę otrzymanych wyprasek. Modyfikacji poddano polipropylen, zaś modyfikatorem był Hydrocerol CF dodawany w ilościach od 0,125% do 0,5%. Wykazano, że wypraski otrzymane w temperaturze niższej zawierają największą ilość porów, ale o najmniejszej średnicy. Sytuacja odwrotna zachodzi w wyższych temperaturach przetwórstwa. Dodatkowo stwierdzono, że powierzchnia porów uzależniona jest od prędkości wtryskiwania. Im większa jest prędkość wtryskiwania, tym większe jest pole powierzchni porów.

W pracy [3] analizowano metody porowania tworzyw polimerowych, rodzaje środków porujących oraz ich wpływ na morfologię wytworów. Wykazano, że dobrana metoda przetwórstwa, w tym sposób chłodzenia wytworu oraz rodzaj środka porującego, znacząco wpływa na charakter struktury, kształt porów i ich koncentrację oraz na inne właściwości fizyczne, jak obniżenie gęstości.

W pracach [2, 5, 11] podjęto problem wpływu dodatku poroforu na właściwości mechaniczne tworzyw polimerowych. We wszystkich przypadkach stwierdzono znaczący wpływ środka porującego na badane właściwości mechaniczne, jednocześnie wskazując, iż powtarzalność wyników w próbkach porowatych jest trudna do uzyskania ze względu na niejednorodność struktury porowatej przy wybranych poziomach dozowań tego środka. Wykazano, że wzrost zawartości poroforu w tworzywie powoduje zwiększenie udziału odkształcenia pierwotnego pod obciążeniem ściskającym. Badania wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia przy zerwaniu wykazały zmniejszenie wartości badanych właściwości wraz ze zwiększaniem zawartości środka porującego o maksymalnie 15-20%.

W ocenie jakości wytworów z tworzyw polimerowych i nie tylko,

jednym z podstawowych parametrów, oprócz właściwości wytrzymałościowych, jest barwa. Jest to cecha fizyczna, która może informować o składzie chemicznym materiału, przydatności do przetwórstwa, przechowywania, transportu czy oceny procesu technologicznego. Pomiaru barwy można dokonać wykorzystując jedną z kilku dostępnych metod, w tym densytometrię, kolorymetrię lub spektrofotometrię [4].

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Do badań zastosowano poli(chlorek winylu) plastyfikowany o nazwie handlowej Alfavinyl GFM/4-31-TR, produkcji Alfa PVC Sp. z.o.o. Użycie tego tworzywa wynika z jego szerokiego zastosowania w przetwórstwie tworzyw polimerowych oraz właściwości. Badany PVC charakteryzuje się następującymi właściwościami (według danych producenta): gęstość 1230 kg/m³, współczynnik sprężystości 2600 MPa, wytrzymałość na zerwanie 21 MPa, wydłużenie przy zerwaniu 300%, twardość Shore A, 800Sh.

PVC modyfikowano środkiem mikroporującym w postaci mikrosfer polimerowych Expancel, produkcji Akzo Nobel. Są to niewielkie cząstki o sferycznym kształcie, składające się z polimerowej powłoki, wewnątrz której znajduje się substancja czynna w postaci ciekłego węglowodoru. Na skutek ogrzewania termoplastyczna kapsułka mięknie i zwiększa się ciśnienie cieczy, które powoduje rozrost mikrosfery. Mikrosfery polimerowe charakteryzują się gęstością ≤ 9 kg/m³, początkową temperaturą przetwarzania 133–143°C, rozmiarem jednej cząstki przed ekspansją 28–38 μ m. W badaniach zastosowano dodatek 0,25%, 0,5% oraz 1% wag. (w stosunku do plastyfikatu PVC) mikrosfer Expancel 951 MB 120. Zastosowane mikrosfery Expancel zawierały



Rys. 1. Wygląd ogólny próbek zawierających mikrosfery polimerowe w ilości: a) 0%, b) 0,25%, c) 0,5% d) 1%

PLASTIC PROCESSING MACHINES

POL-SERVICE MAJCHER



ZAPEWNIAMY WYSOKĄ JAKOŚĆ I SZYBKIE DOSTAWY Z NASZEGO MAGAZYNU

Oferujemy:

- układy plastyfikujące do wylączarek;
- wylączarki jedno- i dwuślimakowe stożkowe i równoległe;
- linie do recyklingu i granulacji tworzyw;
- linie do produkcji rur i profili;
- młyny, shreddery, mieszalniki;
- kompandery;
- zmieniające sit: płytowe, tłokowe, obrotowe, laserowe i inne.

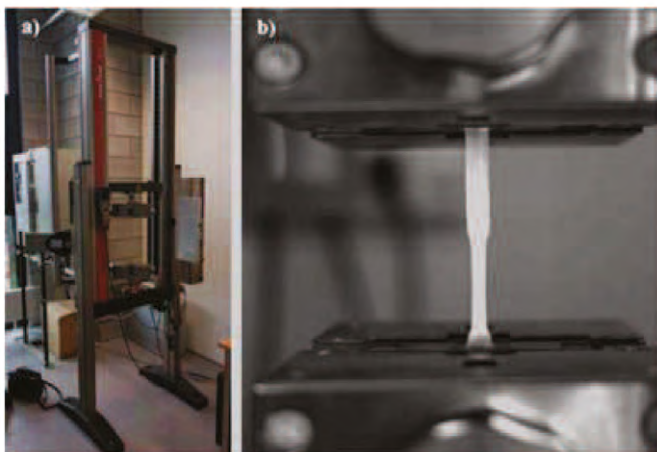


Pol-Service Jacek Majcher

35-317 Rzeszów • ul. Budziwojska 90 • tel. 17 229 34 56
maszyny@pol-service.pl • www.pol-service.com • www.pol-service.pl

Filtr laserowy/kontynuacyjny
(wydajność do 1500 kg/H)





Rys. 2. Wygląd stanowiska do badań wytrzymałościowych: a) maszyna wytrzymałościowa, b) próbka podczas próby rozciągania (widok z kamery maszyny)

65% substancji czynnej oraz 35% osnowy EVA (kopolimer etylen z octanem winylu).

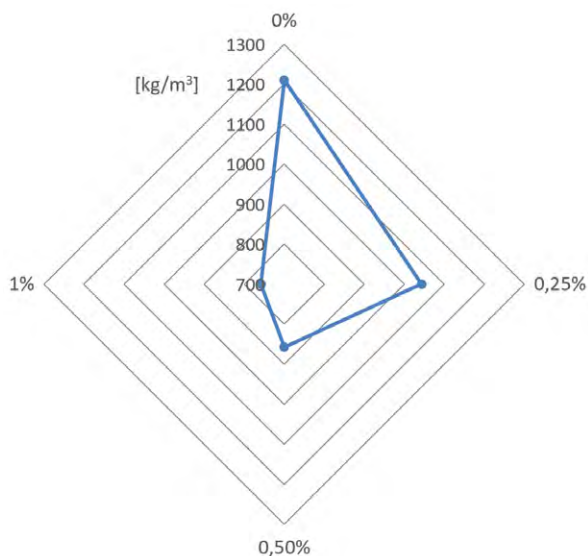
Do badań użyto taśm o szerokości 6 mm i grubości 2,6 mm (rys. 1), wykonanych w procesie wytłaczania porującego z wykorzystaniem wytłaczarki jednoślindakowej T32–25. Temperatura kolejnych stref układu uplastyczniającego wytłaczarki wynosiła odpowiednio: I-110°C, II-120°C, III – 130°C, IV-140°C. Temperatura głowicy wytłaczarskiej wynosiła 150°C, zaś czynnika chłodzącego (wody) 25°C.

Oznaczono gęstość, porowatość i barwę oraz właściwości mechaniczne, w tym: moduł sprężystości, wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie przy zerwaniu.

Badania gęstości oraz porowatości przeprowadzono metodą piknometryczną (wg PN-EN ISO 1183 oraz PN-EN ISO 845) na stanowisku wyposażonym w piknometr, wagę laboratoryjną o dokładności pomiaru do 0,1 mg. W badaniach jako ciecz stosowano izopropanol. Porowatość próbek wyznaczano pośrednio, korzystając ze wzoru:

$$p = \left(\frac{\rho - d_p}{\rho} \right) 100\%$$

gdzie: ρ - gęstość tworzywa litego, d_p - gęstość pozorna tworzywa porowatego.



Rys. 3. Zależność gęstości wytłoczyny od zawartości mikrosfer w plastyfikacie PVC

Badania barwy wykonano metodą spektrofotometryczną na stanowisku wyposażonym w urządzenie x-rite model Ci 4200 wraz z oprogramowaniem i wzornikami kalibrującymi. W pierwszej kolejności badano próbki niemodyfikowanego PVC (materiał lity), a otrzymane wyniki przyjęto jako wzorzec do kolejnych pomiarów próbek PVC modyfikowanych mikrosferami. Badaniom barwy poddano 5 próbek każdego rodzaju.

Badania właściwości mechanicznych (wg PN-EN ISO 527) przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Zwick Roel Z010 (rys. 2). Badania przeprowadzono w następujących warunkach: siła wstępna: 0,1 MPa, prędkość modułu rozciągania: 1mm/min, prędkość badania: 50 mm/min.

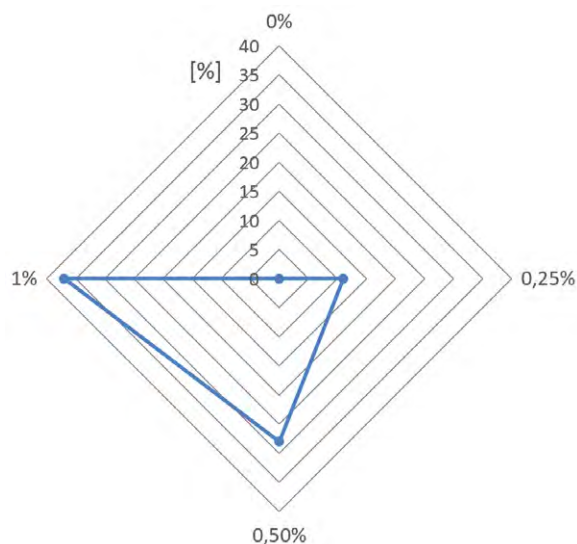
WYNIKI BADAŃ

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w postaci graficznej na rysunkach 3-9 oraz tabeli 1. Dodanie mikrosfer polimerowych do PVC znacząco obniżyło gęstość próbek (rys. 3), jednocześnie zwiększając porowatość (rys. 4) wytłoczyn. Dodanie mikrosfer do PVC w ilości 1% wag. spowodowało zmniejszenie masy wytłoczyny o około 40%.

Porowatość wytłoczyny zwiększyła się wraz ze zwiększaniem zawartości mikrosfer w plastyfikacie PVC. W wytłoczynie zawierającej 0,25% wag. mikrosfer porowatość wyniosła 11%. Na skutek zwiększania zawartości mikrosfer w tworzywie do 0,5% wag. otrzymano największy wzrost porowatości o 17%, podczas kolejnego zwiększania zawartości mikrosfer do 1% wag. nastąpił wzrost porowatości o kolejne 9%.

Dodanie mikrosfer polimerowych do PVC spowodowało zmianę połysku i barwy próbek widoczne okiem nieuzbrojonym (rys. 1). Powierzchnia próbek uległa znaczącemu zmatowieniu, zaś PVC, który oryginalnie jest transparentny, po modyfikacji stracił transparentność i zmienił barwę na odcienie koloru białego. Badania spektrofotometryczne umożliwiły wyznaczenie wartości zaistniałych zmian barwy. Wyniki wartości średnich poszczególnych parametrów systemu CIE L*a*b* zestawiono w tabeli 1, zaś wykres spektrofotometryczny przedstawiono na rys. 5.

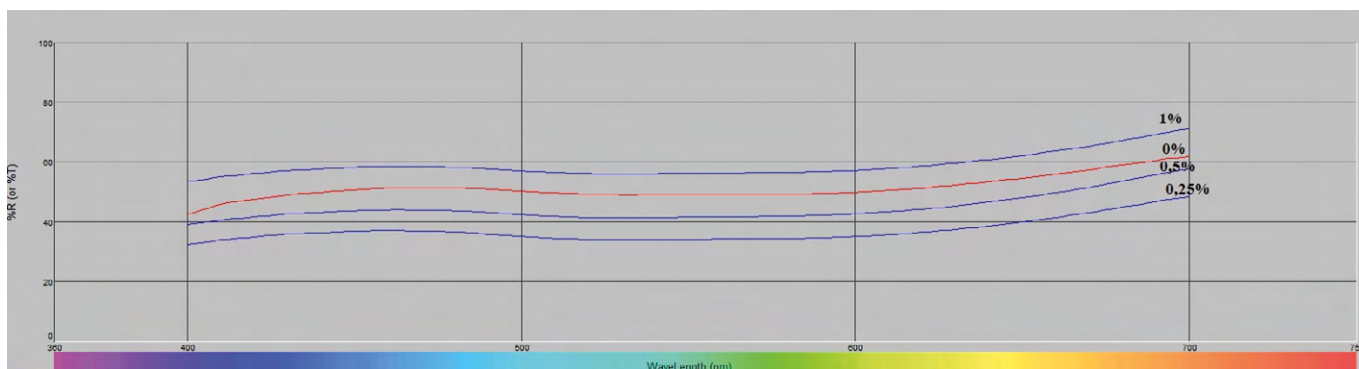
Otrzymane dane spektralne próbek PVC modyfikowanych mikrosferami wykazały spadek parametru L* o 13% w wytłoczynach zawierających 0,25% wag. mikrosfer oraz o 6% w wytłoczynach zawierających 0,5% wag. mikrosfer w stosunku do tworzywa litego. Dodatek 1% wag. mikrosfer spowodował wzrost parametru L* w stosunku do PVC litego o 6%. Najmniejsze wartości



Rys. 4. Zależność porowatości wytłoczyny od zawartości mikrosfer w plastyfikacie PVC

Tabela 1. Wyniki badań spektrofotometrycznych

Lp.	Właściwość	Zawartość mikrosfer, %				S
		0	0,25	0,5	1	
1.	L*	75,95	65,65 ^D	71,87 ^D	80,11 ^L	1,22
2.	A*	1,13	1,29 ^R	1,10 ^R	0,5 ^R	0,36
3.	b*	0,38	1,53 ^B	0,67 ^B	0,43 ^B	0,40
4.	C	1,19	1,89 ^B	1,28 ^B	0,63 ^B	0,85
5.	h°	341,57	340,91 ^B	341,37 ^B	341,37 ^B	0,81
6.	DEcmc	–	4,79	2,58	1,82	0,73



Rys. 5. Wykres pomiaru spektrofotometrycznego wygenerowanego przez oprogramowanie urządzenia x-rite przedstawiający zależność współczynnika odbicia R od długości fali

pozostałych parametrów $a^*b^*c^*$ wykazały próbki z największą zawartością mikrosfer (1% wag.). Na podstawie wykresu spektrofotometrycznego można stwierdzić, że największy spektralny współczynnik odbicia ma próbka PVC zawierająca 1% mikrosfer polimerowych.

W ramach prowadzonych badań właściwości mechanicznych otrzymano wyniki modułu sprężystości, wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia przy zerwaniu próbek mikroporowatych, przedstawione w formie graficznej na rysunkach 6–8.

Badania wykazały, że wartość modułu sprężystości (rys. 6) maleje wraz ze wzrostem zawartości mikrosfer od 7% w wytłoczynach zawierających 0,25% wag. do 18% w wytłoczynach zawierających 1% wag. środka. Badania wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia przy zerwaniu również uległy obniżeniu na skutek modyfikacji. Wartość σ_m (rys. 7) znacząco spadła już przy zawartości mikrosfer 0,25% wag. o około 40%. Wraz z dalszym zwiększaniem zawartości mikrosfer nastąpił dalszy spadek wytrzymałości aż do 63% przy zawartości 1% wag. mikrosfer.

REKLAMA

Jesteśmy firmą rodzinną i od prawie 40 lat zajmujemy się **produkcją i sprzedażą różnorodnej gamy profili oraz granulatów z PVC.**



Firma Skowroński Sp. J.

87-162 Młyniec Pierwszy, ul. Rzemieślnicza 1
tel. 694-253-267

e-mail: biuro@firmaskowronski.pl

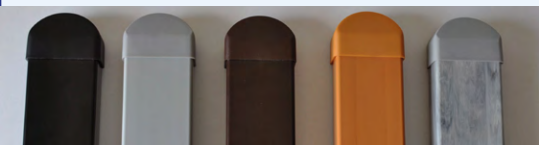
www.firmaskowronski.pl

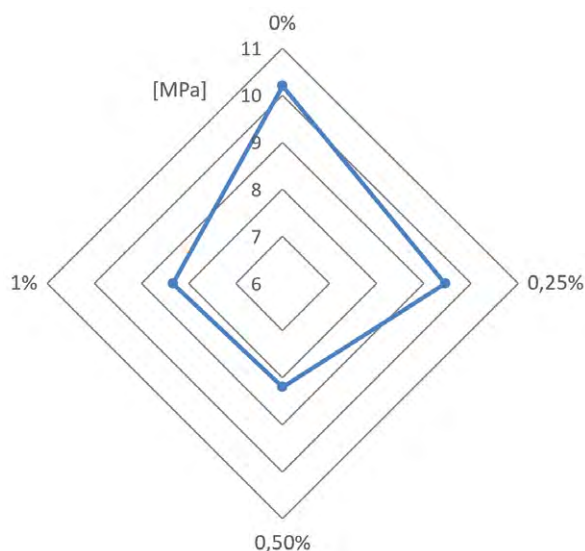
Produkujemy różnego rodzaju **profile wykończeniowe**, w ofercie mamy sztachety oraz szczeble do ławek wytwarzane z twardego PVC. Dla ogrodnictwa mamy w swojej ofercie **węże ogrodowe**. Ponadto wytwarzamy uszczelki na stojaki do transportu, uszczelki krawędziowe oraz do bram garażowych i wiele innych. Jesteśmy jednym z większych w Polsce dostawców wkładów do aluminiowych wycieraczek systemowych.

Produkujemy granulaty PVC pierwotne zarówno z własnych receptur, jak i powierzonych od klientów. Wytwarzane są one z suspensyjnego polichlorku winylu (PVC) oraz odpowiednich środków pomocniczych.

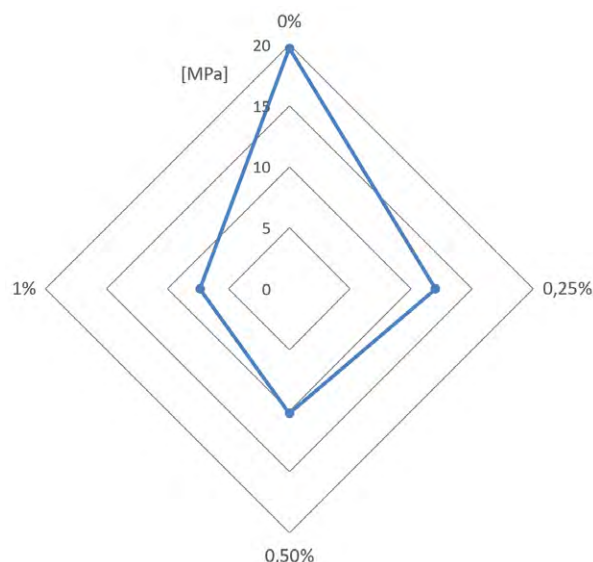
Wykonujemy także **usługi granulacji i regranulacji**. Szybki czas realizacji zleceń.

Jesteśmy otwarci na współpracę przy nowych produktach – posiadamy bogaty park maszynowy.





Rys. 6. Zależność modułu sprężystości E , wytłoczyny od zawartości mikrosfer w plastyfikacji PVC



Rys. 7. Zależność wytrzymałości na rozciąganie σ_m , wytłoczyny od zawartości mikrosfer w plastyfikacji PVC

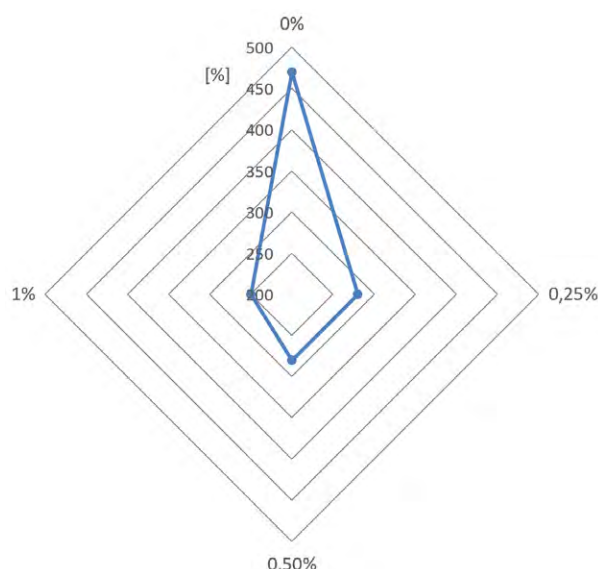
Oznaczone wydłużenie (rys. 8) również uległo obniżeniu o 40% w próbkach zawierających 0,25% wag. i 0,5% wag. środka i dalej o 57% w próbkach zawierających 1% wag. mikrosfer.

PODSUMOWANIE

Modyfikowanie tworzyw polimerowych w procesach przetwórstwa umożliwia otrzymanie wyrobów o nowych właściwościach fizycznych, mechanicznych i użytkowych. Stwarza to możliwość poszukiwania nowych kierunków zastosowań tych materiałów. Przeprowadzona modyfikacja PVC środkiem porującym w postaci mikrosfer polimerowych z czynnikiem porującym skutkowała zmianami wszystkich badanych właściwości fizykomechanicznych. Zmiany barwy na skutek modyfikacji widoczne okiem niezbrojonym potwierdziły badania spektrofotometryczne. O ile duże zmniejszenie masy wytworu jest zabiegiem celowym i korzystnym, to pogorszenie właściwości mechanicznych o średnio 50% jest zjawiskiem niepożądanym i ogranicza możliwości aplikacyjne wytworów porowatych. Potencjalne obszary zastosowania badanych wytworów porowatych to izolacje kabli, rury, filtry w reaktorach ścieków mlekowych.

LITERATURA

- [1] Bociąga E., Palutkiewicz P.: Wpływ zawartości poroforu i warunków wtryskiwania na strukturę wyprasek z polipropylenu. Polimery 2011, 56, 10, 749-757.
- [2] Bieliński M., Muzyczuk P.: Ocena wytrzymałości na ściskanie próbek porowatego polipropylenu. Polimery 2011, 56, 4, 309-316.
- [3] Kozłowski M.: Lightweight Plastic Materials, Thermoplastic Elastomers, Praca zbiorowa pod red. Prof. Adel El-Sonbati, In-Tech, Croatia 2012.
- [4] Fraser B., Murphy C., Bunting F.: Profesjonalne zarządzanie barwą. Helion, Warszawa 2012.
- [5] Garbacz T., Tor A.: Wpływ zawartości środka porującego na właściwości użytkowe zewnętrznych powłok kabli wytwarzanych metodą wytłaczania porującego. Polimery 2007, 52, 4, 286-476.
- [6] Praca zbiorowa pod redakcją K. Wilczyńskiego: Wybrane zagadnienia przetwórstwa tworzyw sztucznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.
- [7] Rabek J.F.: Współczesna wiedza o polimerach. Wydawnictwo PWN, Warszawa 2008.



Rys. 8. Zależność wydłużenia przy zerwaniu ϵ , wytłoczyny od zawartości mikrosfer w plastyfikacji PVC

- [8] Stasiak J.: Wytłaczanie tworzyw polimerowych. Zagadnienia wybrane, Bydgoszcz 2007.
- [9] Tor-Świątek A., Sikora J.W.: Analiza wpływu modyfikacji poli(chloroku winylu) mikrosferami na strukturę geometryczną wytłoczyny. Przemysł Chemiczny 2013, 92, 4, 538-541.
- [10] Tor-Świątek A.: Characteristic of physical structure of poly(vinyl chloride) extrudate modified with microspheres. Polimery 2012, 57, 7-8, 577-580.
- [11] Żach P.: Badania porowatych tworzyw sztucznych wykorzystywanych do produkcji foteli samochodowych. Tworzywa Sztuczne i Chemia 2006, 6, 12-19.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przetwórstwo Tworzywa” nr 4/2016, s. 371-376.

dr inż. Aneta Tor-Świątek
Politechnika Lubelska, Katedra Procesów Polimerowych,
Lublin



ALEA
PLASTICS MACHINERY

www.aleamachinery.pl



POLSKIE WYTŁACZARKI DO FOLII LDPE

szerokość wałów 1000-1150-1300-1600-1800 mm
ślímaki 55 / 70 / 80 / 90 mm L/D 29-33
włoskie podzespoły główne
silniki ABB / WEG / SIEMENS
sterowniki OMRON lub DELTA

PEŁNA OFERTA PODZESPOŁÓW DO REMONTU WYTŁACZAREK

UL. WESOŁA 8
05-074 DŁUGA KOŚCIELNA
tel: +48 602 288 149
alea@2a.pl

Doświadczalne badania kompensatorów kształtowych w instalacjach grzewczych wykonywanych z chlorowanego polichlorku winylu CPVC

Henryk G. Sabiniak, dr inż. Adam Rubnikowicz

Wartykule [1] przeprowadzono rozważania teoretyczne wydłużeń liniowych i naprężeń w kompensatorach kształtowych, występujących podczas eksploatacji instalacji grzewczych, wykonanych z chlorowanego polichlorku winylu. Z rozważań tych wynikną wnioski, że dotychczas stosowane zalecenia do projektowania i wykonawstwa długości ramion kompensatorów kształtowych są niewłaściwe (zbyt długie ramiona).

W celu zweryfikowania wyników otrzymanych na podstawie rozważań teoretycznych: analitycznych i numerycznych [1], w kolejnym etapie badań kompensatorów wykonywanych z tworzywa sztucznego [2] przeprowadzono serię badań doświadczalnych zmęczeniowych i niszczących.

Zadaniem badań doświadczalnych była ocena wyników rozważań teoretycznych, a tym samym założeń przyjętych w pracy [1]. Miały określić również, czy instalacje wykonywane z chlorowanego polichlorku winylu będą działały niezawodnie przez zakładany czas ich eksploatacji, szacowany na 50 lat. Przedmiotem badań były elementy instalacji grzewczych, a dokładnie ramiona kompensatorów przedstawionych na rys. 1. Do badań doświadczalnych przyjęto najczęściej stosowane rury o nominalnych średnicach $D_n = 25$ mm, $D_n = 32$ mm i $D_n = 40$ mm. Długość ramion kompensatorów przyjęto stałą, równą $L_k = 680$ mm [1].

Ramiona kompensatorów badano w zestawach po cztery elementy, połączone szeregowo z przepływającą przez nie wodą. Woda przygotowywana była w kotle elektrycznym. Automatyka kotła umożliwiła stabilizację temperatury i ciśnienia wody w ściśle określonych zakresach. Ramiona badanych kompensatorów mocowane były w podporze stałej 2 (rys. 1). Swobodny koniec ramienia - próbki przygotowanej do badań, jako belki utwardzonej jednostronnie, odginany był od pozycji swobodnej, przez dwa popychacze 5 na odległość ustalonej strzałki ugięcia f [1]. Dla rur o różnych średnicach D_n i kolejnych serii badawczych, wartości strzałek ugięcia były nastawiane każdorazowo oddzielnie przez odpowiednie rozsuniecie popychaczy 5, tak aby uzyskać strzałki ugięcia o wartości f , $2 \cdot f$ i $3 \cdot f$ (rys.1) [1]. Do zginania próbek służył mechanizm korbowo-suwakowy, który zamieniał ruch obrotowy na posuwisto-zwrotny. Badane ramiona kompensatora były dwustronnie zginane (od położenia 0 do $2'$ i od 0 do 2 (rys.1), symulując pracę instalacji, którą zmontowano z naciąganiem wstępnym. Popychacze do ramy napędowej zamocowane były przegubowo (rys. 1), tak aby ich płaszczyzny nacisku działające na swobodne końce ramion kompensatorów mogły płasko i prostopadłe przylegać do nich, pomimo że zmieniały one położenie pod wpływem zginania.

Każde ramię kompensatora poddane było badaniu zmęczeniowemu o liczbie 12 000 cykli. W czasie badań zmęczeniowych

przez badaną instalację płynął czynnik grzewczy (woda) o temperaturze 70°C i panowało w niej stałe ciśnienie 6 bar. Przyjęta liczba cykli, wynosząca 12 000, wynikała z założenia 50 lat eksploatacji instalacji w rzeczywistości i przyjętego czasu trwania sezonu ogrzewczego - 240 dni określonego z normy [3] oraz że instalacja będzie wyposażona w automatykę pogodową.

Podstawową strzałkę ugięcia, ramienia kompensatora obliczono ze wzoru [1]:

$$f = \frac{2 \cdot \delta_{\text{dop}} \cdot L_k^2}{3 \cdot E \cdot D_z} \text{ m} \quad (1)$$

gdzie:

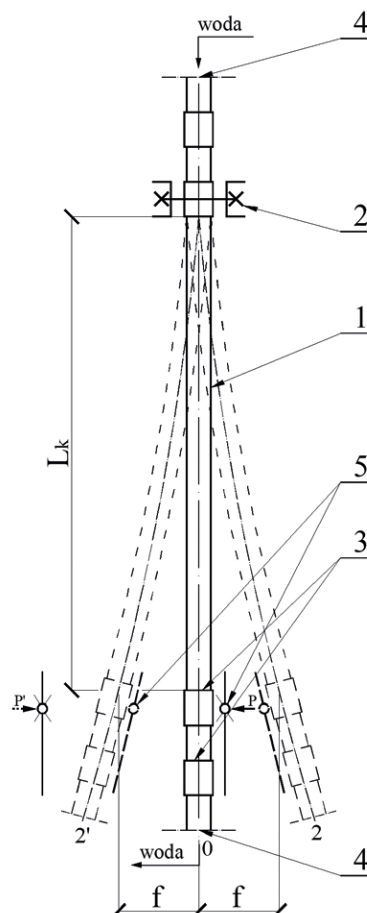
δ_{dop} – dopuszczalne naprężenia rozciągające [4], MPa,

L_k – długość ramienia kompensatora, m,

D_z – średnica nominalna rury, m.

E – moduł sprężystości, MN/m².

Ponieważ strzałkę ugięcia f obliczono z warunku dopuszczalnych naprężeń w ścianie rury wykonanej z chlorowanego poli-



Rys. 1. Układ do badań doświadczalnych kompensatora:
1 - ramię kompensatora,
2 - podpora stała,
3 - złączki popychaczy,
4 - miejsce do połączenia kolejnych próbek,
5 - popychacze,
f - nastawiane odległości strzałek ugięcia

chlorku winylu [4], [5], [6], potraktowano ją w badaniach jako wzorcową. Badania doświadczalne, sprawdzające wytrzymałość zmęczeniową kompensatorów, prowadzono, przyjmując kolejne wartości strzałek ugięcia, poczynając od strzałki ugięcia f , jako wzorcowej, a następnie podwojonej $2 \cdot f$ i potrojonej $3 \cdot f$.

WYNIKI BADAŃ ZMĘCZENIOWYCH RAMION KOMPENSATORÓW

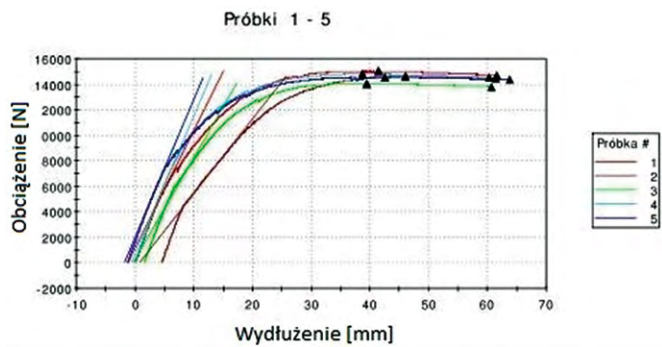
Po przeprowadzonych badaniach zmęczeniowych, każdą próbkę poddano oględzinom [7], [8], [9], [10] i na ich podstawie sformułowano następujące wnioski:

- żadna z próbek nie uległa zniszczeniu,
- nie zaobserwowano przecieków wody, ani rosenia na powierzchniach zestawów badawczych i połączeń klejonych,
- powierzchnie rur i kształtek badanych ramion kompensatorów nie wykazywały zmiany struktury ich powierzchni.

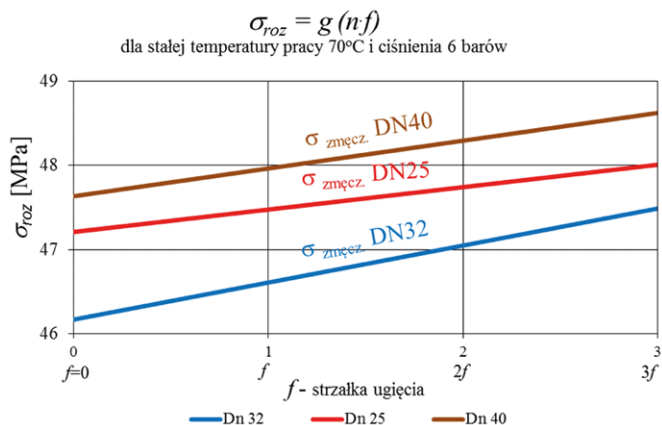
Chcąc ustalić, jak badania zmęczeniowe ramion kompensatorów wpłynęły na zmianę wytrzymałości polimeru – chlorowanego polichlorku winylu, przeprowadzono badania rozrywające. Próbie na rozrywanie poddano ramię kompensatora o długości $L_k = 680$ mm, łącznie z ograniczającymi je złączkami. Próbę przeprowadzono na rozrywance Instron produkcji USA.

WYNIKI BADAŃ NA ROZRYWANIE

Wyniki badań na rozrywanie [11] były rejestrowane w pamięci komputera i jednocześnie drukowane w formie wykresu. Na osi odciętych wykresu odkładane było wydłużenie bezwzględne w mm, a na osi rzędnych narastająca siła w N. Na każdym wykresie oznaczona jest maksymalna siła rozrywająca, dla której program obliczał maksymalne naprężenia rozciągające i odpowiadające im wydłużenia względne próbek. Koniec każdej krzywej z próby zrywania oznaczał rozerwanie próbki lub zakończenie badania ze względu na wejście próbki w fazę płynięcia materiału. Przykła-



Rys. 2. Przykładowe przebiegi prób rozrywania



Rys. 3. Wpływ wielkości strzałki ugięcia próbki na zmianę wytrzymałości na rozrywanie polimeru CPVC

dowe przebiegi z badań na rozrywanie zamieszczono na rys. 2.

Naniesione na rys. 3 wartości σ_{roz} dla strzałki ugięcia $f = 0$ dotyczą próbek obciążanych w próbie zmęczeniowej tylko ciśnieniem i temperaturą czynnika grzejnego – nie były one zginane.

WNIOSKI

Przeprowadzone badanie zmęczeniowe elementów kompensatorów kształtowych i rozważania teoretyczne [1] umożliwiły sformułowanie następujących wniosków:

- Polimer PVC-C, pod wpływem wielokrotnego zginania i temperatury [2], utwardza się, powodując wzrost jego wytrzymałości na rozrywanie. Nie oznacza to jednak wzrostu jego trwałości w czasie;
- Im większa była strzałka ugięcia podczas badań instalacji, tym większe następowało umocnienie materiału;
- Zalecane w literaturze [5], [12] dopuszczalne strzałki ugięcia f_{proj} ramion kompensatorów są zbyt bezpieczne, co powoduje projektowanie rozległych kompensatorów kształtowych. Należy pamiętać, że strzałka ugięcia f_{proj} jest równa połowie strzałki ugięcia f przyjętej w badaniach. W czasie badań obciążano ramiona kompensacyjne równe trzem strzałkom ugięcia f , co odpowiada aż $6 \cdot \sigma_{proj}$ i żadna z badanych próbek, w prognozowanym czasie trwałości (1,2 000 cykli), nie uległa uszkodzeniu;
- Z wyników badań uzyskanych z rozważań teoretycznych i badań doświadczalnych wynika jednoznacznie, że długości ramion kompensatorów są przewymiarowane. Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że długości tych ramion mogłyby być 2, a nawet 2,5 razy krótsze. Wynika to z zależności (1), z której można oszacować długość ramion kompensatorów:

$$L_k = \sqrt{\frac{3ED_z f}{2\sigma_{dop}}} \text{ m} \tag{2}$$

Przyjmując, że naprężenia w ramionach mogą być nawet 6-krotnie większe, wtedy:

$$L_k = \sqrt{\frac{3ED_z f}{2 \cdot 6 \cdot \sigma_{dop}}} \tag{3}$$

lub

$$L_k = 0,4 \sqrt{\frac{3ED_z f}{2\sigma_{dop}}} \tag{4}$$

Jak wynika ze wzoru (4) współczynnik 0,4 zmniejsza długość ramion kompensatorów w instalacjach grzewczych wykonywanych z chlorowanego polichlorku winylu do 40%;

- Z praktyki eksploatacyjnej wiadomo, że zdarzają się uszkodzenia kształtek stosowanych w kompensatorach kształtowych instalacji grzewczych wykonanych z chlorowanego polichlorku winylu. Jednakże przyczyny tych uszkodzeń nie są jednoznacznie rozpoznane.

LITERATURA

[1] Sabinak H.G., Rubnikowicz A.: Naprężenia w elementach kompensatorów kształtowych w instalacjach wykonywanych z chlorowanego polichlorku winylu – CPVC. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 6/2013.
 [2] Szyda A.: Termiczna wydłużalność rur polipropylenowych stabilizowanych warstwą aluminiową. Rozprawa doktorska. Politechnika Łódzka, Łódź 2010.
 [3] PN-B-02025: 2001 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego.

- [4] Niezgodziński M., Niezgodziński T.: Wytrzymałość materiałów. Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa 1998.
- [5] Lorek Z., Szymczak M.: Instalacja sanitarna. Projektowanie i montaż. Wydawnictwo NIBCO Marketing. 1994.
- [6] Harvel plastics corp. Produkt bulletin 112/401, 8/1/94.
- [7] PN-EN 763:1998 Systemy przewodowe z tworzyw sztucznych. Kształtki wtryskowe z tworzyw termoplastycznych. Metoda wizualnej oceny zmian w wyniku ogrzewania.
- [8] PN-EN 12293:2002 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych. Rury i kształtki z tworzyw termoplastycznych do grzejnej i zimnej wody. Metoda badania odporności zestawu rur i kształtek na cykliczne zmiany temperatury.
- [9] PN-EN ISO 15877-1:2009/A1:2011 Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do instalacji ciepłej i zimnej wody. Chlorowany polichlorek winylu (PVC-C). Część 1. Wymagania ogólne.
- [10] PN-EN ISO 15877-2:2009/A1:2011 Systemy przewodów

- rurowych z tworzyw sztucznych do instalacji ciepłej i zimnej wody. Chlorowany poli(chlorek winylu) (PVC-C). Część 2. Rury.
- [11] PN-EN ISO 527-1:1998. Tworzywa sztuczne. Oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Zasady ogólne.
- [12] NIBCO. System instalacyjny PVC-C/PVC-U. Projektowanie i montaż z katalogiem, Łódź 2004.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja” nr 7/2013.

Prof. dr hab. inż. Henryk G. Sabiniak, dr inż. Adam Rubnikowicz
Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych Politechniki Łódzkiej

REKLAMA



DRUK 3D
 SUROWCE I PÓŁPRODUKTY
 WYROBY Z TWORZYW SZTUCZNYCH
 USŁUGI
 DODATKI, BARWNIKI, ŚRODKI POMOCNICZE
 BRANŻA GUMOWA
 RECYKLING I OCHRONA ŚRODOWISKA
 MASZYNY I URZĄDZENIA
 AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA
 I OPROGRAMOWANIE
 FORMY I NARZĘDZIA
 KOMPOZYTY
 NOWE TECHNOLOGIE – ZNAKOWANIE,
 GRAWEROWANIE, LASERY
 ROTOMOULDING

KATALOG BRANŻOWY 2024 już dostępny na

www.tworzywasztuczne.biz

TURN ON




®

GRAFE

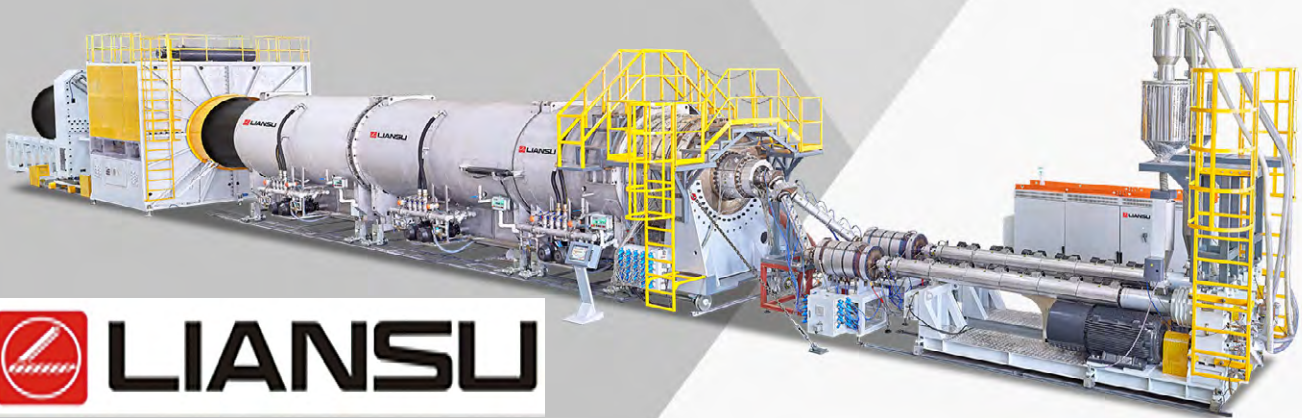
We drive your innovation with modern technology and outstanding minds.

GRAFE - Turning Good into Great.

FUTURE IN PLASTICS

 turn-on.grafe.com

Urządzenia peryferyjne Mconvey



VGT Polska w ubiegłym roku po targach Plastpol włączyła do swojej oferty urządzenia peryferyjne Mconvey (firma z grupy LIANSU). Urządzenia peryferyjne Mconvey to szeroka gama urządzeń do przetwórstwa tworzyw sztucznych, w tym wiele urządzeń wyspecjalizowanych do substancji proszkowych.

Nasze zaangażowanie i uzyskane efekty w zakresie dystrybucji urządzeń Mconvey przyczyniły się do rozwinięcia naszej współpracy z grupą LIANSU o kompletne linie do wylączania.

Obecnie oferujemy również kompletne linie do wylączania.

• Linie do recyklingu i kompowingu tworzyw

- Linie dwuślimakowe o ślimakach skośnych
- Linie dwuślimakowe o ślimakach równoległych
- Linie jednoślimakowe



• Linie do produkcji rur

- Rury wodno-kanalizacyjne i grzewcze
- Drenaż, kanalizacja i rury miejskie
- Rury rolnicze
- Elektryczne rury okablowania
- Pojedyncze urządzenia maszynowe
- Kanały wentylacyjne



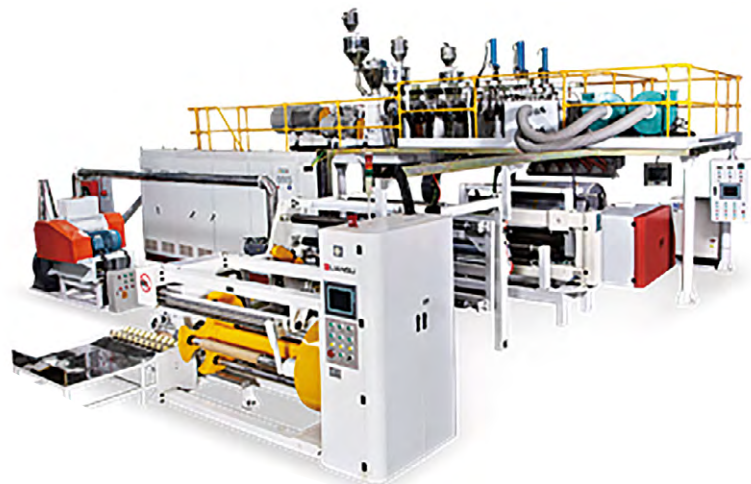
• Linie do wylączania profili

- Profile konstrukcyjne
- Profile drzwiowe i okienne PVC
- Deski kompozytowe
- Profile przypodłogowe



• Linie do wylączania folii

- Folie wylączane
- Folie do pakowania
- Folie membranowe - paroprzepuszczalne
- Folie cast

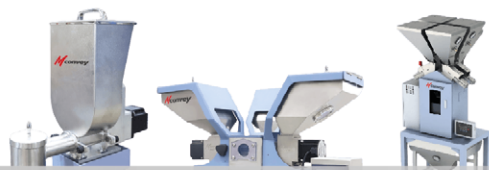




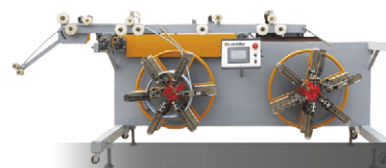
Podajniki do granulatu i proszku



Linie do wytłaczania rur



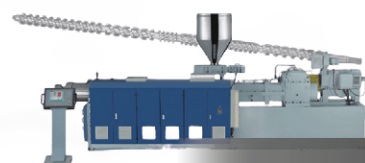
Dozowniki do proszku i granulatu



Maszyny pomocnicze



Suszarki molekularne i gorącym powietrzem



Ekstrudery



Chillery



Linie do wytłaczania profili



Młynki i kruszarki



Linie do wytłaczania płyt



Termostaty wodne i olejowe

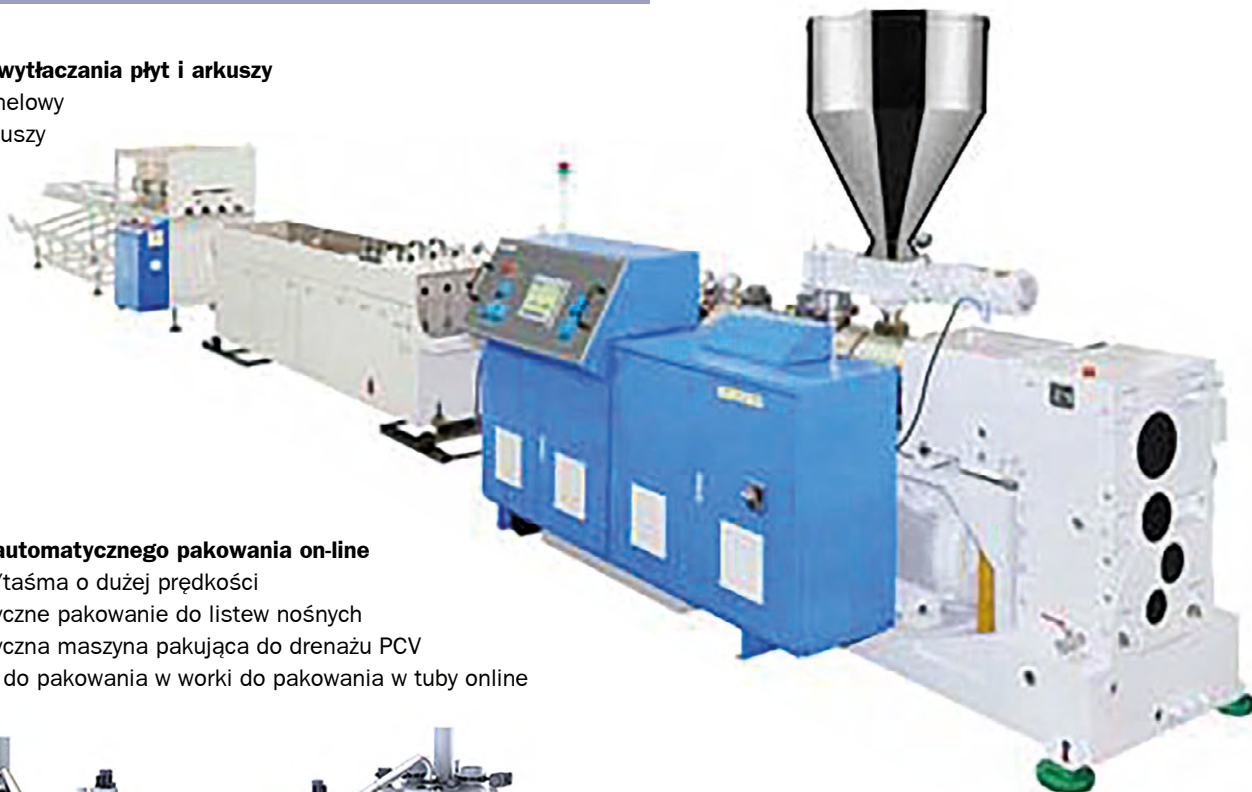


Linie do wytłaczania folii cast

● **Linie do wytłaczania płyt i arkuszy**

System panelowy

System arkuszy



● **System automatycznego pakowania on-line**

Zwijarka/taśma o dużej prędkości

Automatyczne pakowanie do listew nośnych

Automatyczna maszyna pakująca do drenażu PCV

Maszyna do pakowania w worki do pakowania w tuby online



● **Sprzęt pomocniczy**

Granulator

Mikser złożony

Maszyna gniazdowa



- Zapewnienie niezbędnej dokumentacji technicznej w języku polskim.
- Dostawy części zamiennych i eksploatacyjnych sprzętu.
- Na zamówienie zapewniamy produkcję doposażeniową oraz montaż dodatkowego wyposażenia (linia do granulacji, kruszarki, chillery, kompresory, dłutownica) oraz sprzętu laboratoryjnego.
- Gwarantujemy wysokiej jakości doradztwo i wiedzę specjalistyczną w zakresie rozwiązań, niezawodne dostawy części zamiennych oraz wsparcie serwisowe na żądanie na wszystkich etapach.

Większość elementów linii, takich jak wytłaczarki, ślimaki, formy do wytłaczania, urządzenia formujące (rdzenie, matryce), zbiornik próżniowy, sprzęt kalibracyjny, wanny chłodzące, odciąg i urządzenia tnące, zespoły nawijające, układarki itp., produkowane są we własnym zakresie. Przykładowo opracowanie i produkcja ślimaków odbywa się samodzielnie - wieloetapowo z wykorzystaniem różnych urządzeń do cięcia, szlifowania, obróbki cieplnej i galwanicznej, z zachowaniem wszystkich przejść technologicznych i kontroli jakości na każdym etapie produkcji.

Wysoki poziom automatyzacji, stabilna praca, możliwość wytwarzania wyrobów wielowarstwowych, stylowy design – cechy, które sprawiają, że linie produkcyjne LIANSU stają się popularne na całym świecie, wśród firm produkujących wyroby z tworzyw sztucznych.



Oferujemy Państwu następujące usługi:

- Dobór sprzętu zgodnie z wymaganiami dotyczącymi wydajności i poziomu jego automatyzacji.
- Realizacja usług logistycznych i celnych.
- Organizacja dostarczania i przekazywania urządzeń do eksploatacji komercyjnej.
- Serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.

VGT Polska Sp. z o.o.

31-573 Kraków, Plac Błonie-Beszc 2

tel. +48 12 281 34 87 (88)

e-mail: Info@vgt.com.pl

www.vgt.com.pl

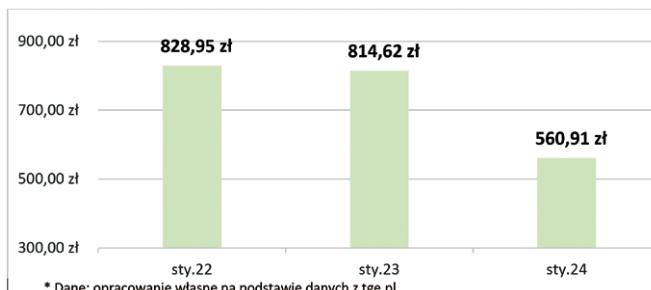
Bezpiecznie i stabilnie: Jak chronić swoje finanse przed wahaniami cen energii elektrycznej?

mgr inż. Marcin Zubrycki

Niestabilność i nieprzewidywalność rynku energii elektrycznej w Polsce w ostatnich trzech latach dramatycznie odbiła się na naszych budżetach. Z promili lub kilku procent kosztów produkcji energia i gaz zaczęły ważyć na tyle dużo, że większość odbiorców końcowych na poważnie zainteresowało się możliwościami optymalizacji wydatków.

– Na łamach magazynu już kilkakrotnie pisałem, że nadchodzi kryzys, który drastycznie odczujemy, przede wszystkim w wydatkach związanych z energią elektryczną i gazem. Tym razem chcę przekazać bardziej optymistyczne wieści. Trzy ostatnie lata spowodowały, że przedsiębiorcy znacząco zwiększyli swoją świadomość odnośnie zasad działania rynku energii, a w szczególności okresów kontraktacji oraz czasów na jaki te kontrakty zawierają – zaczyna Marcin Zubrycki Prezes Anywhere.to. Dlatego tym razem krótko – jeśli chcesz zabezpieczyć spokój finansowy oraz przewidywalność wydatków na kolejne lata, to 1Q 2024 roku jest najlepszym momentem. Sytuacji, w której możesz zabezpieczyć się ceną za MWh niższą niż masz obecnie i znacznie niższą niż rządowe zamrożenie ceny (tj. 698 netto/MWh), nie było od 2020 roku.

Dziś nawet dla mniejszych odbiorców rynek daje dostęp do elastycznych modeli zakupu energii i gazu, które pozwalają na



Rys. 1. Cena referencyjna dla poszczególnego miesiąca roku [zł/MWh]

zabezpieczenie ceny nawet do 2036 roku, również z opcją 100% zielonej energii. – Dlatego apeluje do wszystkich, którzy nie chcą powtórek z poprzednich lat: kontraktujcie się na minimum 3 lata do przodu, bo obecna sytuacja nie potrwa długo. Koniec zamrożenia cen dla B2B w czerwcu 2024, wybory samorządowe w kwietniu 2024, wejście obliża giełdowego w lipcu 2024 to tylko trzy z kilkunastu elementów, które wpłyną negatywnie na obecne poziomy cenowe – prognozuje Marcin Zubrycki.

REKLAMA

CZY CENA
499 zł za MWh
JEST DLA CIEBIE
ATRYKCYJNA?

NIE CZEKAJ NA PODWYŻKI CEN
SKONTAKTUJ SIĘ Z NAMI

499zł/MWh

WWW.ANYWHERE.TO.PL

576 204 085

BIURO@ANYWHERE.TO.PL



AnywhereTo



MOŻLIWOŚĆ ZABLOKOWANIA
CENY DO 2030 ROKU



MINIMUM FORMALNOŚCI

Najistotniejsza jest precyzja

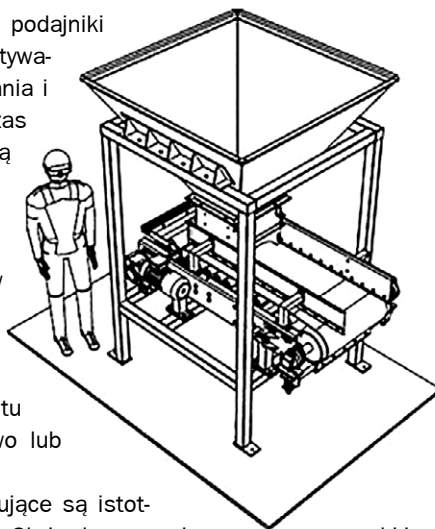
Wojciech Drozdowski

CD MACHINERY
GET MORE FROM MACHINERY

Szeroko pojęty temat technologii wtryskowej i wytłaczania w oparciu o rozwiązania naszej produkcji to przede wszystkim sprawa transportu, dozowania, zawibrowywania mas formierskich oraz wielu innych procesów. Jednak w celu uzyskania najlepszych produktów najistotniejsza jest precyzja doboru komponentów do wytwarzania masy wtryskowej. Receptury do ich produkcji i dozowanie ich składników to jeden z dwóch etapów sukcesu produktu finalnego.

W technologiach wtryskowych, podajniki ślimakowe są często wykorzystywane do precyzyjnego dostarczania i mieszania materiałów podczas procesu wtryskiwania. Te podajniki opierają się na zasadzie funkcjonowania ślimaka, który obrotowym ruchem wypycha materiał do przodu. Dzięki temu zapewniają one równomierny i kontrolowany przepływ materiału w procesie wtryskiwania. Są integralną częścią maszyn wtryskowych i umożliwiają precyzyjne formowanie wyrobów z tworzyw sztucznych. Dokonujemy tu pomiarów w dwojaki sposób, przepływowo lub dozujemy za pomocą wag odejmujących.

W technologiach wtryskowych wagi dozujące są istotnym elementem kontroli procesu produkcji. Służą do precyzyjnego odmierzania i mieszania składników, takich jak tworzywa sztuczne czy dodatki, które mają zostać wstrzyknięte do formy wtryskowej. Często wykorzystuje się różne typy wag dozujących, takie jak wagi elektroniczne lub systemy wag mikro-



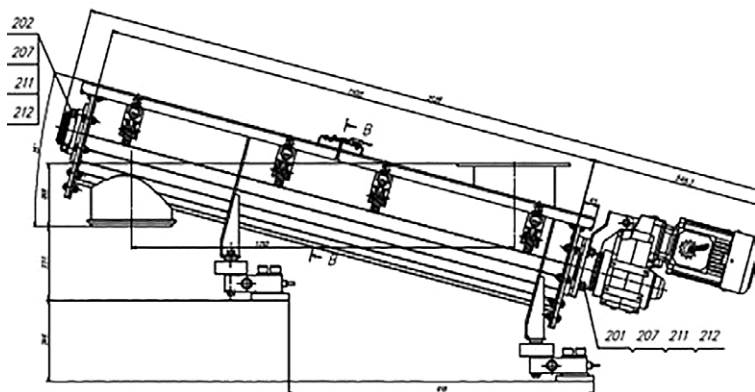
szanki i ostatecznej jakości produktu. Dzięki automatyzacji procesu dozowania przy użyciu stacji dozowania, możliwe jest osiągnięcie powtarzalności, eliminacja błędów ludzkich oraz optymalizacja efektywności produkcji w technologiach wtryskowych.

Dla odpowiedniego ułożenia materiału w formach stosuje się tak zwane zawibrowanie masy. Często wykonywane za pomocą stołów wibracyjnych. Stosowane są do procesów zagęszczania materiałów suchych i mokrych. Ich konstrukcja i forma zależna jest od wielu czynników. Jednak zadanie jest jedno. Poprzez zawibrowanie blatu stołu masa ma za zadanie dokładnie wypełnić formę, wprowadzając materiał we wszystkie zakamarki. Stół wibracyjny to innowacyjne urządzenie, mające nieoceniony wpływ na efektywność i jakość produkcji.

Konstrukcja stołu wibracyjnego to w sumie 3 elementy:

1. blat górna część stołu;
2. belka napędowa wibracyjna generująca wibracje przenoszone na blat stołu;
3. konstrukcja wsporcza nogi stołu.

Praca stołu polega na tym, że na jego blat trafia materiał przeznaczony do zawibrowania, zagęszczenia. Dochodzi to tego za pomocą napędów wibracyjnych montowanych na belce napędowej stołu. Napędy te generują mocne i jednolite wibracje, które są niezbędne do skutecznego zagęszczania materiałów.



dawkowych, aby zapewnić dokładność i jednolitość mieszanki materiałów. Dzięki zastosowaniu wag dozujących możliwe jest osiągnięcie powtarzalności procesu i uzyskanie wysokiej jakości wyrobów wtryskowych.

Stacje dozowania są kluczowymi komponentami w procesach przemysłowego dozowania i mieszania różnych substancji. W przypadku technologii wtryskowych, stacje dozowania mogą być wykorzystywane do precyzyjnego odmierzania i podawania składników, takich jak tworzywa sztuczne, barwniki czy dodatki, które zostaną użyte podczas procesu formowania wtryskowego.

Stacje dozowania umożliwiają kontrolę proporcji i ilości każdego składnika, co jest kluczowe dla uzyskania równomiernej mie-

CD MACHINERY
GET MORE FROM MACHINERY

Wojciech Drozdowski
Dyrektor ds. Technicznych w CD-machinery Sp. z o.o.

Wyłaczarki laboratoryjne firmy Ekochem z Głogowa w przetwórstwie tworzyw sztucznych

Firma Ekochem specjalizuje się w produkcji wyłaczarek i linii do regranulacji. Bardzo ważną częścią naszej produkcji są wyłaczarki laboratoryjne. Stanowią one niezastąpione narzędzie w badaniach oraz produkcji próbných partii w przemyśle tworzyw sztucznych.

PRECYZJA I WSZECHSTRONNOŚĆ

Wyłaczarki laboratoryjne firmy Ekochem pozwalają na precyzyjne kontrolowanie procesu wyłaczania. Dzięki nim możliwe jest dostosowywanie parametrów takich jak temperatura, prędkość wyłaczania czy ciśnienie, co pozwala na optymalizację procesu pod kątem konkretnych materiałów oraz zamierzonego efektu końcowego. Szeroki wachlarz opcji dodatkowych, takich jak różnego rodzaju elementy pomiarowe, pozwala zebrać jak najwięcej informacji zwrotnych odnośnie samego procesu technologicznego oraz przetwarzanego materiału polimerowego.

ZALETY

Nieskomplikowana budowa ułatwia proces utrzymania. Sterowanie jest intuicyjne, a sama maszyna w całym procesie produkcyjnym jest bardzo energooszczędna. Wyłaczarki posiadają możliwość regulacji wysokości. Wszystkie podzespoły i modu-

Tabela 1. Modele wyłaczarek i parametry techniczne

Typ	LAB20	LAB30	WJ25	WJ32
Średnica ślimaka (mm)	20	30	25	32
L/D współczynnik	32~64	32~64	28	28
wydajność (kg/h)	2~20	5-40	15	32
moc silnika (kW)	7,5	18	4	11
prędkość obrotowa ślimaka (rmp/min)	750	600	300	280

ły integrowane są w jedną całość, na jednej mobilnej ramie. Koncepcja wyłaczarek laboratoryjnych opiera się na założeniu „włącz i pracuj”. Wystarczy podłączyć wyłaczarkę, zasilić i pracować. Parametry i opcje dobierane są indywidualnie pod klienta. W ofercie występują dwa rodzaje wyłaczarek: serii LAB - dwuślimakowe oraz serii WJ – jednoślimakowe.

www.wwekochem.com

REKLAMA



Potrzebujesz Profesjonalnego Serwisu dla Twojej Maszyny?

ZAUF AJ SPECJALISTOM!

Nasi wykwalifikowani technicy serwisowi są gotowi zadbać o każdy detal Twojej maszyny, zapewniając jej niezawodność i wydajność.

JAK TO ROBIMY?

Stawiamy diagnozę na podstawie wykonanych czynności sprawdzających:

- Kontrola ogólna urządzenia
- Układ plastyfikujący
- Układ grzewczo-chłodzący
- Układ odgazowania i filtracji
- Układ elektryczny

JAKIE SĄ KOLEJNE KROKI?

Po przeprowadzonej diagnozie Klient otrzymuje od nas szczegółowy raport części wymagających wymiany. Podstawowe elementy takie jak m.in. regulatory i czujniki wymieniamy na miejscu. Pozostałe elementy wymagające dokładnego dopasowania lub remontu wykonujemy po akceptacji przez klienta budżetu oraz terminu.

Daj swojej maszynie najlepszą opiekę, skontaktuj się z nami już dziś, abyśmy mogli zadbać o jej doskonałą kondycję!



SERWIS

Sławomir Szymański

+48 512 895 405

s.szymanski@wwekochem.com

serwis@wwekochem.com

www.wwekochem.com

Siła zamykania w procesie wtrysku

Andrzej Zwierzyński

Siła zamykania jest podstawowym parametrem w procesie wtrysku i ma istotne znaczenie dla przebiegu całego procesu. Wielkość siły zamykania jest często pierwszym parametrem brany pod uwagę przy wyborze, czy też zakupie nowej wtryskarki. Właściwe określenie i optymalizacja siły zamykania pozwala na przebieg procesu bez zakłóceń oraz zapewnia zużycie energii na optymalnym poziomie.

Siła zamykania jest postrzegana w dwojaki sposób, z jednej strony jest to wartość charakteryzująca wielkość wtryskarki, a z drugiej ważny parametr procesu wtrysku. Siła zamykania wtryskarki ma duże znaczenie, gdy podejmowana jest decyzja o zakupie maszyny, jak również przy jej doborze do produkcji konkretnej wypraski. Podczas wdrażania nowej wypraski do produkcji należy wziąć pod uwagę różne czynniki wpływające na wartość siły zamykania. Obliczenie siły zamykania jest niezbędne do prawidłowego doboru wtryskarki i jej jednostki zamykania.

Z punktu widzenia procesu siła zamykania jest to suma sił działających na kolumny wtryskarki (rozciąganie) po zakończeniu zamykania, a przed rozpoczęciem procesu wtrysku. Siła zwierająca jest sumą sił działających na kolumny (rozciąganie) przy wtrysku tworzywa do formy. Siła rozwierająca zaś to wynik maksymalnego ciśnienia wewnątrz formy pomnożonego przez rzut powierzchni wypraski. Resztkowa siła zamykania jest różnicą pomiędzy siłą rozwierającą, a zwierającą. Siła ta powinna być dodatnia, aby nie doszło do otwarcia formy. Maksymalna dostępna siła utrzymująca formę w stanie zamkniętym jest siłą zamykania wtryskarki.

Wg norm Euromap siła zamykania jest podawana w kN. W praktyce częściej wyrażana w tonach, stąd można spotkać się także z określeniem tonaż maszyny. Siła zamykania jest jednym z najczęściej pomijanych parametrów procesu wtrysku. Wtryskarka wybrana do wtrysku określonej wypraski musi dysponować siłą zamykania z co najmniej 10–15 % zapasem od wymaganej (obliczonej).

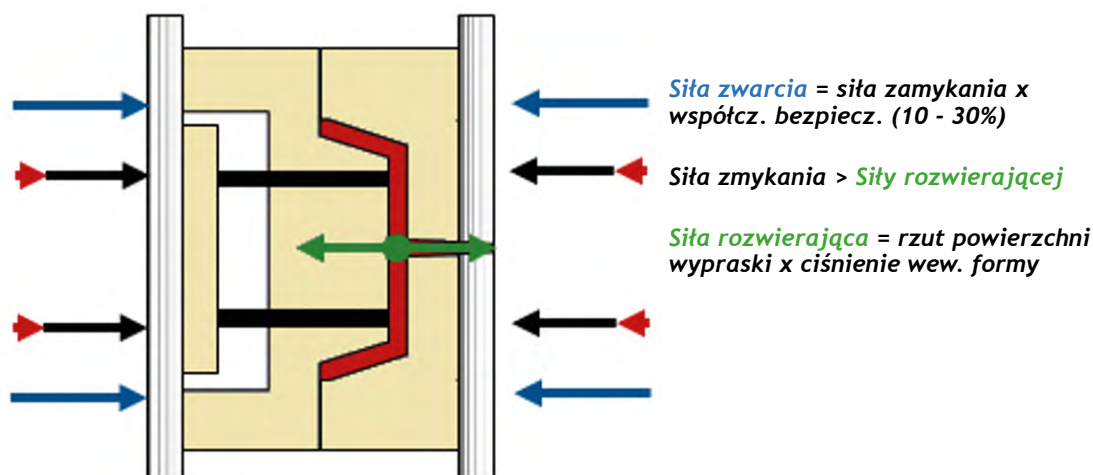
Jeśli ciśnienie tworzywa jest za wysokie w odniesieniu do siły zamykania utrzymującej formę zamkniętą, forma otworzy się, a stop wypłynie w płaszczyźnie podziału, tworząc wypływkę (grat). Pojawiająca się wypływka nie zawsze jest spowodowana za niską siłą zamykania, lecz także za małą sztywnością formy (np. za cienkie płyty formujące i/lub podporowe, słabo podparte powierzchnie formujące i podatne na ugięcie).

Zdarzają się sytuacje, że siła zamykania jest ustawiona na maksymalną wartość lub blisko niej. Jest to poważny błąd i może prowadzić do uszkodzenia wtryskarki, powodować kłopoty z odpowietrzaniem formy bądź jej uszkodzenie, a także zwiększyć zużycie energii. Ustawiona siła zamykania powinna mieć wartość uzyskaną z obliczeń dla danej wypraski.

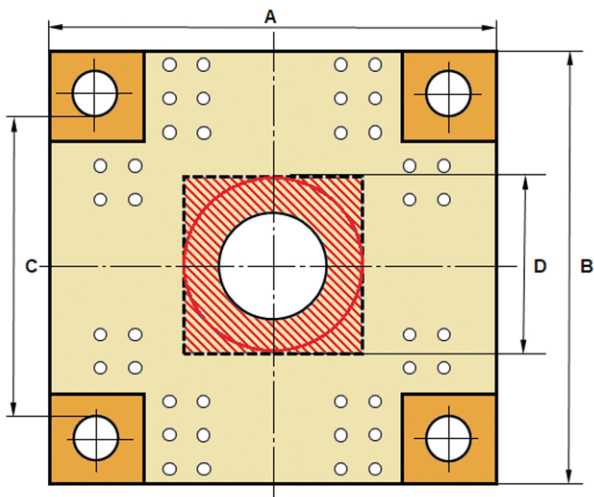
Gdy siła zamykania zostanie ustawiona za wysoka i pozostanie taka bez dalszej optymalizacji i krytyczne wymiary mieszczą się w zakresie tolerancji, ale są bliskie jednej z wartości granicznych, wówczas niektóre z nich mogą łatwo znaleźć się poza polem tolerancji.

Zmiana siły zamykania powoduje zmiany maksymalnej objętości wtrysku i ciśnienia w gnieździe, szybkość chłodzenia, a także wymiarów wyprasek. Często bywa tak, że w celu przywrócenia tolerancji wymiarów wprowadza się inne ustawienia różnych parametrów bez korekty siły zamykania.

Za wysoka siła zamykania powoduje zatykanie odpowietrzeń, uszkodzeń powierzchni podziału, wstawek formujących, większego zużycia i mniejszej żywotności formy. Poza tym przyczynia się do większego zużycia energii i wyższych kosztów, skrócenia



Rys. 1. Siły oddziałujące na formę po jej zamknięciu



$$F_s = \frac{p_{wi} \times A_{proj}}{100} \quad [kN]$$

$$F_z = k \times F_s \quad [kN]$$

F_s – siła zamykania [kN]

F_z – siła zwarcia [kN]

p_{wi} – ciśnienie wewnątrz formy [bar]

A_{proj} – powierzchnia rzutu wtrysku (wyraski i zimne kanały w płaszczyźnie podziału) [cm²]

k – współczynnik bezpieczeństwa (1,1 – dla form standardowych; 1,3 – dla form precyzyjnych i suwakowych).

Obliczenie powierzchni rzutu wtrysku: Pierwszym zadaniem jest w miarę dokładne określenie powierzchni rzutu wyraski. Gdy dysponujemy dokumentacją CAD, zadanie jest ułatwione. W obliczeniach należy dodać powierzchnię zimnych kanałów (systemów GK nie uwzględnia się). W przypadku form piętrowych należy uwzględnić tylko rzut wyraski z jednej płaszczyzny (w kolejnych płaszczyznach siły rozwierające wzajemnie znoszą się). Należy także uwzględnić powierzchnie formowane za pomocą suwaków skośnych. Natomiast nie uwzględnia się rdzeni i szczęk prostopadłych do osi zamykania formy.

Oszacowanie ciśnienia wewnątrz formy: Gdy forma jest wyposażona w czujnik ciśnienia zbudowany w formie (obecnie stosunkowo rzadko spotykane) mamy możliwość dokładnego obliczenia wymaganej siły zamykania. Przy oszacowaniu ciśnienia wewnątrz formy należy uwzględnić spadki ciśnienia zależnie od rodzaju wyraski. Dla uzyskania dobrze wypełnionej wyraski ciśnienie na końcu drogi płynięcia powinno być na poziomie 150-200 barów, a dla wyraski cienkościennych ok. 300 barów (rys. 3 i 4).

Dla dokładniejszego określenia ciśnienia wewnątrz formy należy także wziąć pod uwagę inne czynniki jak: dane tworzywa, tj. jego lepkość (wskaźnik szybkości płynięcia MFI/MFR), obecność dodatków (włókna wzmacniające, środki uniepalniające inne) geometria wyraski, tj. grubość ścianki (im cieńsza ścianka, tym wyższe ciśnienie), długość drogi płynięcia, liczbę i wielkość (przekrój) przewężek oraz ich umiejscowienie na wyprawce, orientację wyraski w formie (różna wielkość rzutu powierzchni

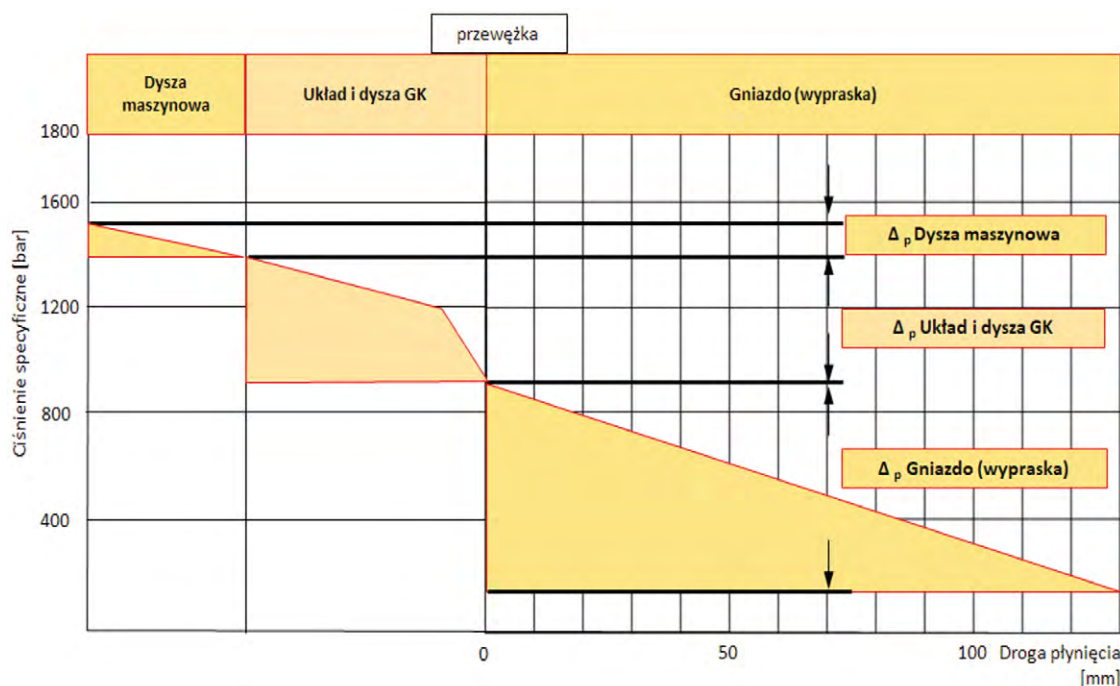
Rys. 2. Minimalny obszar mocowania form na wtryskarce. (D - minimalny wymiar formy)

żywności maszyny. To z kolei prowadzi do częstszych przestojów, napraw i strat finansowych dla wtryskowni.

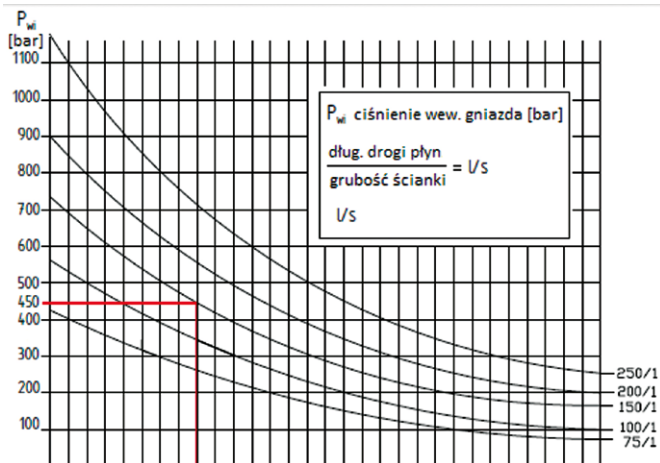
Zbyt mała powierzchnia form i siła zamykania ustawiona w okolicy maksimum mogą prowadzić do trwałego odkształcenia, pęknięcia płyt mocujących lub innych uszkodzeń wtryskarki, np. ramy. Zaleca się dobrać formy do wtryskarki tak, aby w miarę możliwości ich wymiary miały ok. 70% lub więcej odległości między kolumnami. Niektórzy producenci wtryskarek podają w danych technicznych minimalne wymiary płyt form dla danej wielkości maszyny (rys. 2).

OBLICZANIE SIŁY ZAMYKANIA

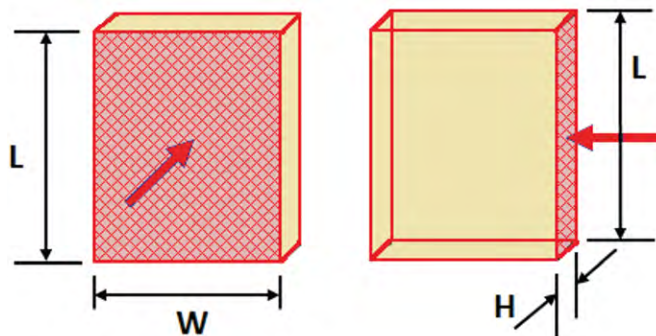
Obliczenie siły zamykania nie jest trywialne i wymaga uwzględnienia kilku czynników. Obecnie dla znacznej części wyraski przeprowadzane są symulacje płynięcia tworzywa w formie, które pozwalają również obliczać precyzyjnie wartość siły zamykania. Natomiast w innych przypadkach do obliczenia orientacyjnej wartości siły zamykania można skorzystać z niżej przedstawionej formuły:



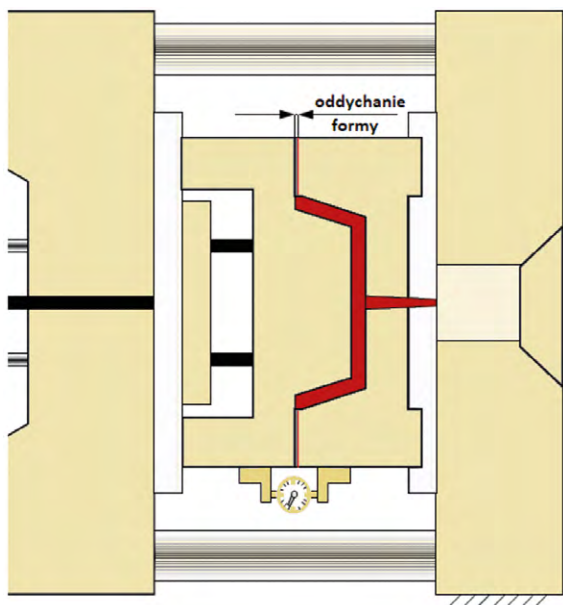
Rys. 3. Spadek ciśnienia stopu na drodze płynięcia w fazie wtrysku



Rys. 4. Ciśnienie wewnątrz formy zależnie od grubości ścianki i długości drogi płynięcia



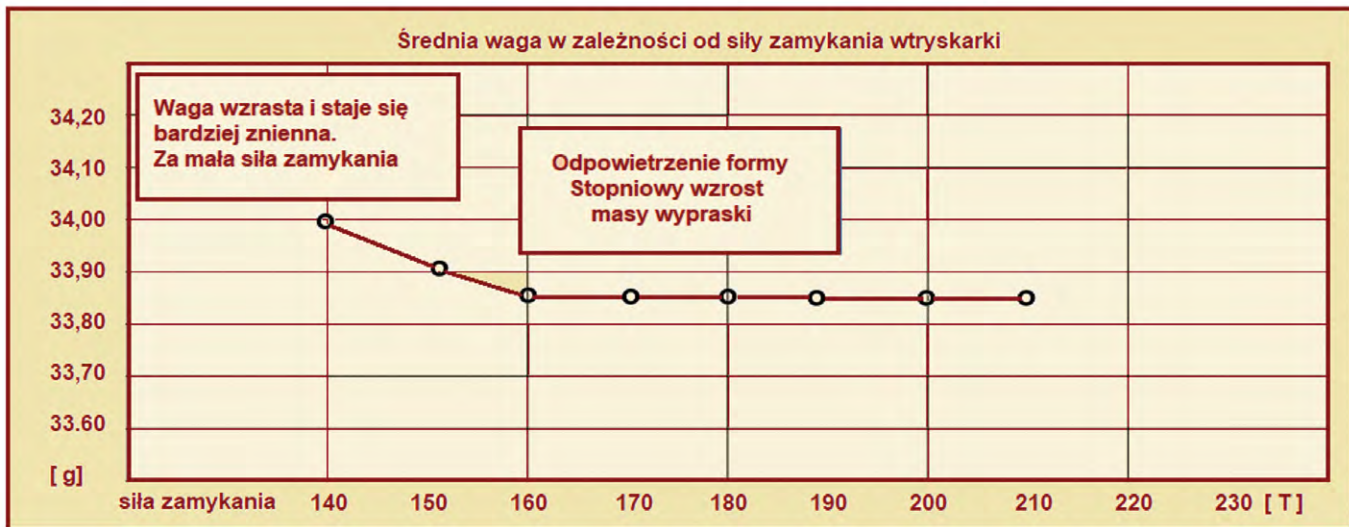
Rys. 5. Zmniejszenie powierzchni rzutu wypraski przez zmianę jej położenia w formie



Rys. 7. Oddychanie formy

Tabela 1. Zalecane ciśnienia wtrysku, docisku i wewnątrz formy dla wybranych tworzyw

Tworzywo	Ciśnienie wewnątrz formy [bar]
PS	200-400 opakow. do 800
ABS	350-550
SAN	300-500
PE	200-400 opakow. do 800
PP	200-400 opakow. do 800
PA	350-700
POM	600-1000 (400-600)
PMMA	400-800
PETP/PBTP	400-700
PPO	400-700
CA	300-500
PC/ABS	350-500
PVC-h	300-500



Rys. 6. Graficzna interpretacja optymalizacji siły zamykania przez kontrolę masy wtrysku

enjoy
INNOVATION



TEMPRO plus
Temperature controllers



Tabela 2. Dopuszczalne oddychanie formy w zależności od klasy wypraski i wielkości maszyny

Wypraska	Tworzywo	Siła zamykania [kN]	Oddychanie formy [mm]	
			Faza wtrysku	Faza docisku
Obudowa kamery	PC	600	0,01	0,01
Listwa wtykowa	PBT	800	0,01	0,01
Wtyk	PA6-GF	1000	0,01	0,01
Koło zębate	POM	1000	0,01	0,01
Obudowa tel. komórkowych	PC	1000	0,02	0,02
Krzywki programujące	POM	1000	0,02	0,02
Doniczka	PP	1200	0,02	0,02'
Pojemniki na jogurt	PP	1500	0,02	0,02
Zamknięcia gwintowane	PP	1500	0,02	0,02
Korpus strzykawki	PP	1500	0,01	0,01
Tłoczek strzykawki	PP	1500	0,02	0,02
Filtr do kawy	SAN	2000	0,03	0,03
Wiadro 5,5l	PP	2500	0,04	0,03'
Opakowanie CD	PS	3000	0,02	0,02
Pudełko na papier toaletowy	PS	3300	0,03	0,04
Obudowa odkurzacza	ABS	3000	0,04	0,04
Soczewka	PMMA	3300	0,05	0,05
Kołpak na koło	PA6	4000	0,04	0,05
Skrzynka magazynowa	PS	5000	0,04	0,04
Obudowa telewizora	PS	5000	0,06	0,06
Światło tylne	PMMA	6500	0,04	0,05

rys. 5), zastosowaną technikę wtrysku, np. wtrysk kaskadowy wymaga mniejszych ciśnień.

Dostępne dane techniczne nt. ciśnienia wewnątrz formy (w literaturze technicznej i dane producentów tworzyw (tabela 1)) mają charakter orientacyjny i nie uwzględniają wszystkich istotnych czynników występujących w praktyce, które należy brać pod uwagę.

OPTIMALIZACJA SIŁY ZAMYKANIA

Zasadniczym celem optymalizacji jest ustalenie siły zamykania najlepiej dostosowanej do wymagań dla danego procesu. Optymalizacja siły zamykania może być prowadzona np. przez stopniowe zmniejszanie ustawionej wartości zamykania na ma-

szynie i obserwowanie zmiany masy wyprasek (wtrysku). Optymalna siła zamykania jest określana w punkcie, w którym waga wtrysku zaczyna wyraźnie rosnąć. Natomiast gdy siła zamykania jest ustawiona za nisko, jej korekta następuje natychmiast, ponieważ objawy są widoczne jako wypłytki.

Innym sposobem optymalizacji siły zamykania przez jej zmniejszenie jest obserwacja oddychania (uchylecia) formy podczas wtrysku pod kątem występowania gratu (wypłytki). Jest to nieco trudniejsze w realizacji i wymaga doświadczenia w interpretacji wyników. Wartości oddychania formy odczytujemy z czujników zamontowanych na formie (rys.7). W większych formach wymagane jest zamontowanie kilku czujników. Dopuszczalne uchylenie formy zależy od wymagań jakościowych dla wypraski, wtryskiwanego tworzywa i wielkości maszyny (siły zamykania). Przy produkcji małych wyprasek technicznych oddychanie formy może wynosić ok. 0,01 mm, a dla większych wyprasek wynosi ok. 0,06 mm (tabela 2). Pojawienie się gratu na obserwowanej wyprasce wyznacza graniczną wartość siły zamykania.

PODSUMOWANIE

Siła zamykania jest jednym z kluczowych parametrów, który ma istotny wpływ na cechy wyprasek, jak wymiary czy masa. Jest to parametr bardzo często pomijany i niedoceniany w działaniach optymalizacyjnych. Optymalizacja siły zamykania może przynieść korzystny wpływ na jakość wyprasek (zmniejszenia ilości wad) oraz wymierne korzyści finansowe wynikające z oszczędności energii, wydłużenia żywotności maszyn i form. Jeśli wtryskarka dysponuje opcją pomiaru zużycia energii rezultaty obniżenia siły zamykania będą widoczne natychmiast. Potrzeba optymalizacji nie zawsze jest od razu widoczna. Zwłaszcza, że negatywne skutki są rozłożone w dłuższym przedziale czasowym. Poza tym nie zawsze zostają one przypisane negatywnemu oddziaływaniu zwiększonej siły zamykania.

LITERATURA

- Johannaber F. Michaeli W.: Handbuch Spritzgießen. Carl Hanser Verlag, München, Wien 2002.
- Johannaber F. - Wtryskarki. Poradnik użytkownika, Plastech, Warszawa.
- Zawistowski H. Zięba S.: Ustawianie procesu wtryskiwania tworzyw termoplastycznych, Plastech2015.
- Kulkarni S.: Robust Process Development and Scientific Molding, Carl Hanser Verlag, Munich 2017.
- Bichler M.- Prozessgrößen beim Spritzgießen, Hüthig Verlag, 2001.
- Spritzgießen. Kurz und bündig. Materiały techniczne f-my, Summitomo(SHI)Demag, Wiehe, Schwaig.
- Stitz S. Keller W.: Spritzgießtechnik .Verarbeitung-Maschine-Peripherie, Hanser, München 2001.
- Zwierzyński A. - Efektywne wykorzystanie wtryskarek, PlastNews 3/2012.
- Zwierzyński A.: Kryteria technologiczne procesu wtryskiwania źródnicowanych grup wyrobów, PlastNews 2/2009.
- Zwierzyński A.: Siła zamykania istotny parametr w procesie wtrysku, PlastNews 5/2022.

Artykuł został zamieszczony po raz pierwszy w czasopiśmie „PlastNews” nr 05/2022.

Andrzej Zwierzyński

MAPRO

5

POZNAJ
ZALETY
GENERACJI



HT • XTEND

Inteligentna Technologia w Standardzie



Wybrane cechy geometryczne i wskaźniki wytrzymałościowe elementów wykonanych metodą modelowania uplastycznionym tworzywem

Karol Pepliński, Piotr Czyżewski, Dawid Górecki, Dariusz Sykutera, Marek Bieliński

Dobre właściwości przetwórcze materiałów polimerowych [1] dają możliwość kreowania nowych, innowacyjnych zastosowań [2]. Alternatywą dla technologii przetwórstwa o charakterze masowym (np. wtryskiwanie, wytłaczanie) mogą być technologie jednostkowe [3, 4]. Przykładem mogą być tzw. technologie przyrostowe, w których stosuje się wszystkie znane w przetwórstwie tworzyw postaci materiałów polimerowych (stan płynny, proszek, granulaty lub tzw. filament, a więc wytłoczyny) [5–8].

Wytwarzanie przyrostowe AM (z ang. *additive manufacturing*) to zbiór technologii umożliwiających otrzymanie wytworu fizycznego z wykorzystaniem modelu 3D CAD. W tym przypadku nie ma konieczności przygotowania narzędzi (np. form wtryskowych), czy projektowania złożonego procesu technologicznego [1, 3]. Komercyjnie dostępnych jest wiele technologii przyrostowych, których rynek w roku 2009 szacowany był na 1,9 mld \$ [4], w roku 2013 na 2,5 mld \$, a w roku 2018 – 16,2 mld \$ [9]. Współcześnie AM można uznawać za podstawowe składowe rozwijającego się nowego trendu przemysłowego, który określa się jako „Przemysł 4.0” („Industry 4.0”) [10].

Obecnie w grupie technik AM jedną z najpopularniejszych metod jest modelowanie uplastycznionym tworzywem FDM (z ang. *fused deposition modeling*) [1, 6]. Duży wybór dostępnych materiałów termoplastycznych, urządzeń oraz szeroki zakres możliwych do użycia parametrów procesowych sprawia, że technologia ta ma zastosowanie do wytwarzania modeli koncepcyjnych, prototypów i form prototypowych, a także gotowych wyrobów [1–3]. Najczęściej stosowanym w technologii FDM materiałem jest terpolimer akrylonitryl-butadien-styren (ABS) w postaci filamentu o nazwie handlowej ABSplus-P430 [1, 11].

Jakość produktów wytwarzanych metodą FDM zależy od szeregu parametrów procesowych, m.in.:

- sposób i gęstość wypełnienia warstw tworzywa,
- współczynniki kompensacji skurczowej w płaszczyźnie X-Y oraz osi Z,
- grubość warstwy,
- orientacja modelu,
- kąt i szerokość rastra,
- sposób wypełnienia struktur podporowych.

W przypadku urządzenia Dimension Elite BST 786, parametry zmienne ograniczone są do nastawy grubości warstwy, orientacji modelu, gęstości wypełnienia oraz sposobu wypełnienia struktur podporowych. Grubość warstwy tworzywa nanoszonej przez dyszę odnosi się do wartości przemieszczenia platformy roboczej w osi Z. Parametr ten jest zwykle związany z rodzajem zastosowanej dyszy wytłaczającej [11, 12]. Natomiast orienta-

cja odnosi się do pochylenia modelu względem osi X, Y oraz Z. Płaszczyzna podziału na warstwy jest zawsze równoległa do płaszczyzny podstawy platformy oraz prostopadła do kierunku wytwarzania, tj. wektora normalnego względem płaszczyzny podziału [7, 8, 13].

Badaniem wpływu orientacji wytwarzanych elementów w przestrzeni roboczej drukarki na wybrane właściwości użytkowe, oznaczane podczas próby statycznego rozciągania, zajmowało się szereg zespołów badawczych [13, 14–20]. W badaniach tych potwierdzono tezę o obniżaniu się wytrzymałości elementów w kierunkach obciążeń zbliżonych do kierunku budowanego modelu (oś Z). W publikacji [14] stwierdzono, że w przypadku występowania obciążeń rozciągających należy dążyć do tego, aby przebiegały one równoległe do kierunku występowania najdłuższych włókien konturu, a jednocześnie nie były równoległe do kierunku wytwarzania. W pracy [15] rozszerzono badania o wpływ odległości między rastrem a konturem oraz odległości między rastrami na właściwości wytworów rastra. Inni badacze [16] przeprowadzili analizę wpływu cech geometrycznych rastra na właściwości wytrzymałościowe próbek z poliwęglanu. Analiza ta umożliwiła ustalenie cech skutkujących 16-proc. wzrostem wytrzymałości na rozciąganie próbek, względem próbek wytworzonych przy standardowych ustawieniach. Wpływ cech geometrycznych rastra na efekty użytkowe wytwarzanych elementów opisano w pracach [17–19]. Badania te wykazały, że nieznacznie wyższą wytrzymałość na rozciąganie uzyskuje się przy zastosowaniu większej grubości warstwy, co wyjaśniano mniejszą liczbą adhezyjnych połączeń między poszczególnymi warstwami. Na podstawie analizy wpływu kierunku narastania warstw na ugięcie belek [21] stwierdzono, że mniejsze ugięcie uzyskuje się w przypadku próbek, w których poszczególne warstwy ułożone są równoległe względem przyłożonego obciążenia.

Wpływ orientacji modelu na udarność opisano m.in. w pracy [22]. Stwierdzono tam, że jedynie próbki o orientacji warstw tworzywa pod kątem 0° i 90° wykazują zdolność do przenoszenia niewielkich obciążeń dynamicznych. Określono przy tym, że udarność próbek wytwarzanych metodą FDM stanowi ok. 47% udarności próbek wytwarzanych metodą wtryskiwania.

Wpływ parametrów procesowych na dokładność wymiarową elementów wytwarzanych w technologii FDM opisano w pracy [12]. Autorzy stwierdzili, że dokładność wymiarowa najbardziej zależy od orientacji modelu w przestrzeni roboczej urządzenia. W publikacji [23] wskazano, że najwyższą dokładność wymiarową uzyskuje się w przypadku orientacji próbek pod kątem 45° względem osi Y. W pracy [24] przedstawiono wyniki badań wpływu grubości warstwy, szerokości i kąta rastra oraz odległości

między rastrami na uzyskiwaną jakość powierzchni oraz dokładność wymiarową. Autorzy potwierdzili, że najsilniejszy wpływ na uzyskiwaną dokładność wywiera grubość warstwy oraz szerokość rastra, które powinny być możliwie małe. Z kolei autorzy pracy [25] prowadzili badania mające na celu wybór optymalnego współczynnika kompensacji skurczowej dla urządzenia FDM. Efektem badań było wskazanie czynników mogących wpływać na dokładność wymiarową, tj. temperatury uplastyczniania oraz szybkości budowy modelu. Część najnowszych badań dotyczy optymalizacji FDM za pośrednictwem algorytmów samouczących [26] (z ang. *teaching based optimization algorithm*). W publikacji [27] przedstawiono z kolei metody projektowania DFM (z ang. *design for manufacturing*) w procesie FDM. Metoda ta opiera się na odpowiednim skompensowaniu powierzchni modelu na etapie jego projektowania. Inne podejście do problemu poprawy dokładności wymiarowej elementów wytwarzanych w technologii FDM przedstawiono w pracy [28], w której opisano system szybkiego prototypowania łączący frezarkę pięcioosiową oraz głowicę wytłaczającą, charakterystyczną dla technologii FDM. Zdaniem autorów, taka konstrukcja umożliwia znaczną poprawę dokładności wymiarowej oraz jakości powierzchni produkowanych wytworów.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Materiały

Do wytworzenia próbek metodą FDM użyto kopolimeru akrylonitryl-butadien-styren (ABS-P430), firmy Stratasy. Kopolimer miał postać filamentu o średnicy 1,68 mm i masowym wskaźniku szybkości płynięcia $MFR_{230\text{ }^{\circ}\text{C}/2,16\text{ kg}} = 38\text{ g}/10\text{ min}$. Jako materiał podporowy zastosowano filament P400SR Soluble Support Material tej samej firmy. Próbki porównawcze (referencyjne) wytworzono metodą wtryskiwania tworzyw polimerowych. Jako materiał wsadowy wykorzystano kopolimer ABS, o nazwie handlowej Terluran GP-35 firmy Styrolution, charakteryzujący się zbliżoną wartością $MFR_{230\text{ }^{\circ}\text{C}/2,16\text{ kg}}$ wynoszącą 35 g/10 min. Granulat tworzywa przed procesem wtryskiwania suszono w temperaturze 80°C przez 4 h w suszarce Binder KMF 115.

Przygotowanie próbek

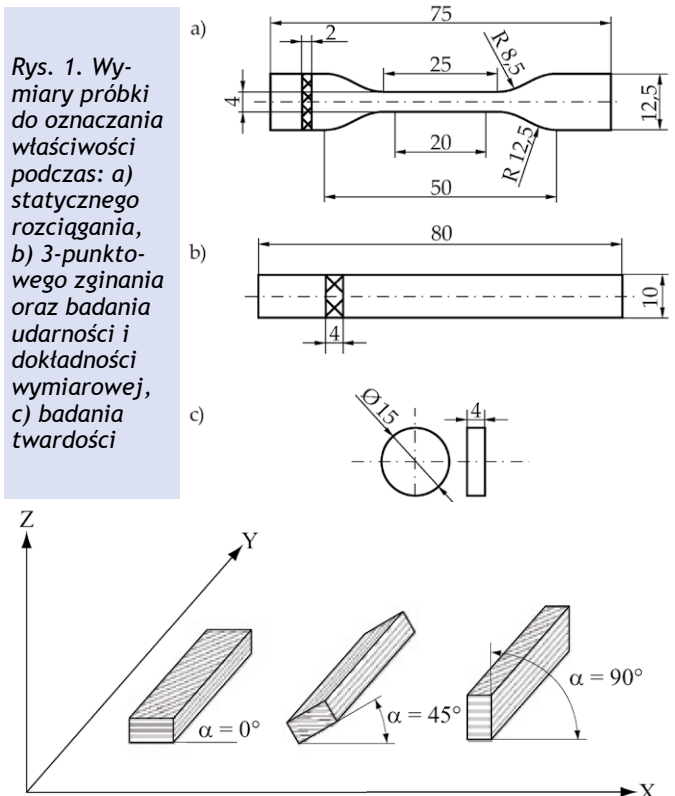
Próbki do badań wytwarzano w technologii FDM, wykorzystując urządzenie Dimension Elite BST 786 firmy Stratasy. Próbki referencyjne wytwarzano za pomocą wtryskarki laboratoryjnej Battenfeld 350 PLUS, charakteryzującej się siłą zwarcia 350 kN. Kształty i wymiary próbek przedstawia rys. 1. W badaniach statycznego rozciągania zgodnie z normą PN-EN ISO 527-1:2012 zastosowano kształtki badawcze typu 5A (technologia FDM, rys. 1a) oraz 1A (technologia wtryskiwania). W badaniach 3-punktowego zginania oraz badaniach udarności zastosowano typ 1 (rys. 1b, wg PN-EN ISO 178:2003 oraz PN-EN ISO 179:2010). W badaniach twardości zastosowano zgodnie z PN-EN ISO 878:2005 kształtki w technologii FDM, rys. 1c, a w technologii wtryskiwania próbki przygotowano z kształtek badawczych (uchwyt kształtki), wykorzystywanych również w badaniach statycznego rozciągania.

Proces wytwarzania próbek metodą FDM realizowano, stosując następujące, stałe parametry procesowe:

- temperatura wnętrza komory roboczej 75°C,
- temperatura dyszy wytłaczającej 280°C,
- gęstość wypełnienia wnętrza modelu – wypełnienie o wysokim zagęszczeniu.

Jako zmienne parametry procesu wytwarzania przyjęto:

- grubość warstwy tworzywa wynoszącą 0,254 mm lub 0,178 mm,
- kąt orientacji względem osi Y, który zgodnie z rys. 2 był rów-



Rys. 2. Schemat orientacji modeli w przestrzeni roboczej drukarki względem osi Y (od lewej próbka o orientacji płaskiej, półkątowej i bocznej)

REKLAMA



**PRODUKCJA WYROBÓW
Z POLIMERÓW TERMOPLASTYCZNYCH**



PRODUKCJA



USŁUGI



LOGISTYKA



WSPARCIE





KAPlast Sp. z o.o.
 85-873 Bydgoszcz
 ul. Hutnicza 113
 tel. +48 52 374 70 21
 kaplast@kaplast.com.pl
www.kaplast.com.pl

Tabela 1. Zestawienie wyników otrzymanych podczas próby statycznego rozciągania, 3-punktowego zginania, oznaczania udarności, twardości dla próbek wytworzonych w technologii FDM oraz próbek wtryskiwanych

	Grubość warstwy [mm]	α [°]	E_t [MPa]	σ_M [MPa]	ϵ_M [%]	E_f [MPa]	σ_f [MPa]	ϵ_f [%]	U [kJ/m ²]	T [°ShD]
Próbki wytwarzane przyrostowo	0,254	0	906,0	41,0	5,60	2866,7	60,4	4,10	18,84	72,30
		45	815,3	34,6	5,53	2763,3	65,8	4,10	24,82	70,42
		90	931,0	41,2	5,50	3403,3	75,8	3,93	27,36	73,06
	0,178	0	916,7	37,1	5,73	2966,7	63,1	3,83	18,08	73,32
		45	827,0	35,5	5,50	2646,7	62,3	4,10	22,88	69,46
		90	918,4	39,0	5,40	3093,3	62,1	3,63	18,06	71,88
Próbki wtryskiwane		–	1384,0	40,5	4,60	3602,0	83,4	3,73	133,07	74,98

α - orientacja drukowanej próbki, E_t - średni moduł sprężystości, σ_M - średnia wytrzymałość na rozciąganie, ϵ_M - średnie odkształcenie względne przy wytrzymałości na rozciąganie, E_f - średni moduł przy zginaniu, σ_f - średnia wytrzymałość na zginanie, ϵ_f - średnie odkształcenie względne przy wytrzymałości na zginanie, U - udarność, T - twardość.

ny 0° (orientacja płaska), 45° (orientacja półkątowa) lub 90° (orientacja boczna).

Proces wtryskiwania przeprowadzono stosując następujące parametry procesowe: czas wtrysku 1,1 s, ciśnienie wtrysku 52,5 MPa, ciśnienie docisku 43,8 MPa, czas docisku 12 s, czas chłodzenia 25 s. Temperatura pierwszej strefy układu uplastyczniającego wynosiła 240 °C, natomiast temperatura drugiej strefy układu uplastyczniającego, dyszy wtryskowej oraz układu gorącokanałowego 250 °C.

Metodyka badań

Moduł sprężystości wzdłużnej, wytrzymałość na rozciąganie, moduł przy zginaniu oraz wytrzymałość na zginanie oznaczano za pomocą maszyny wytrzymałościowej Z030 firmy Zwick/Roell zgodnie z PN-EN ISO 527-1:2012 oraz PN-EN ISO 178:2003.

Udarność określano według PN-EN ISO 179:2010, używając młota wahadłowego HIT 50 firmy Zwick/Roell.

Do pomiaru twardości w sposób opisany w PN-EN ISO 878:2005 zastosowano twardościomierz Zwick/Roell 3106 (skala Shore'a D).

Dokładność wymiarową określano za pomocą suwmiarki MarCal 16ER o dokładności $\pm 0,01$ mm oraz używając skanera optycznego 3D ATOS II TripleScan firmy GOM.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Cechy mechaniczne elementów FDM

Wyniki pomiarów wybranych cech mechanicznych zamieszczono w tabeli 1 i na rys. 3–7 (jako wartości względne, w stosunku do właściwości próbek wtryskiwanych).

Na ich podstawie można stwierdzić, że nadanie zróżnicowanej makrostruktury poprzez orientowanie modeli w przestrzeni roboczej urządzenia względem osi Y, wywiera niewielki wpływ na właściwości oznaczane podczas próby statycznego rozciągania. Warstwowy charakter budowy wyrobów w technikach przyrostowych, realizowany w przypadku technologii FDM poprzez adhezyjne łączenie uplastycznionego materiału powoduje, że wytrzymałość modelu jest najmniejsza właśnie w miejscach łączenia warstw. Zatem zgodnie z wynikami badań, opisywanymi w [13, 15], właściwości oznaczane podczas próby statycznego rozciągania ulegają pogorszeniu w miarę zbliżania się kierunku obciążenia do kierunku budowy modelu (wektorem prostopadłym do płaszczyzny podziału tego modelu na warstwy), a tym samym jego orientacji względem osi Z. W założeniach pracy przyjęto orientowanie

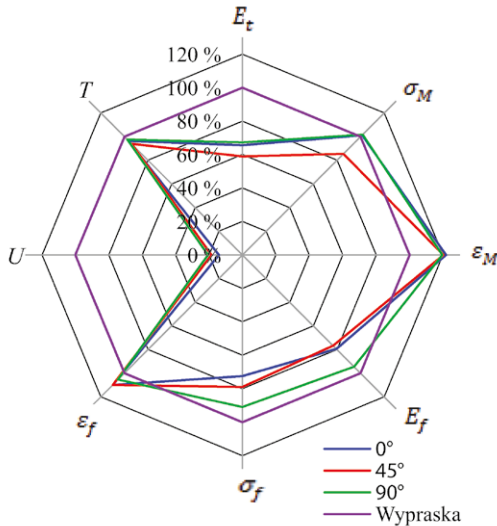
modelu względem osi Y, zatem niezależnie od wartości kąta, o jaki model został pochylony, kierunek jego wytwarzania pozostał prostopadły do kierunku działania siły przykładanej podczas badania. Stąd mimo występujących różnic w makrostrukturze próbek, oznaczone właściwości mechaniczne miały wartości zbliżone. Istotnych różnic nie zaobserwowano również w przypadku zmiany grubości warstwy, czego dowodzą wyniki przedstawione na rys. 3–5. Nieznaczne pogorszenie wytrzymałości na rozciąganie (σ_M) próbek o orientacji płaskiej i bocznej, wykonanych z zastosowaniem mniejszej grubości warstwy, jest prawdopodobnie spowodowane większą liczbą warstw, a tym samym większą liczbą występujących pomiędzy nimi połączeń adhezyjnych, co znajduje potwierdzenie w pracy [19].

W wyniku analizy wyników próby 3-punktowego zginania (tabela 1) ustalono, że niezależnie od zastosowanej grubości nakładanej warstwy najkorzystniejszy moduł przy zginaniu (E_f) uzyskuje się w przypadku próbek o orientacji modelu pod kątem 90° względem osi Y. Spośród próbek wykonanych z zastosowaniem grubości warstwy równej 0,254 mm najwyższą wytrzymałością przy zginaniu odznaczają się próbki również zorientowane pod kątem 90°. Zastosowanie grubości warstwy wynoszącej 0,178 mm, skutkuje natomiast najwyższą wytrzymałością przy zginaniu próbek otrzymywanych w orientacji płaskiej. Wartość wydłużenia względnego przy wytrzymałości na zginanie (ϵ_f), niezależnie od zastosowanych parametrów procesowych, jest na zbliżonym poziomie.

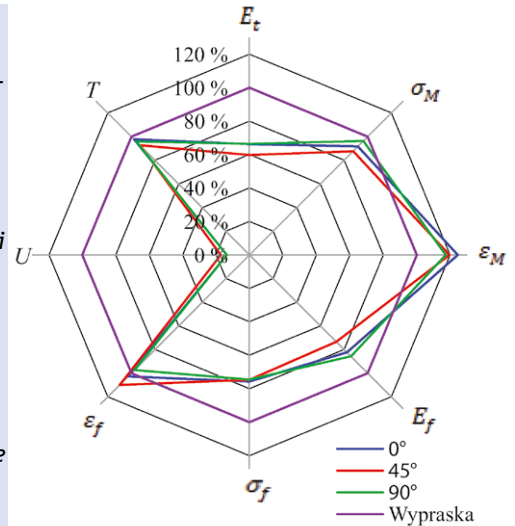
Uzyskany rozkład wyników można tłumaczyć zależnością pomiędzy kierunkiem obciążenia a kierunkiem wytwarzania próbek. Szczególnie widoczne jest to w przypadku orientacji modelu pod kątami 0° i 90°. W pierwszym przypadku poszczególne warstwy próbki ułożone były prostopadle do kierunku działania obciążenia, zatem za pogorszenie właściwości odpowiadała adhezyjna forma połączenia na granicach kolejnych warstw materiału. Natomiast w przypadku orientacji pod kątem 90° poszczególne warstwy próbki przebiegały równolegle względem kierunku obciążenia. Mniej korzystne właściwości próbek zorientowanych podczas wytwarzania pod kątem 45°, w porównaniu z próbkami zorientowanymi pod kątem 0° (pomimo nieprostopadłego do obciążenia ułożenia warstw), może być spowodowane spiętrzeniem naprężeń normalnych (zginających) oraz stycznych (ścinających).

Wśród próbek o grubości nakładanej warstwy wynoszącej 0,254 mm najwyższą udarność, 27,36 kJ/m², odznaczały się

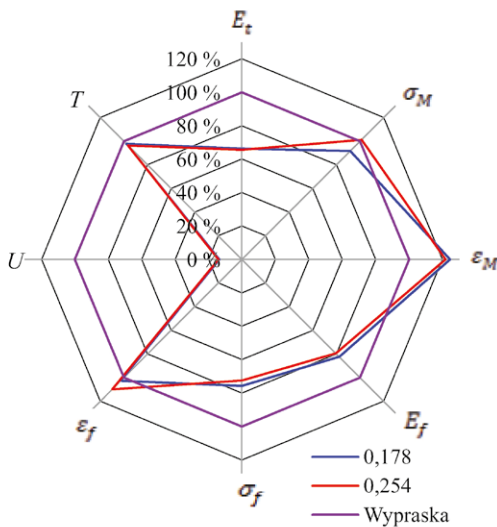
Rys. 3. Wpływ orientacji na względne wartości właściwości mechanicznych próbek wytwarzanych przyrostowo z zastosowaniem grubości warstwy równej 0,254 mm (względem próbek wtryskiwanych; znaczenie symboli właściwości mechanicznych opisane w objaśnieniach do tabeli 1)



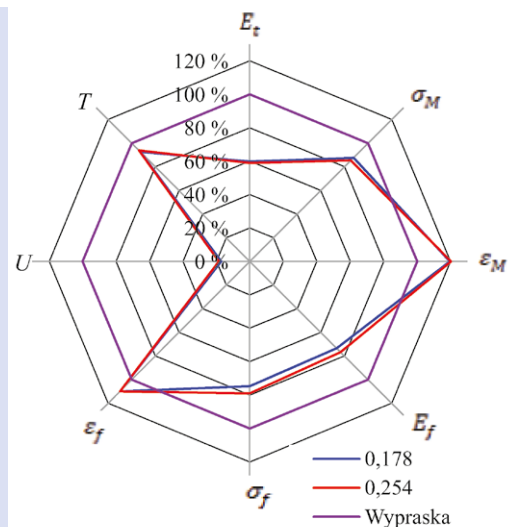
Rys. 4. Wpływ orientacji na względne wartości właściwości mechanicznych próbek wytwarzanych przyrostowo z zastosowaniem grubości warstwy równej 0,178 mm (względem próbek wtryskiwanych; znaczenie symboli właściwości mechanicznych opisane w objaśnieniach do tabeli 1)



Rys. 5. Wpływ grubości warstwy na względne wartości właściwości mechanicznych próbek wytwarzanych przyrostowo z zastosowaniem orientacji płaskiej (względem próbek wtryskiwanych; znaczenie symboli właściwości mechanicznych opisane w objaśnieniach do tabeli 1)



Rys. 6. Wpływ grubości warstwy na względne wartości właściwości mechanicznych próbek wytwarzanych przyrostowo z zastosowaniem orientacji półkątowej (względem próbek wtryskiwanych; znaczenie symboli właściwości mechanicznych opisane w objaśnieniach do tabeli 1)



próbki zbudowane z warstw zorientowanych względem osi Y pod kątem 90° (tabela 1). Gdy kąt ten wynosił 45° i 0°, udarność była niższa, odpowiednio, o 9,3 i 31,1%. Korzystniejsze właściwości próbki o orientacji bocznej, w porównaniu z próbką o orientacji płaskiej, mogą wynikać z większej liczby pojedynczych włókien konturu zorientowanych prostopadłe do kierunku obciążenia. Im większe obciążenie możliwe jest do rozproszania wzdłuż tych włókien, tym większe całościowe obciążenie może wytrzymać próbka [22]. Podobnie jak w przypadku próby 3-punktowego zginania, mniejsza w porównaniu z innymi próbkami udarność obserwowana w próbkach o orientacji opisanej kątem 45°, mimo większej liczby włókien ułożonych prostopadłe względem kierunku obciążenia, może być skutkiem występowania dodatkowo naprężeń ścinających. W grupie próbek o grubości warstwy równej 0,178 mm najwyższą udarnością, wynoszącą 22,88 kJ/m², charakteryzowały się próbki o orientacji półkątowej. Udarność ta była większa niż w przypadku próbek o pozostałych orientacjach o ok. 26,7%.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że grubość nakładanej warstwy nie wpływała w istotny sposób na udarność próbki. Pomimo tego, że dla całego zakresu przyjętych kątów orientacji próbki wytwarzane z zastosowaniem grubości warstwy równej 0,178 mm charakteryzowały się niższą udarnością, to dla orientacji pod kątami 0° i 45° różnice pomiędzy zastosowanymi grubościami warstw były niewielkie (odpowiednio 4 i 7,8%). Podobnie jak w przypadku próby 3-punktowego zginania największą różnicę, wynoszącą 33,9%, obserwowano w przypadku próbek z kątem orientacji 90°, co mogło być wynikiem

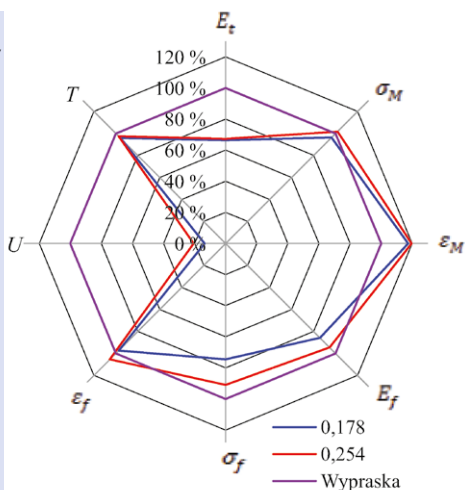
lepszego wypełnienia warstw oraz zwiększonej ich liczby, a tym samym większej liczby słabych połączeń o charakterze adhezyjnym między poszczególnymi warstwami.

Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, iż zarówno grubość warstwy, jak i orientacja modelu wywierają znikomą wpływ na twardość. Pomimo odmiennej makrostruktury zarówno powierzchni, jak i rdzenia próbek, wynikającej z odmiennego sposobu nakładania poszczególnych włókien materiału, twardość zbadanych próbek jest na zbliżonym poziomie. Nieznaczne różnice w twardości poszczególnych próbek, nieprzekraczające 4%, zarówno w przypadku kryterium orientacji, jak i grubości warstwy, wynikają z tego, że badane zmienne nie wpływają na zagęszczenie warstwy zewnętrznej, jak i na wypełnienia próbek. Odległości pomiędzy włóknami konturu i wypełnienia oraz poszczególnymi włóknami samego wypełnienia są w próbkach niezależne od sposobu orientacji czy zastosowanej grubości warstwy. Można zatem przyjąć, że największy wpływ na twardość modeli wytwarzanych metodą FDM mają takie parametry jak: gęstość wypełnienia oraz parametr „porowatości” (ilość pustych przestrzeni, ang. *air gap*) określający odległość pomiędzy poszczególnymi włóknami materiału, a także rodzaj zastosowanego materiału.

Dokładność wykonania

Na podstawie badań własnych oraz dostępnej literatury zaproponowano ocenę dokładności wymiarowej próbek wytworzonych metodą FDM. Jako kryterium oceny zastosowano całkowity współczynnik dokładności wymiarowej (k_c) zaproponowany w pracy [23]. Im wyższy współczynnik k_c tym gorsza jest dokładność wytworzonej części. Wartości liczbowe tego współczynnika

Rys. 7. Wpływ grubości warstwy na względne wartości właściwości mechanicznych próbek wytwarzanych przyrostowo z zastosowaniem orientacji bocznej (względem próbek wtryskiwanych; znaczenie symboli właściwości mechanicznych opisane w objaśnieniach do tabeli 1)



odpowiadają średniemu procentowemu odchyleniu od wymiaru nominalnego długości, szerokości i wysokości. Obliczone współczynniki dokładności wymiarowej zestawiono w tabeli 2. Stwierdzono, że sposób orientacji modelu wywiera istotny wpływ na uzyskiwaną dokładność wymiarową. Niezależnie od zastosowanej grubości warstwy najniższą wartość całkowitego współczynnika dokładności wymiarowej uzyskano w próbkach o orientacji bocznej modelu. W próbkach o grubości warstwy wynoszącej 0,254 mm współczynnik k_c kształtował się na poziomie 1,06%, zaś w tych o grubości 0,178 mm na poziomie 1,22% (tabela 2). Podobnie, w sposób niezależny od grubości warstwy, najmniejszą dokładność wymiarową zaobserwowano w próbkach o orientacji półkątowej. Zastosowanie grubszej warstwy dało wartość k_c równą 3,05%, zaś warstwy o grubości 0,178 mm wartość 2,30%. Analiza wszystkich przedstawionych w tabeli 2 wyników pozwala na stwierdzenie, że najwyższe wartości k_c uzyskuje się w przypadku wymiarów, których wytworzenie jest bezpośrednio związane z przemieszczeniem stołu roboczego urządzenia, a zatem z przemieszczeniem wzdłuż osi Z. Przykładowo, współczynnik dokładności wysokości (k_w) próbki o orientacji płaskiej wynosi 3,58%, a próbki o orientacji bocznej tylko 0,33%. Współczynnik dokładności szerokości (k_{sz}) wykazuje podobną zależność. Wartość k_{sz} pierwszej ze wspomnianych próbek wynosi 0,17%, zaś dla drugiej 2,58%. Z kolei w próbkach o orientacji półkątowej wysoką wartość współczynników dokładności wymiarowej obserwuje się zarówno w przypadku szerokości, jak i wy-

sokości. Można zatem stwierdzić, że orientacja modelu w przestrzeni roboczej urządzenia decyduje o tym, które z wymiarów są wytwarzane z wyższą, a które z niższą dokładnością.

Jak można zaobserwować w tabeli 2 grubość stosowanej warstwy wywiera mniej znaczący wpływ na dokładność wymiarową wyrobów niż orientacja. Zależnie od kąta orientacji poszczególne współczynniki zmieniają się w sposób nieliniowy, nie można zatem jednoznacznie stwierdzić, jaka grubość warstwy zapewni uzyskanie wyższej dokładności.

Przykładowe mapy odchyłek wymiarowych przedstawiono na rys. 8. Ich analiza pozwala na zaobserwowanie tendencji do deformacji w próbkach o orientacji płaskiej. W tych przypadkach różnica odchyłek mierzonych na krańcach próbki oraz na jej środku wynosiła 0,48–0,57 mm (rys. 8b). Mniejsze wypaczenie próbek obserwowano po zastosowaniu orientacji półkątowej (rys. 8c), gdzie rozpatrywana różnica zawierała się w zakresie 0,16–0,21 mm. Charakterystyczna dla tego kąta orientacji była także falista struktura powierzchni, na której różnice pomiędzy kolejnymi wzniesieniami i wgłębieniami wynosiły ok. 0,1 mm. Istotnej deformacji nie obserwowano natomiast w próbkach wykonanych z zastosowaniem orientacji bocznej (rys. 8d). W przypadku próbki wtryskiwanej (rys. 8a) można było wyraźnie zaobserwować efekt skurczu wzdłużnego, objawiającego się zmniejszeniem długości próbki o 0,87 mm. Natomiast odchyłki widoczne w środkowej wąskiej części badanego wiosełka były obrazem zapadnięć skurczowych. Prawdopodobną przyczyną powstania zapadnięć było niedostateczne ciśnienie docisku bądź zbyt krótki czas docisku podczas realizacji procesu wtryskiwania.

Analiza wskaźników efektywności ekonomicznej

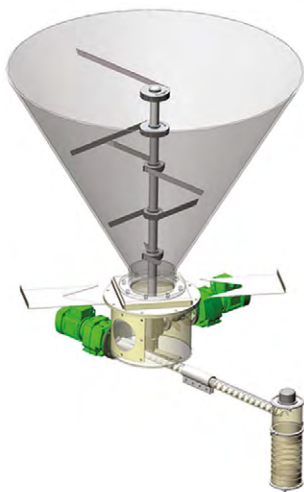
Z przedstawionych rezultatów badań wynika, że w przypadku grubości warstwy wynoszącej 0,254 mm najkorzystniejszym zbiorem oznaczanych właściwości (dotyczących próbek wytwarzanych w technologii FDM) odznaczały się próbki otrzymane z zastosowaniem orientacji bocznej. Jak wynika z danych zestawionych w tabeli 3, w porównaniu z próbkami o orientacji płaskiej, orientacja boczna zapewnia (oprócz poprawy oznaczanych właściwości) zmniejszenie zużycia materiału podporowego, jednak kosztem wydłużenia czasu trwania procesu. Natomiast orientacja warstw w próbce pod kątem 45° prowadziła z reguły do pogorszenia oznaczanych właściwości, a przy tym skutkowałą najwyższym zużyciem materiału podporowego oraz najdłuższym czasem trwania procesu (tabela 3). Analogiczny rozkład wyników zaobserwowano w przypadku próbek o grubości warstw różnych

Tabela 2. Zestawienie współczynników dokładności wymiarowej oraz średnich zmian wymiarów (względem modelu 3D CAD) dla próbki drukowanej i próbki wtryskiwanej

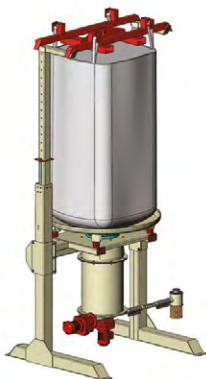
	Grubość warstwy [mm]	α [°]	k_d [%]	k_{sz} [%]	k_w [%]	k_c [%]	Δ_d [mm]	Δ_{sz} [mm]	Δ_w [mm]
Próbki wytwarzane przyrostowo	0,254	0	0,08	0,17	3,58	1,28	0,06	0,00	0,14
		45	0,07	2,83	6,25	3,05	0,06	0,28	0,25
		90	0,06	2,80	0,33	1,06	0,05	0,28	0,01
	0,178	0	0,08	0,33	5,33	1,92	0,07	0,03	0,21
		45	0,18	2,13	4,58	2,30	0,14	0,21	0,18
		90	0,19	2,63	0,83	1,22	0,15	0,21	0,03
Próbki wtryskiwane		–	1,17	0,20	0,32	0,56	1,18	0,02	0,01

α - orientacja drukowanej próbki, k_d - współczynnik dokładności dla długości, k_{sz} - współczynnik dokładności dla szerokości, k_w - współczynnik dokładności dla wysokości, k_c - całkowity współczynnik dokładności wymiarowej, Δ_d - średnia zmiana wymiaru na długości próbki, Δ_{sz} - średnia zmiana wymiaru na szerokości próbki, Δ_w - średnia zmiana wymiaru na wysokości próbki.

EKSTRAKCYJA MATERIAŁU Z SILOSUS I DOZOWANIE



STANOWISKO WYŁADUNKU BIG-BAG Z UKŁADEM DOZUJĄCYM



INSTALACJE PRZYGOTOWANIA MLEKA WAPIENNEGO, ZAWIESINY WĘGLA PYLISTEGO I IN.



Rys. 8. Porównanie mapy odchytek wymiarowych próbki wtryskiwanej (a) oraz wybranych próbek różniących się grubością warstwy i kątem orientacji: 0,254 mm, 0° (b); 0,254 mm, 45° (c) oraz 0,178 mm, 90° (d)

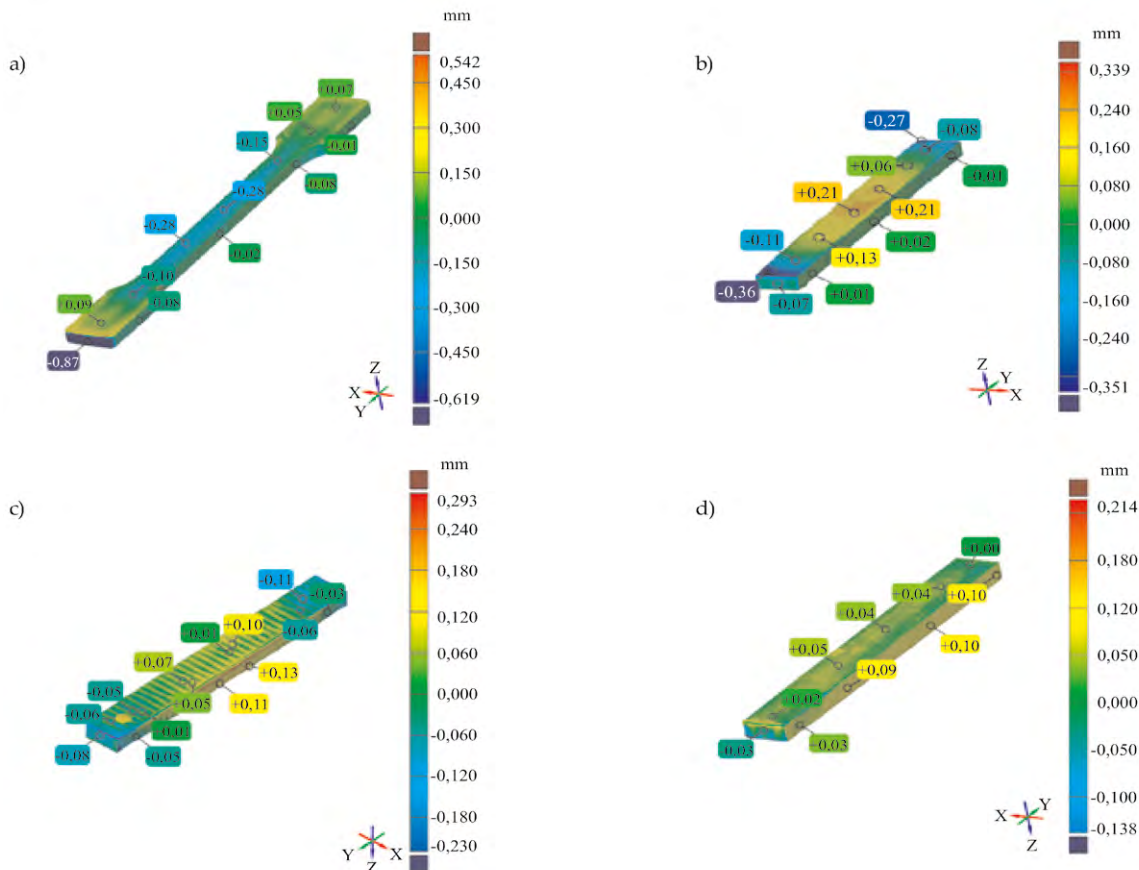


Tabela 3. Zestawienie wskaźników efektywności ekonomicznej procesu FDM

	Grubość warstwy [mm]	α [°]	A			B			C		
			MM [cm³]	MP [cm³]	t [min]	MM [cm³]	MP [cm³]	t [min]	MM [cm³]	MP [cm³]	t [min]
Próbki wytwarzane przyrostowo	0,254	0	8,24	5,70	54	18,50	6,53	88	10,92	3,42	48
		45	8,26	16,06	158	20,40	17,50	190	12,06	12,12	216
		90	7,96	5,98	104	20,36	4,16	122	12,00	2,76	120
	0,178	0	8,76	5,16	96	18,12	5,92	160	10,74	3,12	84
		45	8,34	16,50	312	18,80	17,50	372	11,46	11,92	360
		90	8,70	5,52	180	17,64	3,78	196	10,50	3,12	210
Próbki wtryskiwane		-	10,80	15,42	1,50	4,10	5,50	1,5	3,10	0,69	2

A - próbki zastosowane w próbie statycznego rozciągania, B - próbki zastosowane w: próbie 3-punktowego zginania, badaniach udarności oraz dokładności wymiarowej, C - próbki do badania twardości, MM - zużycie materiału modelowego, MP - zużycie materiału podporowego, t - czas wytwarzania

0,178 mm. Można zatem stwierdzić, że przy mniejszej grubości warstwy uzyskanie optymalnego zespołu badanych właściwości zapewnia orientacja pod kątem 90°.

Analiza danych przedstawionych na rys. 7 wskazuje, że zastosowanie większej grubości warstwy i orientacji bocznej pozwala na uzyskanie całościowo korzystniejszego zestawu oznaczanych właściwości. Ponadto, wytwarzanie przy tej grubości warstwy powoduje zmniejszenie zużycia materiału podporowego oraz skrócenie czasu trwania procesu (tabela 3). Analizując rysunki 4, 5, 6 można również zauważyć, że z reguły właściwości próbek wytwarzanych metodą FDM osiągają wartości na poziomie od 58,9 do 97,7 % wartości odnoszących się do próbek wytwarzanych metodą wtryskiwania. Wyjątkiem jest udarność, której wartość względem próbek wtryskiwanych kształtuje się na poziomie nieprzekraczającym 21 % (a zatem o 26 p.p. niższym niż stwierdzono w publikacji [22]) oraz wytrzymałość na rozciąganie

(której wartość względna dla próbek zorientowanych pod kątem 0° i 90°, wytwarzanych przy grubości warstwy równej 0,254 mm wynosi ok. 102 %) i wydłużenie względne przy zerwaniu (wartość względna dla próbek zorientowanych pod kątem 90° i wytwarzanych przy grubości warstwy równej 0,178 mm osiąga 128 %).

PODSUMOWANIE

Stwierdzono, że orientacja modelu względem osi Y wywierała istotny wpływ na udarność, właściwości oznaczane podczas próby 3-punktowego zginania oraz na dokładność wymiarową. Natomiast wpływ na twardość, moduł sprężystości oraz wytrzymałość na rozciąganie był nieznaczny. Przeprowadzone badania potwierdziły empiryczną zależność, według której pogorszenie właściwości wytworów jest tym większe, im bardziej kierunek obciążenia podczas badania pokrywa się z kierunkiem wytwarzania części.

Ponadczasowe rozwiązania chłodnicze dla każdego inwestora

- Wykonawca kompletnych instalacji chłodniczych i klimatyzacyjnych dla przemysłu
- Wiodący polski producent agregatów wody lodowej i innych urządzeń chłodniczych
- Ponad 40 lat doświadczenia w branży HVACR

To my oswoiśmy propan!



Cool®

cool.pl

Istniejemy od 1981 roku

PPH COOL ■ ul. Lipowa 10 ■ 05-123 Chotomów ■ tel. 22 772 64 18 ■ cool@cool.pl

Wykazano, że grubość warstwy nie wywiera istotnego wpływu na oznaczane właściwości. Jedynie udarność osiągała korzystniejsze wartości w przypadku próbek o grubości warstwy 0,254 mm, dla wszystkich badanych kątów orientacji. Zauważono również niekorzystny wpływ orientacji bocznej w próbce o grubości warstwy 0,178 mm na udarność, moduł przy zginaniu oraz wytrzymałość na zginanie próbek.

Zaobserwowano ponadto, że wyroby wytwarzane w technologii FDM charakteryzowały się małą wytrzymałością na obciążenie dynamiczne, gdyż udarność tych wyrobów kształtowała się na poziomie 13,5–20,6 % udarności wyprasek otrzymanych metodą wtryskiwania. Tak istotnej różnicy nie stwierdzono natomiast dla pozostałych oznaczanych właściwości.

Obliczono, że wartość współczynnika k_c wyrobów wytwarzanych metodą FDM była od ok. 2 do 6 razy wyższa (gorsza) w porównaniu z analogiczną wartością dotyczącą elementów uzyskiwanych metodą wtryskiwania. Na podstawie pomiarów przeprowadzonych za pomocą skanera 3D zaobserwowano większą tendencję do deformacji próbek o orientacji płaskiej i półkątowej.

Biorąc pod uwagę cały zakres przeprowadzonych badań, najkorzystniejszy zestaw wartości badanych właściwości wykazywały próbki z grubością warstwy 0,254 mm i wytworzone z zastosowaniem orientacji bocznej. W porównaniu z próbkami wytwarzanymi z taką samą grubością warstwy, lecz z orientacją płaską, odznaczały się lepszymi właściwościami oraz zmniejszonym zużyciem materiału podporowego, ale nieznacznie wydłużonym czasem procesu. Orientacja półkątowa prowadziła z reguły do ponad dwukrotnego wydłużenia czasu procesu oraz znacznego pogorszenia właściwości, co wskazuje na brak zasadności stosowania takiej orientacji.

LITERATURA

- [1] Gibson I., Rosen D.W., Stucker B.: Additive Manufacturing Technologies, Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing, Springer 2010.
<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4939-2113-3>
- [2] Pepliński K., Bieliński M.: Polimery 2015, 60, 747.
<http://dx.doi.org/10.14314/polimery.2015.747>
- [3] Venuvinod P.K., Weiyin M.: Rapid Prototyping, Laser-based and Other Technologies, Springer Science+Business Media 2004.
<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-6361-4>
- [4] Wohlers T.: Worldwide trends in additive manufacturing, RapidTech 2009, Materiały US-TURKEY Workshop on Rapid Technologies, 24–25 września 2009, str. 1–3.
- [5] Bourell D.L., Beaman J.J., Leu M.C. i in.: A brief history of additive manufacturing and the 2009 roadmap for additive manufacturing: Looking back and looping ahead, RapidTech 2009, Materiały US-TURKEY Workshop on Rapid Technologies, 24–25 września 2009, str. 5–11.
- [6] Chlebus E., Boratyński T., Dybała B. i in.: Innowacyjne Technologie Rapid Prototyping, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2003.
- [7] Cooper K.G.: Rapid Prototyping Technology: Selection and Application, Marcel Dekker Inc. 2005.
- [8] Ocoś K.E.: Mechanik 2008, 4, 241.
- [9] <https://www.canalys.com/newsroom/3d-printing-market-growth-us162-billion-2018/> (data dostępu 25.08.2016).
- [10] Radziwona A.: Procedia Engineering 2014, 69, 1184.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.108>
- [11] <http://www.stratasys.com/> (data dostępu: 25.08.2016).
- [12] Ranjeet K.S.: An investigation on dimensional accuracy of fused deposition modeling (FDM) processed part using fuzzy logic,

master of technology in mechanical engineering, praca magisterska, National Institute of Technology Rourkela, Indie 2011.

- [13] Górski F., Wichniarek W., Andrzejewski J.: Przetwórstwo tworzyw 2012, 18, 428.
- [14] Domingo-Espín M., Puigoriol-Forcada J.M., García-Granada A.-A. i in.: Materials & Design 2015, 83, 670.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.074>
- [15] Bagsik A., Shöppner V.: Mechanical properties of fused deposition modeling parts manufactured with ULTEM*9085, Materiały 69th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers, Boston, Massachusetts, USA, 1–5 maja 2011, str. 1249–1299.
- [16] Hossain M.S., Ramos J., Espalin D. i in.: Improving tensile mechanical properties of FDM – manufactured specimens via modifying build parameters, Materiały Solid Freeform Fabrication Symposium, University of Texas, Austin 12–14 sierpnia 2013, str. 380–392.
- [17] <http://cdn.intechopen.com/pdfs/35261.pdf> str. 159–180, (data dostępu 25.08.2016).
- [18] Casvola C., Cazzato A., Moramarco V. i in.: Materials & Design 2016, 90, 453.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.11.009>
- [19] Carneiro O.S., Silva A.F., Gomes R.: Materials & Design 2015, 83, 768.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.053>
- [20] Fordan E., Koch M., Menon U.: Mechanical and dimensional characteristics of Fused deposition modeling build styles, Materiały Solid Freeform Fabrication Symposium, University of Texas, Austin, 12–14 sierpnia 1996, str. 419–442.
- [21] Siemiński P., Rajch A.: Mechanik 2014, 87, 2CD 13.
- [22] Górski F., Kuczko W., Wichniarek R.: Archives of Mechanical Technology and Automation 2014, 34, 3.
- [23] Górski F., Kuczko W., Wichniarek R.: Advances in Science and Technology 2013, 19, 27.
<http://dx.doi.org/10.5604/20804075.1062340>
- [24] Nancharaiah T., Ranga R.D., Ramachandra R.V.: International Journal of Emerging Technologies 2010, 2, 106.
- [25] Gregorian A., Elliott B., Navarro R. i in.: Accuracy improvement in rapid prototyping machine (FDM-1650), Materiały Solid Freeform Fabrication Symposium, University of Texas, Austin 6–8 sierpnia 2001, str. 77–84.
- [26] Rao R.V., Rai D.P.: Engineering Science and Technology 2016, 19, 587.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jestch.2015.09.008>
- [27] Boschetto A., Bottini L.: Robotics and Computer – Integrated Manufacturing 2016, 37, 103.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rcim.2015.07.005>
- [28] Lee W., Wei Ch., Chung Sh.: Journal of Materials Processing Technology 2014, 214, 2366.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.05.004>

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Polimery” 2017, 62, nr 3, s. 198–207.

dr inż. Karol Pepliński, dr inż. Piotr Czyżewski, dr hab. inż. Dariusz Sykutera, prof. dr hab. inż. Marek Bieliński
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
Wydział Inżynierii Mechanicznej, Katedra Technik Wytwarzania
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 87-796 Bydgoszcz

mgr inż. Dawid Górecki, absolwent
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,
Wydział Inżynierii Mechanicznej

Jak skutecznie współpracować między firmami? Nowa generacja współpracy

W dzisiejszym, dynamicznym środowisku biznesowym współpraca między firmami stała się kluczowym elementem osiągnięcia sukcesu. Partnerska współpraca umożliwia firmom osiąganie wspólnych celów, wykorzystanie wzajemnych zasobów, a tym samym wzrost innowacyjności i konkurencyjności. W niniejszym artykule omówimy kluczowe strategie i korzyści wynikające z efektywnej współpracy między Rosti Poland – globalny producent kontraktowy, ekspert w dziedzinie przetwórstwa tworzyw sztucznych i PIMM – marką należąca do firmy Dopak, która wyspecjalizowała się w sprzedaży, skupie i modernizacji wtryskarek używanych.

– Stawiamy na jakość i profesjonalizm, a zaufanie budujemy podchodząc do każdego partnera biznesowego w indywidualny sposób. Inwestujemy w rozwój kompetencji i technologii, a to pozwala nam oferować w pełni kompleksowe rozwiązania i serwis związany z przetwórstwem tworzyw sztucznych. Dzięki temu znane, światowe marki darzą nas zaufaniem i lokują produkcję swoich produktów właśnie w Rosti. Wybieramy dostawców spełniających najwyższe wymagania jakościowe i chcących się rozwijać razem z nami. Dzięki połączeniu naszych możliwości produkcyjnych z możliwościami naszych dostawców, wspomagamy rozwój naszych klientów, a ich zadowolenie owocuje wzrostem sprzedaży w obu firmach. Mamy jednak ambicję i apetyt na więcej. Chcemy się dalej rozwijać i być liderem w branży przetwórstwa tworzyw sztucznych w Europie, oferując światowej klasy usługi, opierając współpracę na wartościach Rosti: partnerstwo, uczciwość, doskonałość i pasja – mówi Michał Lubik, dyrektor zarządzający Rosti Poland.

– Dopak zapewnia kompleksowe wdrożenie całego procesu technologicznego, od projektu poprzez sprzedaż maszyn, uruchomienie technologii, aż po serwis, części zamiennie i szkolenia pracowników. Dział maszyn używanych to nowa dziedzina działalności firmy Dopak, która w ostatnim czasie dynamicznie się rozwija. Motto firmy to: „Poziom zadowolenia klienta jest miarą naszego sukcesu”. We współpracy z partnerami biznesowymi stawiamy na wspólne zrozumienie wymagań, terminowość dostarczanych usług i wzajemny szacunek poprzez skuteczną komunikację. Jesteśmy zaufanym partnerem w zakresie kupna, sprzedaży i modernizacji maszyn używanych, a kilkuletnia współpraca z Rosti to potwierdza – mówi Witold Magryś, dyrektor zarządzający w PIMM.

DEFINIOWANIE WSPÓLNYCH CELÓW

Podstawą udanej współpracy między firmami jest klarowne zdefiniowanie wspólnych celów takich jak: zwiększenie sprzedaży, rozszerzenie rynku docelowego, czy też wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań na rynek. Cele stanowią fundament współpracy i umożliwiają skupienie wysiłków na ich realizacji.

KOMUNIKACJA I ZAUFANIE

Komunikacja i zaufanie są kluczowymi elementami udanej współpracy między firmami. Regularna i otwarta komunikacja pozwala na wymianę informacji, identyfikację problemów oraz szybką reakcję na zmiany w otoczeniu biznesowym. Zaufanie

między partnerami biznesowymi buduje się poprzez zachowanie spójności, uczciwość oraz terminowe wywiązanie się z zobowiązaniami.

WSPÓLDZIELENIE ZASOBÓW I KOMPETENCJI

Efektywna współpraca między firmami umożliwia współdzielenie zasobów i kompetencji. Firmy mogą wykorzystać wzajemne zasoby, takie jak infrastruktura, technologia czy kapitał ludzki, aby osiągnąć wspólne cele szybciej i efektywniej. Ponadto, współpraca umożliwia wymianę wiedzy i doświadczeń, co sprzyja wzrostowi innowacyjności i rozwojowi obu firm.

ELASTYCZNOŚĆ I ADAPTACYJNOŚĆ

Współpraca między firmami wymaga elastyczności i adaptacyjności ze strony partnerów biznesowych. Dynamiczne środowisko biznesowe często stawia przed firmami nowe wyzwania i wymaga szybkiej reakcji. Firmy zaangażowane we współpracę powinny być gotowe do dostosowania się do zmieniających się warunków rynkowych oraz potrzeb swoich partnerów

O ROSTI POLAND

Firma jest największym oddziałem Grupy Rosti w Europie należącej do szwedzkiego koncernu Nordstjernan. Rosti specjalizuje się w świadczeniu usług produkcyjnych związanych z przetwórstwem tworzyw sztucznych metodą wtrysku i dekoracji oraz montażu wyrobów gotowych i modułów dla branży motoryzacyjnej, opakowań, AGD, sektora urządzeń konsumenckich, elektrotechnicznej, medycznej oraz profesjonalnych urządzeń biznesowych. 25-letnia historia Rosti Poland ukształtowała firmę jako lidera innowacji i zrównoważonego rozwoju w branży przetwórstwa tworzyw sztucznych. Zakład produkcyjny jest zlokalizowany w Suwalskiej Specjalnej Strefie Ekonomicznej w Białymstoku o łącznej powierzchni 32 000 m², z ponad 120 maszynami wtryskowymi, Centrum Innowacji i nowo wybudowanym pomieszczeniem Cleanroom klasy 8. To jeden z największych pracodawców Podlasia zatrudniający około 900 pracowników. Laureat: Forbes, Solidny Pracodawca, czy tytułu Firmy Dobrze Widzianej.

O DOPAK

Dopak to wiodący dostawca maszyn i usług dla branży przetwórstwa tworzyw sztucznych w Polsce. W ofercie znajdują się nowe i używane wtryskarki elektryczne oraz hydrauliczne, urządzenia peryferyjne, a także centralne systemy podawania i suszenia, maszyny do recyklingu, rozdmuchiwarki, systemy chłodzenia. Firma zapewnia kompleksową obsługę na każdym etapie, doradztwo techniczne, wsparcie w implementacji nowych technologii i optymalizacji procesów produkcyjnych, a także serwis gwarancyjny i pogwarancyjny. Dopak prowadzi także Centrum Badawczo-Rozwojowe, z szeroką ofertą szkoleń dla przetwórców tworzyw oraz usługami laboratoryjnymi i R&D. Uzupełnieniem oferty Dopak jest sklep internetowy: eshop.dopak z częściami zamiennymi oraz chemią techniczną.

Witold Magryś, Managing director, Pimm Used Machines

Sukces oparty na strategii recyklingu i wielokrotnego wykorzystania surowców jest możliwy

Wczasach, w których zrównoważony rozwój definiuje przyszłość produkcji, przemysł tworzyw sztucznych stoi przed pilnym wyzwaniem – jak sprawić, by procesy produkcyjne były nie tylko bardziej wydajne i rentowne, ale także przyjazne dla środowiska.

Poniższe studium przypadku prezentuje, w jaki sposób odpowiednio dobrana linia do recyklingu odpadów poprzemysłowych może zrewolucjonizować procesy produkcyjne, doprowadzając do sytuacji, kiedy zrównoważony rozwój i sukces przemysłowy idą ze sobą w parze.

WYZWANIE: REDUKCJA ODPADÓW Z PRODUKCJI

Podróż rozpoczęła się od ambitnego celu hiszpańskiego producenta części z tworzyw sztucznych – firmy MOYAPLAST, jakim było wyeliminowanie odpadów z jego działalności. MOYAPLAST, z ponad 40 liniami formowania wtryskowego i silną międzynarodową obecnością, stanął przed podwójnym wyzwaniem - zarządzaniem odpadem poprodukcyjnym i dostosowaniem się do globalnych trendów zrównoważonego rozwoju. Głównym celem było znalezienie rozwiązania, dzięki któremu udało się poddać procesowi recyklingu 100% odpadu poprodukcyjnego, zwiększając przy tym ponowne wykorzystanie materiału.

Kolejnym krokiem inicjatywy było odebranie wcześniej wyprodukowanych produktów od klientów po zakończeniu ich cyklu życia, aby poddać je recyklingowi i ponownie wytworzyć nowe wyroby. Uosabia to istotę gospodarki o obiegu zamkniętym.

Proces ten nie tylko minimalizuje ilość odpadów, ale także maksymalizuje efektywność wykorzystania zasobów.

KLUCZOWA ROLA LINII DO REGRANULACJI ALTERO VELOX 120

Firma MOYAPLAST zdecydowała się na współpracę z hiszpańskim producentem maszyn do recyklingu - ALTERO RECYCLING MACHINERY. Kluczową rolę w całym procesie redukcji odpadów odegrała linia do regranulacji ALTERO VELOX 120, umożliwiając integrację obu źródeł materiału w stały strumień wysokiej jakości regranulatu. Wytworzony w ten sposób materiał jest następnie ponownie wykorzystywany na liniach produkcyjnych,

ALTERO
recycling machinery



zamykając pętlę cyklu produkcyjnego i znacznie zmniejszając wpływ działalności firmy na środowisko.

Zaprojektowana pod kątem wszechstronności, efektywności i doskonałej wydajności, linia VELOX wyróżnia się zdolnością przetwarzania szerokiej gamy materiałów, w tym odpadów przemysłowych i wtórnych odpadów z tworzyw sztucznych. Ułatwiając przetwarzanie PP (polipropylen) i HDPE (polietylen o dużej gęstości) z odpadów konsumenckich po procesie mycia, linia VELOX pozwoliła MOYAPLAST na znaczny krok w kierunku praktyk gospodarki obiegu zamkniętego i usprawnienia działań na rzecz zrównoważonego rozwoju.

MONITOROWANIE DLA OPTIMALNEJ WYDAJNOŚCI

Rozwiązanie dostarczone przez ALTERO obejmuje dokładne i bieżące monitorowanie procesu regranulacji, dostarczając MOYAPLAST rzeczywistych informacji na temat temperatur, ciśnień i innych kluczowych danych dotyczących procesu regranulacji. Ta zdolność, połączona z pełną integracją SCADA, ułatwia podejmowanie świadomych decyzji, optymalizuje koszty operacyjne i wspiera zabiegi konserwacji zapobiegawczej. Wykorzystując te rozwiązania, MOYAPLAST może utrzymywać najwyższy poziom efektywności produkcji i jakości regranulatu.

KLUCZOWE CECHY I KORZYŚCI Z MASZYN

Rodzina maszyn VELOX jest dostępna w różnych wydajnościach od 200 do 2000 kg/h, wyróżnia się kilkoma innowacyjnymi funkcjami:

- **Wysoką wydajnością** – zmniejsza zużycie energii przy jednoczesnej maksymalizacji wydajności, dzięki czemu proces recyklingu jest zarówno opłacalny, jak i przyjazny dla środowiska.
- **Pełną kontrolą jakości** – zaawansowane systemy filtracji i odgazowywania zapewniają najwyższą jakość granulatu z recyklingu, niezbędną do zachowania integralności produktu końcowego.
- **Elastycznością** – możliwości dostosowania proporcji materiałów PCR oraz pochodzących z recyklingu poprzemysłowego (PIR), a także precyzyjnego aplikowania dodatków pozwalają producentowi tworzyć niestandardowe formuły dostosowane do konkretnych wymagań produktu.

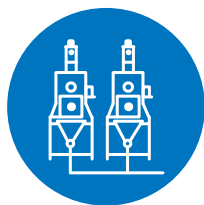




JEDEN PARTNER wiele usług



WTRYSKARKI
NOWE I UŻYWANE



URZĄDZENIA
PERYFERYJNE



FORMY
WTRYSKOWE



MASZYNY
DO RECYKLINGU



SZKOLENIA, BADANIA,
DORADZTWO
TECHNOLOGICZNE

DOPAK

Dopak Sp. z o.o.
tel. +48 71 358 40 00
e-mail: dopak@dopak.pl | www.dopak.pl

POZNAJ NASZĄ
SZEROKĄ OFERTĘ





- **Szybkim serwisem** – ALTERO współpracuje z wiodącymi dostawcami usług na wszystkich rynkach, aby zapewnić niezawodność i szybkość reakcji.

POKONYWANIE OGRANICZEŃ ZWIĄZANYCH Z ROZDRABNIANIEM

Wybierając regranulację zamiast rozdrabniania, MOYAPLAST unika wielu wyzwań związanych z tym ostatnim, takich jak wytwarzanie pyłu, niejednorodne rozmiary cząstek i przerwy w podawaniu. Co więcej, proces regranulacji wprowadza dodatkowe korzyści, w tym lepszą filtrację, odgazowanie i możliwość dodawania dodatków - ulepszenia, które nie są możliwe w przypadku samego rozdrabniania. To kompleksowe podejście pozwala firmie MOYAPLAST usprawnić cykle wtrysku oraz ogólną wydajność i kontrolę jakości.

EFEKTYWNE WYNIKI

Wdrożenie linii VELOX przyniosło producentowi znaczące rezultaty:

- **Produkcja bez odpadów** – producent radykalnie zmniejszył ilość odpadów dzięki ich przetworzeniu w 100% na granulaty, dostosowując się tym samym do globalnych celów zrównoważonego rozwoju i nowych przepisów UE.
- **Zwiększona wartość dodana produktu** – zastosowanie materiału PCR nie tylko zmniejsza zależność od pierwotnych tworzyw sztucznych, ale także przemawia do świadomych ekologicznie konsumentów, dodając produktom znaczącą wartość dodaną.
- **Doskonałość operacyjna** – usprawniony proces zaowocował znacznymi oszczędnościami kosztów i zwiększoną rentownością, udowadniając, że zrównoważony rozwój i sukces ekonomiczny mogą iść ze sobą w parze.

MODEL NA PRZYSZŁOŚĆ

Współpraca między ALTERO i MOYAPLAST to coś więcej niż historia sukcesu i przykład dla innych firm z branży, to plan na przyszłość zrównoważonej produkcji. Przyjmując zasady gospo-

darki obiegu zamkniętego i wykorzystując zaawansowane technologie recyklingu, firmy te udowadniają, że odpowiedzialność za środowisko i rentowność mogą iść ze sobą w parze. Ta historia sukcesu służy jako model dla branży, pokazując, że możliwe jest zrównoważenie wydajności operacyjnej, rentowności i odpowiedzialności za środowisko.

Co ważniejsze, możliwość ponownego wykorzystania materiałów PCR sprawiła, że MOYAPLAST stał się liderem w dziedzinie zrównoważonego formowania wtryskowego.

Inicjatywa ta nie tylko zwiększa wartość środowiskową ich produktów, ale także dostosowuje MOYAPLAST do rosnącego zapotrzebowania konsumentów na produkty przyjazne dla środowiska.

Podsumowując, transformacyjna podróż tego producenta, napędzana przez ALTERO RECYCLING MACHINERY, ilustruje przyszłościowe podejście do tworzyw sztucznych i pokazuje świat, w którym producenci nie tylko odnoszą sukcesy w zwiększaniu wydajności swoich procesów, ale także w bardziej zrównoważonym rozwoju.

ALTERO RECYCLING MACHINERY S.L. specjalizuje się w projektowaniu i produkcji wylączarek oraz kompletnych linii do regranulacji, zaprojektowanych do zastosowań w recyklingu tworzyw sztucznych, zarówno odpadów poprzemysłowych, jak i pokonsumenckich.

MOYAPLAST, S.L. jest hiszpańską firmą specjalizującą się w produkcji i dystrybucji części z tworzyw sztucznych wytwarzanych w procesie formowania wtryskowego.

Dopak Sp. z o.o. to wiodący dostawca maszyn i usług dla branży przetwórstwa tworzyw sztucznych, który zapewnia kompleksowe doradztwo i wsparcie w optymalizacji procesów produkcyjnych. Dopak jest wyłącznym przedstawicielem ALTERO RECYCLING MACHINERY na Polskę w zakresie dystrybucji maszyn, a także usług serwisowych i sprzedaży części zamiennych.

www.dopak.pl

DOPAK

Metody recyklingu odpadów z polistyrenu i potencjalne możliwości jego ponownego zastosowania

Marta Chylińska, Krystian Trojanowski, Andrzej Podgórski, Piotr Niemcewicz

Materiały polimerowe, z uwagi na ich szeroki wachlarz właściwości, znajdują coraz to nowe aplikacje. Dodatkowo, ich cena i dostępność spowodowały, że stały się one podstawowymi i niezastępowalnymi surowcami w wielu dziedzinach. Efektem tego jest ich ogromny udział wśród wytwarzanych co roku odpadów.

Najbardziej powszechną metodą pozbywania się odpadów jest ich składowanie na wyznaczonym do tego terenie – wysypisku śmieci. Mieszają się one tam wraz z innymi odpadami, co praktycznie uniemożliwia ich powtórne przetworzenie. Czas rozkładu tworzyw syntetycznych jest bardzo długi, co wymusza tworzenie nowych obszarów do składowania śmieci. Biorąc pod uwagę czynniki ekonomiczne oraz to, jaki wpływ na środowisko mogą wywoływać hałdy odpadów, rozsądniejszym wyjściem jest ich powtórne wykorzystanie – recykling. Wyróżnia się trzy typy recyklingu materiałów polimerowych [1–3]:

- **Energetyczny** – stosunkowo prosty w realizacji; odzysk odpadów polega na uzyskaniu energii w nich zgromadzonej. Tworzywa zostają spalane, a wytworzone ciepło w trakcie tego procesu może zostać wykorzystane do produkcji prądu lub ciepła do ogrzewania. Pozwala to na zmniejszenie miejsca zajmowanego przez odpady, jednak nie w sposób obojętny dla środowiska. Przy termicznym rozkładzie i spalaniu tworzyw syntetycznych wydzielają się niebezpieczne substancje (np. CO, HCl, NO_x), które emitowane są do atmosfery. Ponadto produkt, który pozostaje po spalaniu odpadów zawiera wszelkie niepalne napełniacze i dodatki wykorzystane w przetworstwie polimerów. Ich utylizacja i składowanie mogą sprawiać problemy i negatywnie obciążać środowisko.
- **Materiałowy** – polega na przetworzeniu określonego rodzaju odpadu w nowy, użyteczny produkt. Odbyna się to poprzez np. ponowne uplastycznienie rozdrobnionego tworzywa, bez zmian w jego chemicznej strukturze. Główną wadą tej metody jest pogarszanie się właściwości fizycznych i mechanicznych materiału po każdym powtórnym procesie recyklingu, aż do momentu, gdy tworzywo całkowicie nie nadaje się do przetworzenia.
- **Surowcowy** – skutek działania odpowiednich procesów fizykochemicznych zachodzi rozrywanie łańcuchów polimerowych, co prowadzi do otrzymania produktów małocząsteczkowych. Substancje te mogą być dalej wykorzystane i przekształcane. Recykling surowcowy może być przeprowadzany poprzez krawing termiczny (piroliza) lub katalityczny. Piroliza jest procesem wymagającym stosowania wysokich temperatur. Zachodzi wtedy beztlenowa przemiana tworzywa, w skutek której uzyskuje się produkty gazowe (tzw. gaz wylewny), ciekłe (oleje i smoły) i stałe (koks). Jednak, aby uzyskane produkty mogły być użyte jako określony produkt, muszą najpierw zostać odpowiednio przetworzone. Najczęściej odzyskuje się ener-

gię spalając gaz wylewny. Z kolei krawing katalityczny jako metoda konkurencyjna do pirolizy, polega na zastosowaniu odpowiedniego katalizatora, aby móc kontrolować wydajność procesu i degradację tworzywa do określonych produktów rozpadu.

RECYKLING POLISTYRENU

Polistyren jest powszechnie używanym polimerem przy produkcji opakowań i innych elementów urządzeń codziennego użytku. Jego szerokie zastosowanie wynika z łatwości przetwarzania (np. metodą formowania wtryskowego), jak i możliwości kopolimeryzacji styrenu z innymi monomerami. Najpopularniejszym kopolimerem zawierającym styren jest ABS (kopolimer akrylonitryl-butadien-styren). Jednak najbardziej powszechną formą PS jest wariant spieniony.

Spieniony polistyren (EPS z ang. *expanded polystyrene*) jest powszechnie używanym tworzywem w izolacji termicznej budynków i jako ochronny materiał opakowaniowy (zapobiegający uszkodzeniom w trakcie transportu) [4]. Uzyskuje się go z małych granulek polistyrenu, w których dodatkowo znajduje się odpowiedni porofor. Najczęściej jest to mieszanina węglowodorów o temperaturze wrzenia mniejszej niż 100°C. Granulki podgrzewa się parą wodną, co doprowadza do wrzenia, znajdującego się w ich wnętrzu, poroforu. W rezultacie tworzy się materiał, którego granulki połączone są ze sobą i który, charakteryzuje się dużą porowatością. Jego zaletami jest niski współczynnik przewodzenia ciepła, stabilność wymiarowa, mała waga i niska cena [5].

Ze względu na coraz większe zużycie polistyrenu, szczególnie jego spienionej formy, stale rośnie ilość odpadów tego surowca. Niepotrzebny EPS najczęściej gromadzony jest na wysypiskach śmieci bądź trafia do sortowni śmieci i zostaje poddany recyklingowi energetycznemu. Dzieje się tak, bowiem tradycyjny recykling polistyrenu w jego spienionej formie jest nieoptymalny. Wynika to z jego bardzo małej gęstości (większość jego objętości stanowi powietrze), co sprawia, że transport takiego materiału kosztuje więcej niż zysk z ponownego jego przetworzenia. Niemniej jednak polistyren, czy to spieniony czy nie, nadaje się do ponownego użytku. Rosnące koszty składowania odpadów i zmniejszające się możliwości rozszerzania wysypisk śmieci zmuszają do wykorzystywania alternatywnych metod utylizacji odpadów. Ze względu na zmiany prawne, mające na uwadze względy ekologiczne i ochronę środowiska, w ostatnich latach badania nad metodami recyklingu polistyrenu zyskały na zainteresowaniu.

RECYKLING TERMICZNY PS

Krawing termiczny PS prowadzi się w atmosferze gazu obojętnego, najczęściej azotu [2, 6, 7]. Piroliza posiada szereg zalet. Jedną z nich jest otrzymywanie w wyniku procesu m.in.

wysokokalorycznych gazów (o kaloryczności powyżej 20 MJ/m³), które można wykorzystać w silnikach gazowych do produkcji elektryczności i ciepła. Dodatkową korzyścią jest to, iż otrzymane gazy są stosunkowo czyste. Otrzymywane w wyniku degradacji wyjściowego materiału stałe, zwęglone pozostałości, także mogą stanowić paliwo; można je również wykorzystać jako surowiec do innych procesów.

Przeprowadzaniu degradacji termicznej towarzyszy wiele różnych reakcji chemicznych, zależnych od szybkości ogrzewania, ciśnienia, środowiska reakcji (obojętnego, utleniającego, redukującego) oraz budowy reaktora. Wbrew pozorom nie jest to prosty proces. Ze względu na dużą lepkość polimerów, podczas degradacji utrudniony jest bowiem przepływ ciepła. Problem ten rozwiązuje się poprzez dodanie odpowiedniego rozpuszczalnika. Stosowano w tym celu m.in. tetralinę, 9, 10-dihydroantracen, fenol, 2-naftol oraz difenyloaminę [8]. Proces jest prowadzony w temperaturach pomiędzy 300 a 450°C, a jego produktami są: toluen, etylobenzen oraz styren. W innych badaniach jako rozpuszczalnik wykorzystano olej ciężki [9]. W wyniku termicznej degradacji zachodzącej w zakresie 370-415°C otrzymano przede wszystkim styren, ale także produkty uboczne w postaci toluenu, metylostyrenu, etylobenzenu oraz kumenu. Związki te powstają w większych ilościach w przypadku braku rozpuszczalnika.

Przeprowadzono badania mające na celu ustalenie wpływu rodzaju rozpuszczalnika na termiczny rozkład polistyrenu. Do badań wykorzystano n-pentan (węglowodór alifatyczny), cykloheksan (węglowodór cykliczny) oraz toluen (węglowodór aromatyczny) [6]. Eksperyment prowadzono w temperaturze 400°C i przy stosunku rozpuszczalnika do polistyrenu wynoszącym 4:1. Dla porównania, degradacji poddano także sam polimer bez użycia jakiegokolwiek rozpuszczalnika. Zaobserwowano, iż rozpuszczenie polimeru wpływa korzystnie na efektywność rozkładu (powstawało zdecydowanie mniej pozostałości, za to więcej pro-

duktów ciekłych). Przyczyną tego zjawiska jest lepsza wymiana i przenoszenie ciepła. Dla wszystkich zastosowanych związków organicznych otrzymano zbliżone ilości otrzymanych olejów. Stanowiły one mieszaninę wielu związków chemicznych, takich jak np. etylobenzen i metyloetylobenzen. W przypadku zastosowania jako rozpuszczalnika toluenu, pojawiły się także niewielkie ilości propylobenzenu oraz 1,2-dimetylobenzenu. Ponadto zastosowanie cykloheksanu skutkowało otrzymaniem 1,1-bicykloheksylu i 2-cykloheksyloetylobenzenu. Zbadano także wpływ stosunku ilości cykloheksanu do ilości polimeru (od 2:1 do 10:1) - także i tutaj nie odnotowano istotnych różnic w składzie jakościowym i ilościowym produktów. Badano również wpływ temperatury prowadzenia procesu w zakresie 350-475°C. Eksperyment wykazał, iż dla wyższych temperatur maleje ilość produktów ciekłych na korzyść tych gazowych.

RECYKLING PS Z UŻYCIEM KATALIZATORÓW

Wprawdzie styren można odzyskać przez termiczną degradację polistyrenu w 600°C, jednak należy rozważyć jego katalityczny recykling chemiczny. Głównym celem tego procesu jest rozkład polistyrenu do monomeru przy użyciu katalizatorów, dzięki czemu można obniżyć temperaturę przeprowadzania procesu. Problem ten podejmowany jest przez kilka grup badawczych i każda z nich proponuje inną metodę dekompozycji PS.

Koji i in. otrzymywali piankę polistyrenową poprzez wymieszanie polimeru z obojętnym poroforem (był to np. azot czy propan) oraz tlenkiem zasadowym - Na₂O, MgO lub CaO. Ten ostatni składnik pełni rolę katalizatora rozkładu w procesie recyklingu polistyrenu. Dekompozycję przeprowadzano w temperaturze 300-450°C w atmosferze nieutleniającej. Warto zauważyć, iż większą efektywność uzyskiwano, gdy tlenek metalu był wprowadzany na nieorganicznym porowatym wypełniaczu [10]. Do rozkładu polistyrenu z powodzeniem stosowano także katali-

Tabela 1. Produkty rozkładu polistyrenu z wykorzystaniem różnych katalizatorów [12]

	Katalizator						Rozkład termiczny
	MgO	CaO	BaO	K ₂ O	HZSM-5	węgiel aktywny	
Zawartość produktów [%]							
Oleje	79,6	82,8	93,4	86,5	78,2	76,5	80,1
Koks	8,2	4,2	0,3	3,1	5,9	10,1	-
Gazy	-	-	-	-	śladowe ilości	-	-
Pozostałości	3,8	6,5	3,2	4,1	8,5	3,8	16,1
Skład olejów [%]							
Styren	79,1	75,5	76,4	77,8	64,4	70,0	70,0
Dimer styrenu	8,2	11,1	18,3	15,6	7,0	8,5	11,2
α-metylostyren	6,2	6,6	1,4	2,5	5,2	6,8	8,6
Toluen	3,9	3,9	1,6	2,2	3,1	4,4	5,1
Benzen	-	-	-	-	6,4	-	-
Etylobenzen	0,7	0,9	0,2	0,3	2,0	4,3	2,4
Indan	-	-	-	-	1,8	-	-

zatory na bazie żelaza, np. Fe-K/ Al₂O₃ [11]. Umożliwiały one przeprowadzenie procesu z wysoką selektywnością w stosunkowo niskiej temperaturze (około 400°C). W innych badaniach jako katalizatorów używano substancji stałych o właściwościach kwasowych i zasadowych takich jak: MgO, CaO, BaO, K₂O, SiO₂/Al₂O₃, zeolit HZSM-5 oraz węgiel aktywny [12–14]. Proces dekompozycji prowadzono w temperaturze 350°C przez 3 godziny. Dla porównania przeprowadzono również termiczny rozkład polistyrenu w temperaturze 600°C, także przez 3 godziny. Po przeprowadzeniu eksperymentu wyznaczono procentowy udział wśród produktów gazów, olejów, koksu oraz innych pozostałości. W przypadku olejów dodatkowo określono ich skład. Otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Badania wykazały, iż zasady w postaci ciał stałych są bardziej efektywnymi katalizatorami rozkładu polistyrenu od kwasów w takiej postaci, co wynika z innego mechanizmu reakcji. Najlepsze wyniki uzyskano dla tlenku baru - przy jego zastosowaniu w temperaturze 350°C dekompozycji do monomeru lub dimeru ulegało około 90% wag. polimeru. W przypadku użycia katalizatorów kwasowych, takich jak HZSM-5, w produktach reakcji pojawia się benzen i indan, wzrasta także ilość etylobenzenu na skutek hydrogenacji styrenu, którego ilość z kolei znacznie spada. Istotne jest także to, iż w przypadku użycia stałych kwasów czas całkowitego rozkładu polimeru przekraczał 90 minut, podczas gdy przy zastosowaniu zasad w postaci ciała stałego oscylował on w okolicach 20 minut.

Zbadano także wpływ niektórych tlenków metali przejściowych (TiO₂, Cr₂O₃, Fe₂O₃, Co₃O₄, CuO, ZnO) na proces rozkładu polistyrenu. Otrzymywano nieco mniej olejów niż w przypadku zastosowania stałych kwasów i zasad, jednak ich skład jakościowy był zbliżony. Wyjątek stanowił ditlenek tytanu. Autorzy publikacji jako możliwą przyczynę wskazują właściwości kwasowe tego związku, które wynikają z innego sposobu jego przygotowania [12–14].

Pod kątem wykorzystania w recyklingu polistyrenu badano także rozpuszczalniki w stanie nadkrytycznym [15]. W eksperymencie stosowano m.in. benzen, toluen, etylobenzen oraz ksylen w temperaturze 310-370°C i pod ciśnieniem 6 MPa. Dla wszystkich badanych rozpuszczalników otrzymano zbliżone wyniki, jednak najlepsze osiągnięto stosując toluen, w przypadku którego w temperaturze 360°C rozkładowi uległo 77 % wag. polimeru (w czasie 20 minut). Jako katalizatory dekompozycji polistyrenu można użyć także różnego rodzaju zeolitów, takich jak: HZSM-5 HY, mordenit i klinoptylolit [16]. Badaniom poddano wpływ ich kwasowości, temperatury reakcji oraz czasu kontaktu z polimerem na produkty rozkładu. Wykazano, że wydłużenie czasu kontaktu oraz zwiększenie kwasowości powierzchni katalizatora skutkowało powstawaniem etylobenzenu jako głównego produktu degradacji. Z kolei podwyższenie temperatury prowadziło do otrzymywania głównie styrenu. W przypadku użycia klinoptylolitu, udział związków aromatycznych w produktach rozkładu wynosił ponad 99%. Większość stanowił styren, jednak w wyniku podwyższonej kwasowości jego część ulegała hydrogenacji do etylobenzenu.

ROZPUSZCZANIE PS

Ze względu na małą gęstość i dużą objętość EPS, coraz bardziej popularne jest redukowanie objętości spienionego polistyrenu w miejscu, w którym powstaje najwięcej jego odpadów, tzn. na budowach, w hurtowniach, super- i hipermarketach, restauracjach i innych miejscach, gdzie stosowanie polistyrenu jako materiału opakowaniowego jest powszechne. Istnieją firmy, które

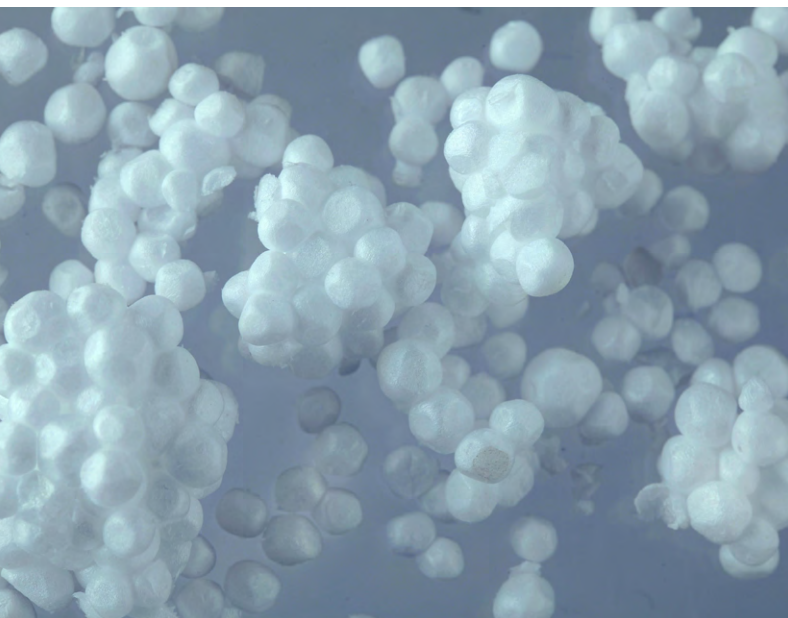
zainteresowane są tą formą odpadową PS (tzn. niewymagającą segregacji od innych tworzyw sztucznych). Istnieją różne techniki prasowania i/lub podgrzewania EPS w celu jego stopienia, a tym samym usunięcia powietrza z jego wnętrza. Jednak bardziej popularną metodą zmniejszenia objętości zajmowanej przez spienione tworzywo jest jego rozpuszczanie w odpowiednim rozpuszczalniku. W miejscu powstawania odpadu umieszczone są specjalne zbiorniki, do których wrzucane są odpadowe fragmenty PS. Firmy utylizujące odpady przywożą na miejsce gotowe zasobniki wraz z rozpuszczalnikiem. Gdy polistyren przestaje się w nich rozpuszczać, zbiornik wymieniany jest na nowy. Dzięki temu uzyskuje się roztwór o dużej gęstości i lepkości, co pozwala w maksymalnym stopniu wykorzystać możliwości transportowe. Znacząco obniża to koszty i sprawia, że recykling staje się ekonomicznie uzasadniony. Dodatkowo w trakcie rozpuszczania nie zachodzi w znaczącym stopniu degradacja łańcuchów polimerowych [5]. Problemem może stać się pozostający w strukturze polimeru rozpuszczalnik, który może nie być obojętny dla człowieka i szkodliwy dla środowiska.

W pracy przedstawionej przez J. F. Rodrigueza i in. [5] zbadano możliwość rozpuszczania polistyrenu ekstrudowanego w różnych rozpuszczalnikach, w tym w takich związkach jak: benzen, toluen, ksylen, tetrahydrofuran, chloroform, D-limonen. Wybór rozpuszczalnika nie jest jednak prosty. Dobry rozpuszczalnik polistyrenu powinien charakteryzować się:

- wysoką zdolnością do rozpuszczania PS,
- wysoką lotnością, która pozwoliłaby łatwo usunąć rozpuszczalnik przy minimalnych nakładach energetycznych,
- niską ceną i łatwą dostępnością w dużych ilościach,

Tabela 2. Rozpuszczalność polistyrenu w 25 °C [5]

	Rozpuszczalnik	Rozpuszczalność PS [g/ml]
Rozpuszczalniki naturalne	p-cymen	0,30
	Felandren	0,28
	D-limonen	0,26
	Terpinen	0,25
	Aldehyd cynamonowy	0,17
	Eukaliptol	0,10
	Linalol	0
	Mentol	0
Inne rozpuszczalniki organiczne	Chloroform	1,28
	Tetrahydrofuran	0,96
	Benzen	0,68
	Toluen	0,60
	Ksylen	0,40
	N, N-dimetyloformamid	0,31
	Nitrobenzen	0,13
	1,3-butanodiol	0
2-butanol	0	



- małą toksycznością pozwalającą na uniknięcie zatruć i na zminimalizowanie negatywnego wpływu na środowisko.

W przypadku rozpuszczania spienionej formy polistyrenu w mieszaninie oprócz samego polimeru znajdować się będą również inne dodatki. Są to zazwyczaj związki zmniejszające palność, wypełniacze i barwniki. Zazwyczaj nie są one dobrze rozpuszczalne i można je usunąć poprzez filtrację. Odzysk rozpuszczalnika przeprowadza się poprzez destylację próżniową, co pozwala na obniżenie jego temperatury wrzenia i uniknięcie termicznego rozkładu polimeru. Polistyren w miarę odparowywania rozpuszczalnika wytrąca się z roztworu.

W zależności od użytego rozpuszczalnika możliwe są różne drogi odzyskiwania PS. Jeżeli polistyren dobrze rozpuszcza się w podwyższonej temperaturze można schłodzić otrzymany roztwór do temperatury, w której nastąpi wytrącenie się polimeru. Inną metodą jest dodanie wody do roztworu, co spowoduje jego wytrącenie [17].

W tabeli 2 podano wartości rozpuszczalności polistyrenu dla wybranych rozpuszczalników organicznych.

Najlepszą rozpuszczalność PS wykazują substancje takie jak chloroform czy tetrahydrofuran, które nie mogą być uznane za przyjazne dla środowiska. Z tego powodu najczęściej polecanymi do recyklingu rozpuszczalnikami są substancje pozyskiwane ze źródeł naturalnych, np. rozpuszczalniki terpenowe. Charakteryzują się one akceptowalną wartością rozpuszczalności polistyrenu. Jednym z ich przedstawicieli jest D-limonen. Obecnie jest on uważany za jeden z ekonomicznie opłacalnych rozpuszczalników PS, które mogą być wykorzystywane podczas recyklingu tego polimeru [10]. Charakteryzuje go jednak silny cytrusowy zapach i niska temperatura zapłonu (47°C), co wpływa na otoczenie, w jakim może być używany. Dodatkowo, jako produkt naturalny, wykazywać może brak stabilności i tendencję do rozkładu [17]. Z dotychczasowych badań wynika, że rozpuszczalniki naturalne (tabela 2) wykazują bardzo słaby wpływ na proces degradacji łańcuchów polimerowych w trakcie rozpuszczania [5]. Również destylacja próżniowa nie wpływa znacząco na strukturę i degradację rozpuszczonego polimeru. Dodatkowo stwierdzono, że wzrost temperatury rozpuszczalnika wpływa pozytywnie na jego możliwości rozpuszczania polistyrenu. Jednakże wiąże się to z możliwością niewielkiej degradacji łańcuchów polimerowych (wzrost polidispersyjności i spadek liczbowo średniej masy cząsteczkowej).

APLIKACJE DLA ODPADOWEGO PS

Rozpuszczony w odpowiednim rozpuszczalniku PS może stanowić punkt wyjścia do różnych innych zastosowań, nawet odmiennych niż te, do których był wykorzystywany pierwotnie. Istnieje kilka patentów, w których opisano metody skutecznego zmniejszenia objętości spienionego polistyrenu, przy jednoczesnym uzyskaniu z niego użytecznego produktu.

Metoda opracowana przez Marcello i współpracowników [18] polega na użyciu węglanów dialkylowych jako rozpuszczalnika polistyrenu. nierozpuszczalne składniki usuwane są poprzez filtrację. PS jest wytrącany poprzez dodanie do roztworu nierozpuszczalnika polimeru (np. woda, alkohol). Powstały osad PS jest oddzielany od reszty, suszony a następnie przekształcany na granulaty poprzez wytłaczanie.

Katz i in. [19] zastosowali do rozpuszczania polistyrenu alifatyczne dwuzasadowe estry (produkty powstałe po reakcji alkoholu z kwasem dikarboksylovym). Ich wodne roztwory zawierające m.in. glutaran dimetylu, adypinian dimetylu, bursztynian dimetylu z dodatkiem środka powierzchniowo czynnego, po rozpuszczeniu PS tworzyły lepka, żelopodobną ciecz, która mogła być wykorzystana jako środek do hydroizolacji (tzw. folia w płynie).

W pracy C. Shina i jego współpracowników [4] można uzyskać informację na temat elektroprzędzenia (ang. *electrospinning*) nanowłókien polistyrenu, które otrzymano poprzez rozpuszczenie EPS w *N, N*-dimetyloacetamidzie. Nanowłókna te poprzez zmieszanie z włóknem szklanym i odpowiednim spoiwem utworzyły materiał filtracyjny, którego celem było skuteczniejsze oddzielenie wody z emulsji utworzonej przez wodę i olej. Takie oczyszczanie oleju jest bardzo pożądane w przemyśle petrochemicznym, gdzie woda negatywnie wpływa na jakość otrzymywanych produktów. W wyniku testów stwierdzono, że wydajność oddzielania wody wzrosła o 68 – 88% w zależności od ilości nanowłókien PS. Odnośnikiem był komercyjnie dostępny filtr z włókien szklanych (o mikrometrycznej średnicy porów).

W innej pracy C. Shin wraz z G. G. Chase'em [20] do elektroprzędzenia nanowłókien PS użyli znacznie bardziej ekologicznego i biodegradowalnego rozpuszczalnika, jakim jest D-limonen. Według autorów jest to ekonomicznie opłacalna metoda produkcji nanowłókien (średnia średnica wyniosła ok. 700 nm). Celem pracy było ustalenie optymalnej zawartości polistyrenu w rozpuszczalniku (ok. 30% masowych), w którym proces elektroprzędzenia zachodził najlepiej (otrzymywano długie nanowłókna o pożądanej średnicy).

Duże znaczenie w procesie oczyszczania ścieków m.in. wód przemysłowych może mieć polielektrolit otrzymywany z odpowiednio zmodyfikowanego polistyrenu [21]. Ze względu na swoje właściwości flokujące, polielektrolit pozwala na szybszą sedimentację cząstek zdyspergowanych w wodzie, co oznacza dokładniejsze i szybsze jej oczyszczanie. W przypadku polistyrenu możliwe jest jego sulfonowanie (np. za pomocą stężonego kwasu siarkowego (VI) [22], co pozwala na otrzymanie pochodnej rozpuszczalnej w wodzie. Testy przeprowadzone przy użyciu zanieczyszczonej wody (zarówno zawierającej zanieczyszczenia organiczne, jak i nieorganiczne) potwierdziły, że możliwe jest uzyskanie właściwości flokujących sulfonowanych odpadów polistyrenu [21].

EPS z powodzeniem może być zmieszany również z mączką drzewną przy produkcji tzw. desek kompozytowych. W porównaniu do desek z czystego drewna, są one bardziej odporne na działanie wody i gniciu. W pracy [23] A. J. Zattera przedstawił sposób przygotowania takich kompozytów. Odpady z polistyrenu są w pierwszej kolejności segregowane i prasowane w celu

zwiększenia ich gęstości, a następnie mielone w celu otrzymania pojedynczych płatów o wielkości 5 – 15 mm. W późniejszym etapie są one mieszane z wysuszoną mączką drzewną w temperaturze 160 – 190°C w celu stopienia polistyrenu przy jednoczesnym braku degradacji mączki drzewnej. Próbkę przeznaczoną do badań mechanicznych wykonano metodą formowania wtryskowego. Badane były próbki zarówno bez dodatku, jak i z dodatkiem środka poprawiającego adhezję. Do tego celu zastosowano poli(styrenbezwodnik maleinowy) (SMA). Użycie SMA pozwoliło uzyskać poprawę właściwości mechanicznych i zmniejszyć ilość pustych przestrzeni w kompozycie (w porównaniu do kompozytów bez dodatku SMA) [23, 24].

Odpad z polistyrenu może znaleźć zastosowanie również w budownictwie. Możliwe jest jego ponowne wykorzystanie na drodze bądź to dodatku, do spoiwa mineralnego, jako napelnacza i utworzeniu w ten sposób kompozytu [25–31] bądź jako domieszki w postaci superplastyfikatora [32–35].

Wytworzenie kompozytu, na bazie spoiwa mineralnego, ze spienionym polistyrenem, który poddano wyłącznie rozdrobieniu, napotyka na pewne trudności. Napelnacz charakteryzuje się dużą hydrofobowością, jest lekkim materiałem o zróżnicowanej gęstości, co powoduje separację poszczególnych składników układu podczas próby ich wymieszania. Prowadzi to do uzyskania materiału: niejednorodnego, z licznymi defektami na granicy napelnacza – spoiwo, o znacząco zmniejszonej wytrzymałości mechanicznej w odniesieniu do próbek bez dodatku napelnacza [30, 31]. Rozwiązaniem tego problemu może być modyfikacja hydrofobowego polistyrenu, poprzez wzbogacenie jego powierzchni w ugrupowania hydrofilowe [36, 37] lub zwiększenie lepkości kompozytu, w fazie jego przygotowania, np. wskutek dodania eterów celulozy, w tym metylocelulozy i hydroksypropylocelulozy [38–40].

Nadmierne zwiększenie lepkości układu może jednak spowodować negatywne skutki. Obserwuje się wówczas opóźnienie procesu wiązania, twardnienia zapraw [38].

Stąd, w celu zapewnienia lepszej adhezji napelnacza w postaci polistyrenu do innych składników kompozytu na bazie cementu, należy poddać go procesowi hydrofilizacji. Polega on na wprowadzeniu na powierzchni modyfikowanego polimeru grup hydrofilowych, takich jak: -OH, C=O, -NH₂ czy =NH. Efekt taki można uzyskać przy pomocy różnych metod [36]:

- mokrej, w której wykorzystuje się działanie na materiał odpowiedniego kwasu lub zasady w ustalonych warunkach,
- suchej, w której do modyfikacji stosuje się plazmę,
- radiacyjnej, w której przeprowadza się naświetlanie promieniowaniem ultrafioletowym lub laserem.

Do modyfikacji polimerów najczęściej wykorzystuje się plazmę, której zaletami są: brak rozpuszczalników, niewielkie zużycie chemikaliów oraz możliwość precyzyjnej kontroli warunków. Zawarte w plazmie energetyczne cząstki obojętne, jony i elektrony, działając na powierzchnię, zmieniają jej właściwości fizykochemiczne. Zależą one do takich parametrów prowadzenia procesu, jak: ciśnienie w komorze, moc wzbudzenia plazmy, jej stopień jonizacji, temperatury elektronów itp.

Badania wykazały, że wpływ na proces hydrofilizowania ma także rodzaj gazu, który zostaje przekształcony w plazmę [37]. Eksperymenty dla polistyrenu przeprowadzono z wykorzystaniem następujących gazów: wodór, argon, mieszanina azotu z wodorem, tlen oraz mieszanina argonu z tlenem. Do oceny właściwości hydrofilowych powierzchni polimeru wykorzystano pomiary kąta zwilżania cieczą polarną, np. wodą (im jest on mniejszy, tym materiał bardziej hydrofilowy). W przypadku polimeru niemo-

dyfikowanego wynosił on około 85°. Przy przeprowadzeniu modyfikacji w plazmie wodorowej wartość tego kąta zmniejszyła się do ok. 70°, w przypadku argonu - do ok. 55°, dla pozostałych gazów kąt zwilżania przyjmował wartości z przedziału 30-40°. Wadą tej metody jest spadek właściwości hydrofilowych po dłuższym czasie od modyfikacji. Efekt ten można zminimalizować przez zmianę sposobu prowadzenia procesu, np. poprzez zastosowanie dwuetapowej modyfikacji z wykorzystaniem różnych gazów (argon i tlen) w każdym z etapów. W ten sposób otrzymano wartości kąta zwilżania nawet <20° niedługo po modyfikacji, które z czasem wzrosły i ustabilizowały się na poziomie około 30° nawet do 80 dni po przeprowadzeniu doświadczenia. Analiza XPS wykazała, iż za hydrofilowość powierzchni zmodyfikowanego polimeru odpowiadają następujące grupy: C-O, C=O oraz O-C=O.

W innych badaniach [36] skupiono się na wpływie mocy mikrofal generujących plazmę i czasu ekspozycji próbki na plazmę na wartości kąta zwilżania. Eksperyment przeprowadzono, stosując plazmę argonową oraz tlenową. Przeprowadzona analiza FTIR wykazała, iż w przypadku oddziaływania plazmy tlenowej pasma absorpcyjne pochodzące od wiązania C=O były bardziej ostre niż dla polimeru modyfikowanego w plazmie argonowej, co tłumaczy różnice we właściwościach hydrofilowych i świadczyło o efektywnej modyfikacji powierzchni polimeru.

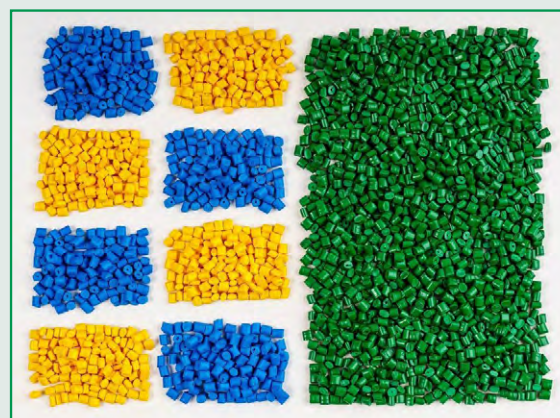
Modyfikacja spienionego polistyrenu nie jest jedynym kryterium, które musi zostać spełnione, ażeby uzyskać materiał o pożądanym właściwościach. Są one także ściśle uzależnione od takich czynników jak: typ i ilość spoiwa mineralnego, wielkość ziarna napelnienia oraz stopień modyfikacji (ilość polar-

REKLAMA



POŚREDNICTWO W HANDLU TWORZYWAMI SZTUCZNYMI

**PRODUCENT REGRANULATÓW: LDPE, HDPE, PP
ORAZ PRZEMIAŁÓW I AGLOMERATÓW TWORZYW**



87-326 Nieżywiec, Grabówiec 46
tel. +48 691 041 741, +48 502 751 996
e-mail: biuro@pselect.pl
www.selectrecycling.pl

nych ugrupowań wytworzonych na powierzchni napelnacza), ale także rodzaj i ilość zastosowanych domieszek [25–31].

Optymalizacja składu mieszanki pozwala uzyskać materiał charakteryzujący się szeregiem zalet. W wyniku zastąpienia, w zaprawach, części kruszywa recyklatem obserwuje się obniżenie wartości współczynnika przewodnictwa cieplnego w stosunku do próbki referencyjnej, niezawierającej napelnacza [25], [26, 28]. Wraz ze zwiększającym się udziałem odpadu polimerowego w mieszance oprócz zmniejszającego się współczynnika przewodnictwa cieplnego, obniżeniu ulegają także właściwości mechaniczne [25–31], ilość zaabsorbowanej wody [28, 29] porowatość oraz gęstość kompozytu [26, 28, 30]. Zaprawy, zawierające spieniony polistyren, poddane wielokrotnym cyklom zamrażania/ rozmrażania cechują się dobrą, stabilną odpornością na działanie sił ściskających [29]. Przyczyną jest wbudowanie się w strukturę zaprawy drobin napelnacza. Zastosowanie dodatkowo domieszek w postaci superplastyfikatorów bądź środków zwiększających retencje wody w zaprawie pozwala na wytworzenie zapraw o zwiększonym udziale spienionego polistyrenu i/lub większej ich trwałości [25, 29]. Wszystkie te cechy są pożądane w odniesieniu do potencjalnego zastosowania kompozytu jako materiału o zwiększonej termoizolacyjności.

Dzięki zastąpieniu w betonie części kruszywa polistyrenem można doprowadzić do zmniejszania jego gęstości. Podobny efekt możemy uzyskać w blokach gipsowych; dodatek PS przyczyni się tu również do obniżenia wartości współczynnika przewodnictwa cieplnego [41].

Domieszkowanie zapraw polistyrenem możliwe jest także po jego przekształceniu w polielektrolit, wspomnianą wcześniej, rozpuszczalną w wodzie sulfonową pochodną, otrzymywaną w wyniku procesu sulfonowania [32–35]. Reakcja w zależności od: warunków, użytych odczynników, stopnia i rodzaju zanieczyszczeń, ale również od pochodzenia odpadu, prowadzi do uzyskania produktu o różnym stopniu podstawienia grupami sulfonowymi. Skutkiem tego są obserwowane różnice w uzyskanych wynikach, np.: ilości zastosowanej domieszki w układzie, czy właściwościach mechanicznych otrzymanego materiału [32–35].

Dodatek sulfonowanego polistyrenu do zapraw powoduje poprawę ich właściwości. Obserwowany jest wzrost płynności zaczynu, poprawa retencji wody [32–35]. W próbkach wysezonowanych zapraw domieszkowanie powoduje zmianę porowatości zaprawy, ale jednocześnie nie przyczynia się do znaczących zmian jej wytrzymałości mechanicznej [32, 34]. Dodatkową zaletą, obserwowaną w wysezonowanych zaprawach, jest zmniejszenie absorpcji wody poprzez podciąganie kapilarne. Domieszka tworzy nieprzenikalną barierę w porach materiału, uniemożliwiając tym samym przemieszczanie się wody w głąb struktury wysezonowanej zaprawy. Cecha ta jest ściśle uwarunkowana stopniem zulfonowania. Na szczególną uwagę zasługuje wzrost przyczepności domieszkowanych zapraw [34]. Wymienione powyżej cechy wskazują potencjalne zastosowanie tego typu układów w budownictwie jako zaprawy klejące, czy zaprawy tynkarские.

Odpady polistyrenu mogą także znaleźć zastosowanie w drogownictwie jako dodatek do asfaltu. Wpływ dodatku rozdrobnionego, ekspandowanego PS na właściwości asfaltu omówiono w wielu pracach [42–45].

Nassar i współpracownicy [42] badali morfologię i właściwości fizyczne asfaltów z dodatkiem 2, 3, 4, 5 i 6% wag. PS. Najlepsze rezultaty uzyskano dla asfaltu, zawierającego 5% wag. PS. Taka ilość polimeru poprawiała urabialność i odporność na deformację mieszanek asfaltowych. Analiza wykazała, że zarówno

lepkość asfaltu w temperaturze 60°C i 135°C, jak i temperatura mięknięcia znacznie wzrosła w porównaniu do asfaltu niemodyfikowanego. Dodatek odpadowego polistyrenu poprawiał także stabilność termiczną materiałów.

Podobne rezultaty przedstawili w swojej pracy Fang [43] i Baker [44] oraz ich współpracownicy. Do analizy i oceny właściwości reologicznych zmodyfikowanego asfaltu użyto różnicowej kalometrii skaningowej (DSC), lepkościomierza obrotowego i reometru dynamicznego ścinania (DSR) [43]. Otrzymane wyniki wskazują, że wrażliwość zmodyfikowanego asfaltu na temperaturę ulega zmniejszeniu, wskazując na poprawę odporności na pękanie zmodyfikowanego asfaltu. Ponadto po zmodyfikowaniu polepsza się lepkość sprężystości asfaltu. Modyfikowany asfalt charakteryzuje się wysoką lepkością w niskiej temperaturze i niską lepkością w wysokiej temperaturze, co jest bardzo korzystne. Różnice te widoczne są szczególnie w niższych temperaturach [43, 44]. Im większy dodatek PS, tym większa lepkość spoiwa asfaltowego [42–45].

Stwierdzono również, że PS może rozwiązać główne problemy perkolacji i drenażu wody w powierzchniach asfaltowych [45]. Modyfikowany asfalt charakteryzuje się także większą wytrzymałością [42, 45]. W związku z tym, dodając PS podczas otrzymywania mieszanek asfaltowych, przy jednoczesnym wykorzystaniu znacznych ilości odpadów, można poprawić właściwości otrzymanego asfaltu oraz zmniejszyć zużycie kruszyw.

PODSUMOWANIE

Skuteczne zredukowanie ilości odpadów, a tym samym zastosowanie recyklingu niepożądanego polistyrenu, można osiągnąć jedynie poprzez dodanie takiego materiału do stosowanych na dużą skalę kompozytów, w tym np. mieszanek asfaltowych czy betonów. Tylko takie rozwiązanie doprowadzi do skutecznej ochrony środowiska, zachowania zasobów naturalnych i zmniejszenia kosztów utylizacji tak dużej ilości odpadów PS.

Najbardziej ekonomicznym sposobem recyklingu PS jest jego rozpuszczanie, gdyż proces ten w znaczącym stopniu wpływa na zmniejszenie objętości zajmowanej przez wielkogabarytowe odpady PS. Technika ta nie wpływa w znaczący sposób na degradację łańcuchów polimerowych, co pozytywnie odróżnia ją od mechanicznego mielenia lub prasowania odpadów. Otrzymany polimer (rozpuszczony za pomocą odpowiedniego rozpuszczalnika) można stosunkowo łatwo odfiltrować od nierozpuszczalnych dodatków, a następnie wytrącić do stałej postaci. W tym stanie może on być powtórnie spieniony, przetworzony poprzez wyłaczanie przy użyciu odpowiednich katalizatorów lub w wyniku kolejnych etapów technologicznych można uzyskać całkowicie nowy produkt.

LITERATURA u Autora.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przetwórstwo Tworzyw” nr 1/2018, s. 27-38.

dr Marta Chylińska, dr Andrzej Podgórski,
dr hab. Piotr Niemcewicz, prof. UMK
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Sztuk Pięknych, Katedra Konserwacji-Restauracji Architektury i Rzeźby, Toruń
mgr Krystian Trojanowski
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Chemii, Katedra Chemii i Fotochemii Polimerów, Toruń

YS Reclamation w recyklingu folii LDPE stawia na technikę rozdrabniania Vecoplan

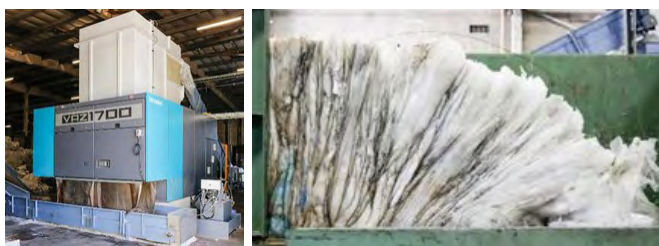
Poprawiona wydajność zakładu

Aby skutecznie uzdatniać odpady pokonsumenckie z folii LDPE w dużych ilościach, brytyjska firma przetwórstwa tworzywa sztucznego YS Reclamation stawia na wydajną rozdrabniarkę marki Vecoplan. W porównaniu do poprzedniej maszyny ta pracuje bardzo skutecznie i zapewnia o wiele bardziej wartościowy efekt. W produkcji nie dochodzi też już do długich przestojów. Ponadto Vecoplan wspiera firmę bogatą ofertą serwisową.

Firma YS Reclamation codziennie przetwarza 27 ton pokonsumenckich folii z tworzywa sztucznego z miękkiego polietylenu (Low Density Polyethylene = LDPE). W tym samym czasie poprzez indywidualnie dostosowane metody zakład wytwarza do 25 ton wysokiej jakości granulatu z tworzywa sztucznego w pięciu gatunkach. Jest on stosowany do produkcji szerokiej palety wyrobów. Powstające w procesie rozdrabniania drobne cząstki, które muszą zostać oddzielone przed kolejnym krokiem procesu, są przekazywane do instalacji pozyskującej z nich energię. W YS Reclamation w trakcie całego procesu nie powstają odpady.

SOLIDNA, WYDAJNA I EKONOMICZNA

Vecoplan polecił model 1700 L6 ze sprawdzonej serii VAZ, zapewniający lepszą wydajność i produktywność w porównaniu do poprzedniej niszczarki. Konstruktor maszyn opracował jedno-



wałową rozdrabniarkę do recyklingu, którą – ze względu na solidną, wydajną i energooszczędną konstrukcję – może elastycznie wykorzystywać w różnych zastosowaniach. Ponadto Vecoplan dostosowuje wirnik uzyskujący jednolitą moc nawet w przypadku trudnych materiałów i przy maksymalnej przepustowości.

www.vecoplan.com

REKLAMA

Vecoplan[®]

T I M E F O R
VISIONARIES

Odwiedź nas na targach
PLASTPOL, Kielce
21.–24.05.2024

Od 1969 tworzymy rozwiązania jutra.

Kiedy kończy się cykl życia jednego produktu, rozpoczyna się cykl życia nowego produktu. Technologia przetwarzania Vecoplan to nasze rozwiązanie do cenionego obchodzenia się z zasobami – wczoraj, dziś i jutro. Zostań wizjonerem!

Vecoplan AG | Germany | phone +49 2661 6267-0 | welcome@vecoplan.com | www.vecoplan.com



Termiczne właściwości odpadowych tworzyw sztucznych

Marcin Landrat

Tworzywa sztuczne stanowią obecnie najpopularniejszy materiał wykorzystywany we wszystkich gałęziach przemysłu i dziedzinach życia. Ze względu na krótki okres przydatności do użycia, wzrost wykorzystania tworzyw polimerowych powoduje również wzrost ilości odpadów. Tworzywa sztuczne powinny być poddawane recyklingowi, jednak w wielu przypadkach (odpady zmieszane z różnych rodzajów tworzyw, tworzywa zanieczyszczone) proces ten jest trudny do zrealizowania. Wówczas alternatywą staje się recykling energetyczny, czyli odzysk energii z odpadowych tworzyw sztucznych w procesach termicznych. Przed decyzją dotyczącą możliwości zagospodarowania (wykorzystania) odpadu należy określić jego właściwości paliwowe, w tym jego wartość opałową. Przedstawiono charakterystykę jakościową i ilościową oraz wyniki badań laboratoryjnych najpopularniejszych rodzajów tworzyw sztucznych, jakie można znaleźć w masie odpadów komunalnych.

Trudno byłoby dziś wyobrazić sobie współczesne społeczeństwo bez tworzyw sztucznych. Tworzywa sztuczne znalazły niezliczoną liczbę zastosowań w tak różnorodnych dziedzinach, jak sprzęt AGD, opakowania, budownictwo, medycyna, elektronika, czy motoryzacja i lotnictwo. Powodem takiego sukcesu tworzyw w zastępowaniu tradycyjnych materiałów, takich jak metale, drewno i szkło, w tak różnorodnych zastosowaniach, jest możliwość modyfikowania ich właściwości w zależności od potrzeb projektantów. To, a także łatwość, z jaką można przetwarzać tworzywa sztuczne, czyni je idealnymi materiałami do produkcji różnorodnych komponentów. Tworzywa sztuczne charakteryzuje stosunkowo mała gęstość, wysoka wytrzymałość oraz duża odporność na czynniki chemiczne i atmosferyczne. Ciągłe innowacje powodują, że tworzywa znajdują kolejne zastosowania, a ich produkcja i użytkowanie są mniej uciążliwe dla środowiska.

Największym producentem tworzyw sztucznych są Chiny z produkcją ponad 97 Tg/r, co stanowi 29% światowej produkcji. W Unii Europejskiej zapotrzebowanie na tworzywa wynosi 49,9 Tg, co stanowi 19% światowego zapotrzebowania. Udział Polski stanowi 6,3%, co plasuje nas na 6. miejscu w Europie. Jeśli chodzi o wykorzystanie tworzyw dominuje branża opakowaniowa z udziałem 39,9%, następnie budownictwo (19,7%), motoryzacja (8,9%), branża elektryczna i elektroniczna (5,8%) oraz rolnictwo (3,3%) [1].

W przypadku Polski największym konsumentem surowców polimerowych jest branża opakowaniowa (33%) i budownictwo (24%), co przedstawiono na rys. 1.

Najpopularniejszym tworzywem sztucznym pod względem zastosowania w UE jest polipropylen PP (19,9%), następnie polietylen niskiej gęstości LDPE i LLDPE (17,3%), polietylen średniej i wysokiej gęstości MDPE i HDPE (12,1%), poli(chlorek winylu) PVC (10,1%) i polistyren PS (6,9%)¹. W przypadku Polski struktura zużycia tworzyw jest następująca: polietylen (łącznie) ok. 30%, PP 19%, PS 14% i PVC 13% [2]. Ciągły rozwój przemysłu i gospodarki sprawia, że rośnie globalna konsumpcja dóbr, co pociąga za sobą wzmoczoną produkcję tworzyw sztucznych. Stosunkowo krótki cykl życia wyrobów z tworzyw sztucznych (tabela 1), szczególnie opakowań, generuje w krótkim czasie znaczny strumień odpadów.

Gospodarka odpadami jest jednym z głównych problemów

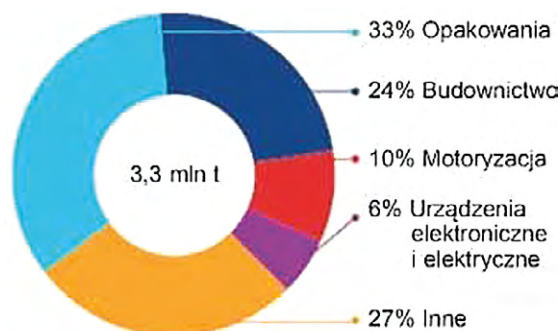
współczesnego społeczeństwa i nie ogranicza się tylko do tworzyw sztucznych. Jednak powszechność dostępu do tworzyw powoduje, że problem postępowania z tymi odpadami staje się coraz poważniejszy.

ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW Z TWORZYW SZTUCZNYCH

Każda strategia zarządzania odpadami opiera się na trzech głównych wytycznych [4], którymi jest (i) zapobieganie, czyli unikanie wytwarzania odpadów u źródła, (ii) recykling, czyli odzysk materiałów ze strumienia odpadów do powtórnego wykorzystania oraz (iii) usuwanie, czyli skierowanie nienadających się do recyklingu materiałów do ostatecznego unieszkodliwienia, np. poprzez deponowanie na składowiskach.

W przypadku tworzyw sztucznych metodą zalecaną jest recykling oparty na najlepszych dostępnych technologiach oraz przeprowadzony z poszanowaniem obowiązujących norm prawnych. Materiał podlega recyklingowi, gdy dostępna jest zarówno technologia przetwarzania, jak i rynek zbytu dla powstałego nowego materiału. Istnieje kilka opcji, jak można to zrobić: ponowne wykorzystanie, recykling mechaniczny, recykling chemiczny i odzysk energii.

Najpowszechniejszymi przykładami ponownego wykorzystania są pojemniki szklane, w których butelki mleka i napoje są zwracane do ponownego oczyszczenia i ponownego użycia. Ponowne użycie nie jest szeroko stosowane w odniesieniu do



Rys. 1. Zapotrzebowanie na tworzywa sztuczne w Polsce wg ich zastosowania [2]

Tabela 1. Popularne tworzywa sztuczne, ich zastosowanie oraz długość życia [3]

Polimer	Zastosowanie	Średnia długość życia
HDPE	opakowania, rury, zbiorniki, butelki, skrzynki	opakowania: 2 lata, rury: 30 lat
LDPE	opakowania, torby na zakupy, zabawki, nakrętki	opakowania: 2 lata
LLDPE	opakowania	2 lata
PP	czapki, kubki na jogurt, walizki, tuby, wiadra, dywaniki, obudowy baterii, liny	opakowania: 2 lata, obudowy baterii: 10 lat
PS	produkowane masowo artykuły przezroczyste, kubki na jogurt, opakowania z pianki typu fast food, kasety	opakowania: 5 lat, kasety: 10 lat
PA	łożyska, koła zębate, śruby, żyłki, dywany, ubrania	10 lat
PET	przezroczyste butelki na napoje gazowane	5 lat
PVC	opakowania żywności, buty, wykładziny podłogowe	5 lat

opakowań z tworzyw sztucznych; wyroby z tworzyw sztucznych na ogół są usuwane po pierwszym użyciu. Istnieją jednak przykłady ponownego użycia, np. butelki do detergentów: użytkownik kupuje kolejną ilość detergentu w saszetce, którą uzupełnia już posiadaną, opróżnioną butelkę (płyn do mycia naczyń, mydło w płynie).

Recykling mechaniczny polega na wyseparowaniu konkretnego rodzaju tworzywa, zmieleniu, a następnie ponownym przetworzeniu do uzyskania nowego komponentu w celu wykorzystania pierwotnego lub do innego zastosowania (zazwyczaj nowy produkt charakteryzuje się niższą jakością). Kolejne cykle recyklingu mechanicznego przyczyniają się do sukcesywnego obniżania jakości tworzyw. Proces recyklingu mechanicznego wymaga również dokładnej selekcji przetwarzanych polimerów (np. w przypadku przetwarzania butelek PET, gdzie stosuje się opaski z folii PVC) [5], lub stosowania odpowiednich substancji odpowiedzialnych za utrzymanie pożądanych właściwości [6]. W efekcie surowiec po kilku cyklach życia i tak musi zostać zagospodarowany w inny sposób.

Z kolei recykling surowcowy (chemiczny) obejmuje różne zaawansowane technologie, które przekształcają stałe odpady polimerowe w surowce o wysokiej wartości, które mogą być wykorzystane jako surowce do produkcji nowych produktów petrochemicznych i tworzyw sztucznych, bez pogorszenia ich jakości i bez żadnych ograniczeń dotyczących ich stosowania. Procesy te obejmują stosowanie od umiarkowanych do wysokich temperatur w celu rozbicia usieciowanych wiązań polimeru. Można je prowadzić w środowisku ubogim w tlen (piroliza), stosując wysokie ciśnienie parcjale wodoru (hydrokraking) lub z kontrolowaną ilością tlenu (zgazowanie) [7–10].

W przypadku, gdy nie jest możliwe ani zastosowanie recyklingu mechanicznego ani surowcowego pozostaje recykling energetyczny, czyli utylizacja termiczna z wykorzystaniem uzyskanej energii.

Według PlasticEurope [1] w 2016 r. prawie 70% wszystkich produkowanych w UE tworzyw stanowiły PP i polietyleny PE. W tym samym roku w pokonsumenckich odpadach znalazło się 27,1 Tg (w stosunku do 25,8 Tg w 2014 r.) zużytych tworzyw sztucznych. W procesach recyklingu i odzysku energii zostało odzyskane 72,7% (w tym 41,6% stanowił odzysk energetyczny), pozostałe 27,3% (w stosunku do 30,8% w 2014 r.) trafiło na składowiska. Strumień odpadów kierowany na składowiska zatem systematycznie maleje, jednak wciąż pozostaje znaczny. Jeśli chodzi o Polskę,

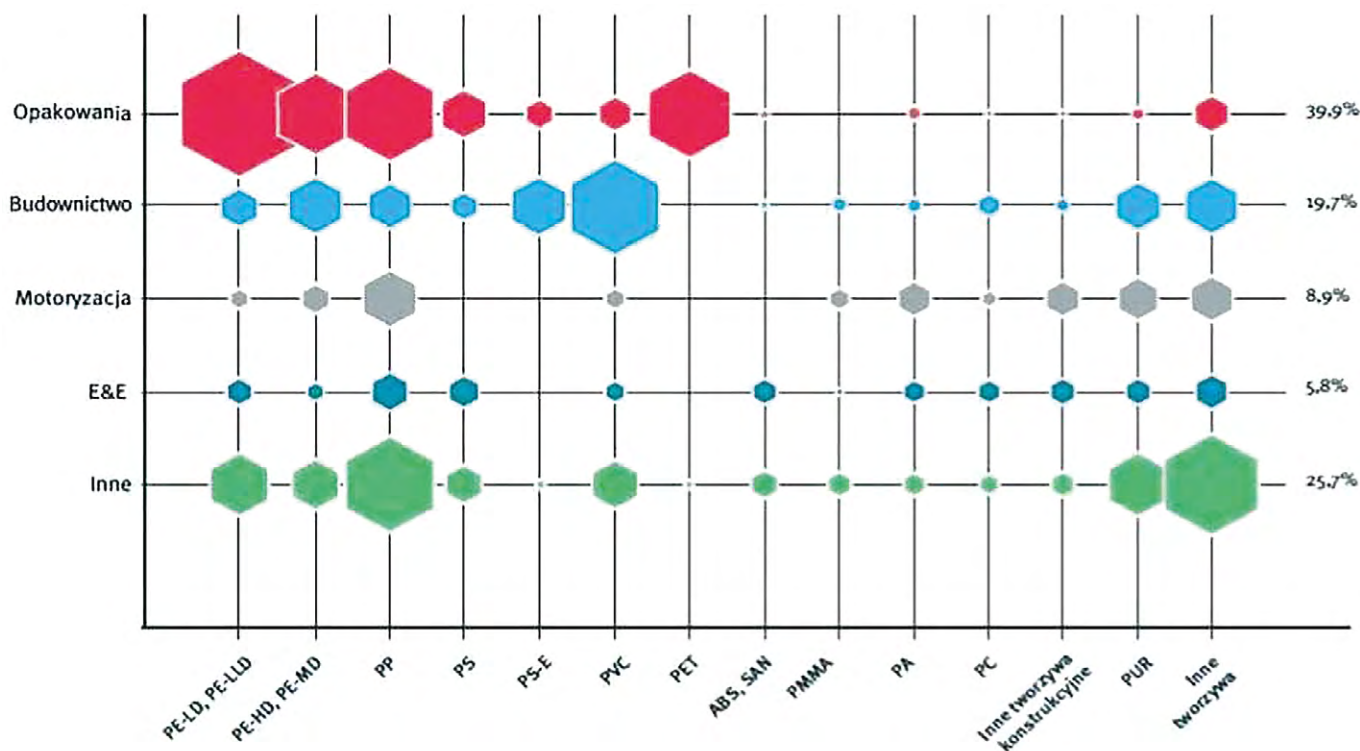
ostatnie badania dotyczą 2014 r. i wówczas wygenerowano ok. 1,54 Tg odpadów tworzyw sztucznych, z czego ok. 25% poddano recyklingowi, ok. 19% odzyskowi energii, a pozostałe ok. 56% trafiło na składowiska odpadów. Najnowszy raport PlasticEurope podaje, że w Polsce w 2016 r. ok. 27% odpadów poddano recyklingowi, ok. 29% odzyskowi energii, a pozostałe ok. 44% trafiło na składowiska odpadów. W porównaniu z danymi za 2014 r. widać, że poziom recyklingu i odzysku wzrasta.

ODZYSK ENERGETYCZNY

Najpopularniejszą metodą zagospodarowania odpadów z tworzyw sztucznych w UE jest odzysk energetyczny. Tworzywa sztuczne mają zmagazynowaną energię, ponieważ ich naturalnym surowcem jest ropa naftowa. Często 1 kg tworzyw sztucznych może wytworzyć dwukrotnie więcej energii niż węgiel kamienny i prawie tyle samo energii co olej opałowy. Dzięki temu odpadowe tworzywa sztuczne mogą służyć jako paliwo wtórne, zastępując paliwa kopalne w procesach produkcyjnych (np. piecach cementowych i w wielkich piecach) i w instalacjach przetwarzania odpadów. W przeszłości spalanie spotykało się ze sprzeciwem ze względu na wykorzystywanie do spopielenia starych nieprzystosowanych palenisk i niekontrolowane emisje. Jednak wprowadzenie surowych obostrzeń prawnych sprawiło, że odzyskiwanie energii jest obecnie promowane jako opcja przyjazna dla środowiska. Spalanie odpadów tworzyw sztucznych w Unii Europejskiej podlega dyrektywie [11].

Odpady z tworzyw sztucznych mogą być spalane samodzielnie lub mogą być współspalane jako zmieszana frakcja palna do stosowania w kotłach na paliwo stałe i w elektrowniach, gdzie odzyskane zostanie ciepło, ewentualnie z wytwarzaniem energii [7, 12, 13]. Opcja energetycznego wykorzystania może być alternatywą dla recyklingu mechanicznego, gdy staje się on kosztowny zarówno pod względem ekonomicznym, jak i środowiskowym (w przypadku drobnej frakcji, zanieczyszczonej, produktów wielomateriałowych, jak np. blistry, woreczki foliowe po produktach spożywczych, kubki po jogurtach).

Do zalet spalania odpadów tworzyw sztucznych z odzyskiem energii należy (i) zmniejszenie masy odpadów o 90%, (ii) zniszczenie potencjalnie szkodliwych substancji w strumieniu odpadów oraz (iii) stały produkt spalania (żużel), który może być wykorzystany jako surowiec do budowy dróg. Jest to też idealna droga do recyklingu energetycznego zmieszanych lub silnie zanieczyszczonych substancji polimerowych, a także najlepsza



Rys. 2. Zużycie tworzyw sztucznych w Europie wg segmentów zastosowań i rodzajów tworzyw [1]

i najbezpieczniejsza metoda postępowania z niebezpiecznymi odpadami z tworzyw sztucznych, takimi jak odpady medyczne z tworzyw sztucznych lub opakowania towarów niebezpiecznych [14].

WŁAŚCIWOŚCI TERMICZNE ODPADOWYCH TWORZYW SZTUCZNYCH

Tworzywa sztuczne tworzą wielką rodzinę polimerów, które różnią się właściwościami w zależności od ich wykorzystania (rys. 2).

Różnorodność tworzyw, a także dokonywane modyfikacje składu w zależności od wymaganych właściwości użytkowych wpływa na różnice ich składu czy właściwości paliwowych. Analizując wyniki badań doświadczalnych (tabela 2), można stwierdzić, że tworzywa sztuczne nie mogą być traktowane jako materiał o jednorodnych właściwościach paliwowych [15]. Wartość opałowa badanych rodzajów polimerów waha się od

19 MJ/kg (PLA) do ponad 47 MJ/kg (PP). Różnica wynosząca ponad 100% znacząco może wpływać na kaloryczność mieszanki tworzyw w strumieniu odpadów, w zależności od wielkości udziałów poszczególnych ich rodzajów. Różnice można również zauważyć w przypadku zawartości siarki lub chloru, które to składniki są szczególnie ważne z punktu widzenia prowadzenia procesu. Wymagania cementowni dotyczące zawartości w paliwie chloru i siarki wciąż rosną i w chwili obecnej niektóre cementownie wymagają poziomów poniżej 0,5% w obu przypadkach. Niestety, analiza różnych partii paliw formowanych na bazie odpadowych tworzyw sztucznych wykazuje wysoką zawartość chloru, co może powodować komplikacje w zbyciu takiego paliwa. Powodem takiego stanu rzeczy może być stosowanie różnego rodzaju substancji modyfikujących, ale przede wszystkim zawartość frakcji PVC w strumieniu zmieszanych odpadów tworzywowych, która zawiera nawet kilkadziesiąt procent chloru [16].

Tabela 2. Wyniki badań składu elementarnego, ciepła spalania i wartości opałowej tworzyw sztucznych [15]

	C	H	N	O	S	Cl	W_g	W_d
	%						MJ/kg	MJ/kg s.m.
PU	63,62	8,17	1,93	25,71	0,54	2,84	29,33	26,97
PE	81,65	15,24	0,21	0,00	0,08	0,08	41,85	38,56
PLA	62,85	8,45	0,32	27,00	0,07	0,00	20,89	19,06
PET	63,23	4,62	0,00	30,07	0,05	2,65	22,04	21,05
PP	86,19	9,70	1,69	2,36	0,06	0,15	49,70	47,52
HDPE	87,00	10,06	1,67	0,00	0,03	1,51	49,21	46,95
PS	90,81	6,37	1,52	0,95	0,01	8,94	44,93	43,50



PODSUMOWANIE

Światowa produkcja tworzyw sztucznych systematycznie wzrasta, a co za tym idzie również ilość odpadów. Europa od dłuższego czasu kładzie nacisk na podnoszenie poziomów recyklingu, gdzie odzysk energetyczny odgrywa dominującą rolę. Co prawda założenia gospodarki obiegu zamkniętego starają się ograniczyć odzysk energetyczny na rzecz recyklingu mechanicznego i surowcowego, jednak przyjmuje się, że tylko 50% wygenerowanych odpadów nadaje się do wymienionych działań bez strat ekonomicznych i ekologicznych. Istotnym zagrożeniem dla powodzenia polityki recyklingowej w UE jest wstrzymanie przez Chiny w 2018 r. importu odpadów, m.in. z tworzyw sztucznych. Do tej pory Chiny były największym importerem i przetwórcą tworzyw. Statystyki mówią, że ponad 50% światowej „produkcji” odpadów z tworzyw trafiło na Daleki Wschód (w przypadku Europy udział ten był dużo wyższy). Wobec zaistniałej sytuacji należałoby zastanowić się nad rozwojem metod przetwarzania wycofanych z użytkowania tworzyw, wykorzystując wszystkie z trzech podstawowych kierunków, gdyż kombinacja różnych sposobów utylizacji pozwoli uzyskać najbardziej efektywne rozwiązania.

LITERATURA

- [1] <https://www.plasticseurope.org/pl/resources/publications/274-plastics-facts-2017>, dostęp 30 kwietnia 2018 r.
- [2] <https://www.plasticseurope.org/pl/resources/publications/155-raport-roczny-pep-2016>, dostęp 30 kwietnia 2018 r.
- [3] V. Goodship, Introduction to plastics recycling, Smithers Rapra Technology Limited, 2007.
- [4] Praca zbiorowa, Recycling of polymers, (red. F. Raju), Wiley 2017.
- [5] J. Baeyens, A. Brems, R. Dewil, Intern. J. Sustain. Eng. 2010, 3, No. 4, 232.
- [6] K. Panda, I. Achyut, R.K. Singh, D.K. Mishra, Renew. Sustain. Energy Rev. 2010, 14, nr 1, 233.
- [7] S.M. Al-Salem, P. Lettieri, J. Baeyens, Progress Energy Combustion Sci. 2010, 36, nr 1, 103.
- [8] N. Miskolczi, L. Bartha, G. Deak, B. Jover, Polymer Degrad. Stab. 2004, 86, 357.
- [9] D.S. Achilias, C. Roupakias, P. Megalokonomos, A.A. Lappas, E.V. Antonakou, J. Hazard. Mater. 2007, 149, 536.
- [10] S.L. Wong, N. Ngadi, T.A.T. Abdullah, I.M. Inuwa, Renew. Sustain. Energy Rev. 2015, 50, 1167.
- [11] European Communities, Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste, Official J. European Comm. 2000, L332/91.
- [12] S.M. Al-Salem, P. Lettieri, J. Baeyens, Waste Manage. 2009, 29, nr 10, 2625.
- [13] R. Wasielewski, T. Siudyga, Chemik 2013, 67, 435.
- [14] S. Thipse, C. Sheng, M. Booty, R. Magee, E. Dreizin, Chemosphere 2001, 44, nr 5, 1071.
- [15] M. Landrat, Rynek Energii 2016, 5, 71.
- [16] W. Hryb, Przem. Chem. 2016, 95, nr 8, 1479.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny”, 97/9(2018), s. 1000-1002.

dr inż. Marcin Landrat
Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów
Politechnika Śląska, Gliwice



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

- ▶ Produkcja regranulatów HDPE i PP
- ▶ Recykling odpadów
- ▶ Innowacyjne rozwiązania
- ▶ Usługowe przetwórstwo tworzyw

 EuCertPlast

granulacja • kruszenie tworzyw
• mielenie tworzyw

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

+48 530 820 806
rgrsurowce@rgr.zone

www.rgr.zone

Światowe trendy na Targach INNOFORM® w Bydgoszczy

Branżowe nowości, fachowa wiedza, merytoryczne dyskusje. Tak w skrócie zapowiada się 6. edycja Międzynarodowych Targów Kooperacyjnych Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego INNOFORM®. O nowych trendach, wyzwaniach i planach na rozwój będą rozmawiać branżowi specjaliści i praktycy. Tematem przewodnim tegorocznych targów będzie circular economy. Organizatorzy przygotowali także nowość – strefę dedykowaną recyklingowi tworzyw sztucznych. Targi INNOFORM® odbędą się w dniach 16-18 kwietnia 2024 r. w Bydgoszczy.

Bydgoskie Centrum Targowo-Wystawiennicze ponownie będzie gościć narzędziowców i przetwórców tworzyw sztucznych. To ważne branżowe wydarzenie odbywa się w regionie, w którym działa prawie 1000 przedsiębiorstw z tej branży. Nie są to jednak targi regionalne. Na spotkania przybywają przedstawiciele przemysłu z całej Polski i z wielu innych krajów. Wszyscy zgodnie potwierdzają, że na Targach INNOFORM® nie brakuje dobrze zorientowanych i zainteresowanych ofertą klientów. Potwierdza to także Martyn Szyca, export manager, DTM System: – Przyjechaliśmy tutaj właśnie po to, żeby znaleźć firmy, które (...) potrzebują form, potrzebują fachowego doradztwa, ale przede wszystkim długoterminowej współpracy, to jest to, do czego dążymy. Zgłosiło się do nas kilku konkretnych klientów, ciekawe firmy.

Targi INNOFORM® to także arena promocji branżowych nowości. W tym roku zwiedzający będą mogli zobaczyć m.in. magnetyczny system mocowania form wtryskowych QMC 123, czy FASTCOOL®-10 - nowy gatunek stali narzędziowej o wysokiej przewodności cieplnej. Nowością wpisującą się w zagadnienia Gospodarki Obiegu Zamkniętego będą środki smarne z segmentu metalworking prezentowane przez firmę SYNTACO – autoryzowanego partnera Lubrinoa w Polsce. Produkty te oferują wymierny wkład w ograniczenie emisji CO₂ do atmosfery, dzięki zastosowaniu odpowiedniej technologii ich wytwarzania oraz ponownego przetwarzania. Stosując je, użytkownik, nie ograniczając wydajności swoich procesów oraz nie obniżając jakości produktów, realnie redukuje emisję zanieczyszczeń do środowiska. Dowodem tego są przyznawane certyfikaty, tzw. tokeny, potwierdzające aktywny udział firmy w dążeniu do osiągnięcia neutralności wobec klimatu.



Targi INNOFORM® słyną z bogatego programu merytorycznego. Pierwszego dnia targów odbędzie się konferencja branżowa pt. „Recykling tworzyw w gąszczu regulacji. Jeszcze szczytna idea czy już utopia”. W ramach konferencji przewidziano dwa panele. Pierwszy z nich dotyczyć będzie tematyki wymagań zrównoważonego rozwoju w obszarze polimerów oraz nowych regulacji krajowych i międzynarodowych, a także tego, jak wpływają one na kondycję biznesu i jaka czeka ich przyszłość. Drugi panel poświęcony będzie ESG i wprowadzanym regulacjom w tym obszarze. Uczestnicy panelu przedstawiają, jak należy przygotować przedsiębiorstwa do wdrażania tych wymagań, tak aby firmy mogły dalej się rozwijać. Drugiego dnia Toruńska Agencja Rozwoju Regionalnego i ośrodek Enterprise Europe Network zapraszają na Giełdę Kooperacyjną. Formuła kilkunastominutowych spotkań B2B pomiędzy przedsiębiorcami to doskonała okazja do zapoczątkowania owocnej relacji biznesowej.

Wychodząc naprzeciw zmieniającej się rzeczywistości gospodarczej oraz potrzebom przedsiębiorców kwietniowe wydarzenie wzbogaci premierowa odsłona Salonu Recyklingu Tworzyw Sztucznych. Rozwój branży formierskiej jest bowiem bezpośrednio związany z przetwórstwem tworzyw i ich recyklingiem. Mając na uwadze rozwijający się rynek recyklingu tworzyw, Targi INNOFORM® zostaną uzupełnione o ten właśnie obszar, w którym dzieje się bardzo dużo niezwykle interesujących rzeczy, zarówno w obszarze szeroko rozumianych maszyn i urządzeń do recyklingu, technologii recyklingu jak i zagospodarowania. Generalnie cały łańcuch obejmujący recykling tworzyw podlega dynamicznemu rozwojowi, opracowywanych i wdrażanych jest wiele innowacji. Tworzywa sztuczne nie są zagrożeniem – jeśli będą umiejętnie segregowane i poddawane recyklingowi będą nam służyć wielokrotnie i przez wiele lat.

Dla wszystkich zainteresowanych przedsiębiorców organizatorzy przygotowali pulę bezpłatnych biletów, które uprawniają do udziału w targach i wydarzeniach zawartych w programie. Aby otrzymać bezpłatny bilet, wystarczy uzupełnić krótki formularz rejestracyjny. **Szczegóły dostępne na stronie www.innoform.pl.**





tworzywa.org

Portal branży tworzyw



Skontaktuj się z nami:

www.tworzywa.org

e-mail: redakcja@tworzywa.org

85-758 Bydgoszcz, ul. Przemysłowa 8C

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



VERTICA.PL
Technologie internetowe

Piękno jako inwestycja: synteza sztuki i przemysłu w wizji Magdaleny i Adama Laabs

ŁĄCZENIE INTERDISCYPLINARNYCH ZAINTERESOWAŃ

Dr Magdalena Laabs, z równą pasją poświęcająca się sztuce oraz budowie linii technologicznych do przetwarzania i recyklingu tworzyw sztucznych, wraz z inż. Adamem Laabs tworzą wspólną wersję renesansowego ducha uniwersalizmu. Podobnie jak Leonardo da Vinci, który był zarówno wynalazcą, jak i artystą, działalność Magdaleny i Adama znajduje odzwierciedlenie w łączeniu świata technologii z głębią artystycznego wyrazu.

INWESTYCJE NAPĘDZAJĄCE INNOWACJE I SZTUKĘ

Redefiniując podejście do inwestycji w kontekście branży tworzyw sztucznych, Magdalena i Adam Laabs przedstawiają unikalną propozycję: inwestowanie w sztukę jako środek na osiągnięcie zrównoważonego rozwoju oraz innowacji. Ich działalność podkreśla, że inwestycje mogą i powinny wspierać projekty interdyscyplinarne, łączące w sobie estetykę z praktycznym zastosowaniem nauk ścisłych i technologii.



podejście do obu dziedzin, tworząc unikalną wartość, która przekracza tradycyjne podziały między nauką a sztuką. Dodatkowo, Magdalena Laabs jest w trakcie pisania książki, której współautorem jest Brian Tracy, zatytułowanej „Success Mindset: The Key to Achieving Your Goals”, co jeszcze bardziej podkreśla jej interdyscyplinarne zainteresowania oraz umiejętność łączenia wiedzy z różnych obszarów. Adam Laabs jest z kolei autorem książki poświęconej sztucznej inteligencji i jej zastosowaniom w biznesie, co świadczy o ich wspólnym zaangażowaniu w przekraczanie granic między technologią a innymi dziedzinami wiedzy.

DLA KAŻDEJ GENERACJI: OFERTA ARTYSTYCZNA

W kontekście Laabs Art Gallery proponujemy dzieła sztuki Magdaleny i Adama Laabs, które odzwierciedlają ich interdyscyplinarne podejście. Dla dzieci możemy zaproponować obrazy Alexandry Laabs, które charakteryzują się barwnością i radością tematów. Z kolei młodzież z pewnością zostanie przyciągnięta przez prace Victorii Laabs, przedstawiające piosenkarzy i gwiazdy muzyki pop. Jej dynamiczne portrety, pełne życia i kolorów, mogą stać się inspiracją dla młodych fanów sztuki i muzyki, zachęcając do odkrywania i rozwijania własnych pasji artystycznych.

NOWE HORYZONTY DLA INWESTORÓW Z BRANŻY TWORZYW SZTUCZNYCH

Zachęcamy przedsiębiorców i inwestorów z branży tworzyw sztucznych do rozważenia sztuki jako istotnego elementu swoich portfeli inwestycyjnych. Inwestowanie w dzieła artystyczne rodziny Laabs to nie tylko okazja do wsparcia unikalnego połączenia pasji do sztuki i technologii, ale również strategia, która może przyczynić się do rozwoju innowacyjnych rozwiązań w branży oraz budowania trwałej wartości ekonomicznej.



SYNTEZA WIEDZY I PASJI

Podobnie jak Leonardo da Vinci łączył swoje zainteresowania nauką z pasją do sztuki, Magdalena i Adam Laabs łączą swoją ekspertyzę w dziedzinie inżynierii tworzyw sztucznych z głęboką miłością do malarstwa. To połączenie pozwala na innowacyjne

Laabs Art Gallery

Mob/WhatsApp: +49 151 457 67 422

www.LaabsArtGallery.com



Prestiżowy tytuł czeka na targach PLASTPOL!

Kto zostanie Omniplastem 2024?

1 lutego wystartowała trzynasta już edycja konkursu Omniplast, którego celem jest popularyzacja wiedzy dotyczącej tworzyw sztucznych i technologii ich przetwórstwa. Przedsięwzięcie organizują Targi Kielce we współpracy z Serwisem Internetowym tworzywa.pl w ramach targów Plastpol. – Udział w konkursie jest dla mnie okazją i motywacją, by popracować ponad to, czym zajmuję się na co dzień – mówi czterokrotny laureat Jacek Łyżwa z firmy Plastoplan Polska.

Międzynarodowe Targi Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy Plastpol, które odbędą się w Targach Kielcach w dniach 21-24 maja 2024 roku, po raz kolejny staną się areną prezentacji najnowszych osiągnięć światowej branży. Wydarzenie jest platformą nawiązywania biznesowych relacji, dyskusji i wymiany informacji. Ważną rolę w popularyzacji wiedzy dotyczącej tworzyw i technologii przetwórstwa pełni konkurs Omniplast. Udział w nim mogą wziąć przedstawiciele firm, które są w gronie wystawców targów Plastpol. Zainteresowani udziałem w edycji 2024 już mogą szykować się do startu.

TRZY ETAPY KONKURSU OMNIPLAST 2024

Pierwszy etap konkursu Omniplast rusza 1 lutego. By się zarejestrować, należy pobrać formularz ze strony targikielce.pl/plastpol i wypełniony wysłać na adres omniplast@tworzywa.pl. Po rejestracji każdy uczestnik otrzyma drogą mailową zestaw 10 pytań związanych z technologiami przetwórstwa tworzyw sztucznych oraz ogólną tematyką rynku tworzyw sztucznych w Polsce i Europie. Termin na odesłanie odpowiedzi mija 31 marca. Na ich podstawie zostanie utworzona klasyfikacja punktowa. Drugi etap także będzie przeprowadzany elektronicznie, trwa od 1 do 30 kwietnia. Na podstawie odpowiedzi jury wyłoni dziesiątkę finalistów – uczestników trzeciego etapu.

Trzeci etap odbędzie się w formie pisemnej w trakcie pierwszego dnia targów Plastpol, 21 maja 2024, na terenie Targów Kielce. Trzech uczestników z najlepszymi wynikami otrzyma nagrody o łącznej wartości 18 tys. zł. Wręczenie nagród odbędzie się podczas Uroczystej Gali Laureatów Konkursu Targowego, 22 maja 2024 roku.

POTRZEBNA WIEDZA I... W FINALE TROCHĘ SZCZĘŚCIA

Jak przyznaje zdobywca tytułu Omniplast w ostatnich czterech edycjach Jacek Łyżwa, Key Account Manager w Plastoplan Polska, odpowiadając na pytania potrzebna jest fachowa wiedza, ale i szczęście też się przydaje, zwłaszcza w finale. – Szczęściu pomaga intuicja, pewne wyczucie i zrozumienie tematu. Te, z kolei, wypływają z wiedzy, która wynika z wykształcenia i doświadczenia. Od ponad dwudziestu pięciu lat zajmuję się sprzedażą tworzyw sztucznych. W trakcie swojej pracy zetknąłem się z tysiącami osób, doświadczonymi fachowcami w branży, każda rozmowa z nimi to kolejna cenna lekcja – wyjaśnia. – Staram się być na bieżąco z nowościami w naszej, szybko zmieniającej się i ewoluującej, branży. Czytam dostępne czasopisma, artykuły, książki. To jest szczególnie ważne, bo nie mam wykształcenia kierunkowego w tworzywach sztucznych – mówi.

Jesienią ubiegłego roku Jacek Łyżwa skorzystał z możliwości stworzonej przez firmę Plastoplan Polska i rozpoczął studia podyplomowe na Politechnice Warszawskiej, na kierunku technologii i przetwórstwa tworzyw sztucznych.

Prezes firmy Robert Przybylski podkreśla, że podnoszenie kwalifikacji zespołu jest jednym z priorytetów Zarządu. – Kształ-

cenie podyplomowe podjęto w sumie siedem osób z naszego zespołu. Ekspercka wiedza jest doceniana przez naszych klientów, mają pewność, że mogą na nas polegać – podkreśla. – Zespół doświadczonych handlowców jest filarem, na którym Plastoplan Polska w ciągu 13 lat działalności ugruntował swoją pozycję profesjonalnego dostawcy tworzyw sztucznych dla biznesu przetwórczego w Polsce – zaznacza prezes Robert Przybylski.

Drogą do zdobywania wiedzy jest także udział w konkursie Omniplast. – Wspieram Jacka w przygotowaniach do startu oraz doceniam wyniki, jakie osiąga. Dla mnie to kolejne potwierdzenie eksperckiej wiedzy, którą nasi partnerzy biznesowi, klienci oraz dostawcy, mogą znaleźć w Plastoplan Polska. Czterokrotne zwycięstwo w tak prestiżowym konkursie, jakim jest Omniplast, jest sprawą wyjątkową i niezmiernie tego sukcesu Jackowi gratuluję – dodaje prezes Robert Przybylski.

Zdobywca tytułu Omniplast zaznacza, że za każdym razem, odbierając statuetkę i nagrodę, czuje ogromną radość i wzruszenie. – Cieszy mnie zwycięstwo, ale równie mocno cieszy mnie reakcja rodziny, kolegów, znajomych – mówi Jacek Łyżwa.

OMNIPLAST PRÓBĄ SPRAWDZENIA MOŻLIWOŚCI

Jak wspominają, pierwszy udział pana Jacka w konkursie zainicjował prezes Przybylski. – Ryzyko jest żadne, nic się nie traci. Za każdym razem traktuję go jako próbę sprawdzenia się – podkreśla laureat. – Jest to okazja i motywacja, żeby trochę popracować ponad to, czym zajmuję się na co dzień. Oczywiście, wezmę udział w edycji 2024.

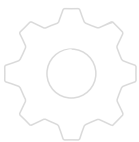
Jacek Łyżwa w firmie Plastoplan Polska pracuje na stanowisku Key Account Managera. Zajmuje się sprzedażą tworzyw sztucznych, głównie tych wysokosprawnych oraz dla branży motoryzacyjnej. – Rozmawiając z klientami, na co dzień spotykam się też z wieloma pytaniami, które wykraczają poza sprawy typowo handlowe. Dotyczą one właściwości tworzyw sztucznych, ich przetwórstwa, właściwego doboru surowców, rozwiązywania problemów produkcyjnych, przepisów i dokumentacji. Jest to znacznie obszerniejsza i bardzo wymagająca tematyka. Stąd moje zainteresowanie chemią i technologią przetwórstwa tworzyw sztucznych. Wiedza pomaga realizować oczekiwania klientów i tym samym czerpać satysfakcję z dobrze wykonanej pracy – wyjaśnia.

Konkurs Omniplast, organizowany przez Targi Kielce we współpracy z serwisem tworzywa.pl, startuje 1 lutego 2024 roku. Regulamin i formularz dostępny jest na stronie targikielce.pl/plastpol.

Czterokrotny zdobywca tytułu i statuetek Omniplast Jacek Łyżwa zapowiada udział w edycji 2024. Firma Plastoplan Polska, w której pracuje, od lat jest wystawcą targów Plastpol w Kielcach.

Targi Plastpol potrwają od 21 do 24 maja 2024. Więcej informacji na: www.plastpol.com oraz na ProfiluLinkedIn: <https://www.linkedin.com/showcase/plastpolfair>.

Tworzymy
biznesową przestrzeń



PLASTPOL

28. Międzynarodowe Targi Przetwórstwa
Tworzyw Sztucznych i Gumy

21-24 | 05 | 2024
Kielce



plastpol.com



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



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



Kanał: Plastpol 4.0.