Nr 3/2024
(79) rok XVI
cena 36,00 zł (+8% VAT)

Tworzywa Sztuczne w Przemyśle

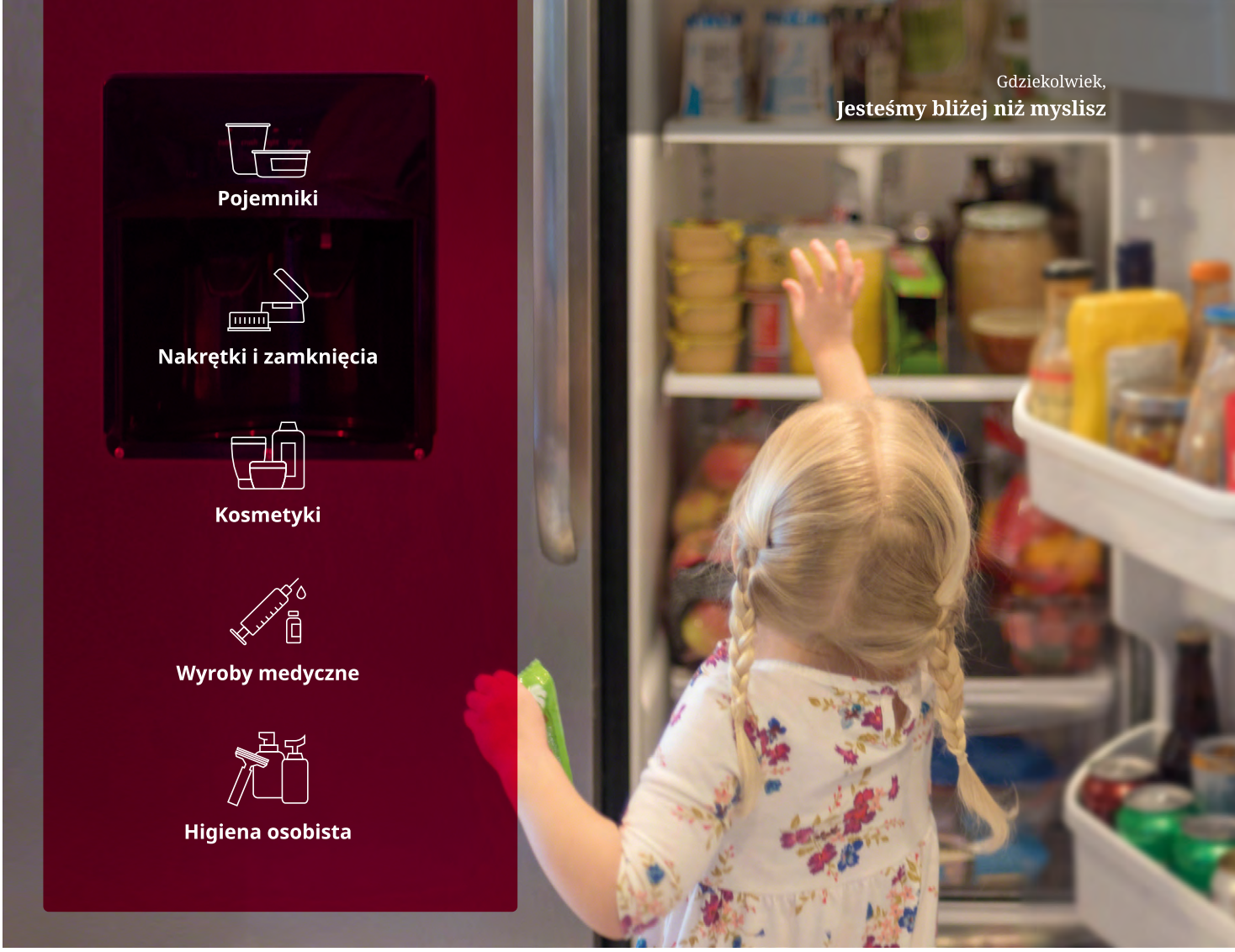
Zapraszamy na Targi PLASTPOL
Stoisko B-94

ISSN 2082-6877
DWUMIESIĘCZNIK

REKLAMA

Zapraszamy na Targi PLASTPOL 2024

bridge polymers
Cool®
Sumitomo SHI DEMAG
nuzap
MAS Upcycling to the next Level
Plastoplan Tworzywa
SIEROSŁAWSKI GROUP SG 25 50 years
STORK IMM INJECTION MOULDING MACHINES
wende® RECYCLINGTECH



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.

YUDO Poland SP. z o.o. | T. +48 887 333 705 E. yudopl@yudoeu.com www.yudo.com

KOMPOZYT EXPO®

13. Międzynarodowe Targi Materiałów, Technologii i Wyrobów Kompozytowych

16-17 października 2024
EXPO Kraków

- wystąpienia specjalistów z całego świata
- najwyższa jakość obsługi
- networkingowy wieczór dla wystawców
- specjalistyczna tematyka targów
- wysokiej jakości branżowi zwiedzający
- pokazy nowych technologii i maszyn na żywo

Sprawdź dlaczego warto zostać naszym wystawcą:

Zapytaj bezpośrednio o ofertę dla Twojej firmy

Barbara Płuciennik
Project Manager / Team Leader
+48 12 651 90 38
+48 506 038 382
pluciennik@targi.krakow.pl

Targi w Krakowie

EXPO KRAKOW

kompozyt-expo.pl

SPIS TREŚCI

MARZEC/KWIECIEŃ 2024 r.

WTRYSKARKI I WTRYSK TWORZYW

F 6 Potencjał używanych maszyn dla zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw

F 8 SIEROSŁAWSKI GROUP Biznes i relacje

N 10 Diagnostyka wtryskarek z wykorzystaniem metod ultradźwiękowych i wibroakustyki

N 14 Techniki i czynniki warunkujące efektywność energetyczną procesu przetwarzania wtryskowego polimerów

N 22 Analiza wpływu sposobu kształtowania powierzchni gniazda formy wtryskowej na wybrane parametry struktury geometrycznej powierzchni 3D

MASZYNY, URZĄDZENIA, NARZĘDZIA

F 26 Dozowniki HETHON – precyzyjne podawanie proszków, granulatów, barwników, ziaren

N 28 Wpływ nagrzewania indukcyjnego form wtryskowych na niezawodność złączy elektrycznych

F 38 Bezprzewodowe liczniki cykli

F 40 Maszyny i urządzenia wspierające procesy w produkcji tworzyw sztucznych oraz materiałów sypkich

F 41 Standardy firmy Meusburger bazą do realizacji aplikacji z użyciem systemów gorącokanałowych

F 42 Przekładnie ROSSI – sprawdzone rozwiązania do napędu wytłaczarek

F 44 Magazyny silosowe do tworzyw sztucznych

F 46 Elementy rurociągów transportu pneumatycznego stosowane w przemyśle tworzyw sztucznych

N 48 Optymalizacja procesu wytłaczania jednoślimakowego tworzyw polimerowych – badania doświadczalne

F 54 Dozowniki wagowe inne niż inne

F 57 Wytłaczarki laboratoryjne firmy Ekochem z Głogowa w przetwórstwie tworzyw sztucznych

CHŁODZENIE PROCESÓW PRZEMYSŁOWYCH

58 Jak istotna jest szybkość chłodzenia w procesie wtrysku tworzyw sztucznych?

KONTROLA JAKOŚCI

63 Kontrola jakości w produkcji wyrobów gumowych

F 64 Kolorymetria – ważny element budowania lojalności wobec marki

F 66 Pomiary powłok lakierniczych na tworzywach sztucznych

68 Nowoczesne technologie w przemyśle

TWORZYWA I GUMA

N 72 Wytrzymałość mieszaniny skrobia termoplastyczna/polilaktyd

N 78 Problematyka optymalnego doboru rurociągów z nowoczesnych kompozytów z tworzyw sztucznych w porównaniu z termoplastycznymi tworzywami sztucznymi

N 84 Korozja: przyczyny i skutki – artykuł przeglądowy cz. 1

N 86 Właściwości fizyczne mieszaniny polilaktyd/skrobia termoplastyczna

RECYKLING

N 93 Właściwości termomechaniczne kompozytu polietylenu z napełniaczem pochodzącym z przemiału dywaników samochodowych

N 98 Zagospodarowanie odpadów gumowych

N 104 Chaos i dezorientacja na rynku opakowań. Monomateriałowe opakowania z tworzyw sztucznych czy EKO rozwiązania bazujące na celulozie?

WYDARZENIA BRANŻOWE

F 108 Inwestycja w sztukę: obrazy rodziny Laabs na Targach Plastpol

F 110 PLASTPOL 2024. 600 firm i hale pełne pracujących maszyn, nowości i premier

OZNACZENIA: F – artykuł firmowy; N – artykuł naukowy

Tworzywa Sztuczne w Przemyśle

www.tworzywasztuczne.biz

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

Dyrektor marketingu i reklamy
Katarzyna Mazur
katarzyna.mazur@tworzywasztuczne.biz
tel. kom. 797 125 417

Dział prenumeraty
prenumerata@tworzywasztuczne.biz

Wydawca
Media Tech s.c.
mediatech@tworzywasztuczne.biz

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

www.tworzywasztuczne.biz

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

Każdy z członków Rady Programowej dwumiesięcznika „Tworzywa Sztuczne w Przemyśle", 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 adiustacji tekstów.
Przedruk i rozpowszechnianie artykułów i reklam opracowanych przez redakcję są zabronione bez zgody wydawcy.

Wittmann

enjoy INNOVATION

TEMPRO plus

Temperature controllers

www.wittmann-group.com

Potencjał używanych maszyn dla zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw

Patryk Gratka

W dzisiejszym, dynamicznym świecie coraz więcej firm odkrywa potencjał wtryskarek pochodzących z rynku wtórnego. Jest to rozsądna decyzja nie tylko z punktu widzenia kosztów, ale także z perspektywy wydajności i zrównoważonego rozwoju przemysłu. Oto kilka zalet wtryskarek używanych, na które warto zwrócić uwagę przy podejmowaniu decyzji o zakupach maszyn produkcyjnych.

KONKURENCYJNA CENA

Wtryskarki używane oferują znaczną oszczędność kosztów w porównaniu do zakupu nowych maszyn. Cena nowych wtryskarek jest znacząco wyższa ze względu na dodatkowe nakłady ponoszone przez producenta, takie jak: koszty wytworzenia, badania i rozwoju, promocja i marketing czy marże dystrybutorów. Ta różnica cenowa może mieć ogromne znaczenie dla budżetu zwłaszcza mniejszych przedsiębiorstw lub dopiero zaczynających swoją działalność.

Otrzymane oszczędności dzięki zakupowi używanych maszyn można przeznaczyć na inwestycje w innych obszarach działalności firmy. Dzięki temu firma może lepiej dostosować się do zmieniających się warunków rynkowych i być bardziej konkurencyjna.

REGENERACJA I ODNOWA

Wtryskarki używane przechodzą proces regeneracji, który obejmuje kompleksowe odświeżenie, naprawę oraz odnowę kluczowych komponentów. Umożliwia to przywrócenie im pełnej sprawności i wydajności. Podczas regeneracji wszystkie istotne elementy maszyny są dokładnie sprawdzane i naprawiane lub wymieniane. Dotyczy to szczególnie części podatnych na zużycie, takich jak: zawory, pompy, uszczelnienia, filtry, generalnie układy hydrauliczne, łącznie z czyszczeniem zbiornika olejowego. Dodatkowo, maszyny są bardzo często również malowane, co nie tylko poprawia zewnętrzną estetykę, ale również zapewnia ochronę przed korozją i dalszym zużyciem. Efektem tego procesu jest uzyskanie wtryskarki, która nie tylko wygląda, ale przede wszystkim działa jak nowa. Co więcej, regeneracja wtryskarek używanych może być również dostosowana do indywidualnych potrzeb klienta. Wtryskarki można doposażyć w dodatkowe opcje lub wprowadzić ulepszenia, które zwiększą wydajność lub funkcjonalność maszyny, aby jeszcze lepiej odpowiadała konkretnym wymaganiom produkcyjnym.

NATYCHMIASTOWA DOSTĘPNOŚĆ

Jednym z kluczowych atutów wtryskarek używanych jest dostępność i możliwość bardzo szybkiej implementacji na produkcję. W przeciwieństwie do nowych maszyn, które wymagają czasochłonnego procesu produkcji i dostawy, używane odpowiedniki można mieć od zaraz. Dla firm, które muszą szybko reagować na zmieniające się potrzeby rynkowe lub pilne zlecenia klientów, jest to ważny czynnik. W konsekwencji oznacza to krótszy czas potrzebny na uruchomienie nowych linii produkcyjnych i szybszy zwrot z inwestycji. Dzięki maszynom używanym firmy mogą też bardzo sprawnie i efektywnie rozbudowywać swoją produkcję lub zastępować maszyny, które uległy awarii.

ELASTYCZNOŚĆ FINANSOWA

Inwestycja we wtryskarki używane pozwala firmom na większą elastyczność finansową. W szczególności dla działających w sektorze małych i średnich przedsiębiorstw, elastyczność finansowa jest kluczowym czynnikiem, który pozwala na rozwój przy ograniczonych zasobach.

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

Wybór używanych wtryskarek to także krok w stronę bardziej zrównoważonej przyszłości w przemyśle, zmniejszający negatywny wpływ produkcji na środowisko. Można to zaobserwować w kilku aspektach:

Wykorzystanie zasobów – wybierając używane wtryskarki, firmy angażują się w praktyki gospodarki obiegu zamkniętego, promujące wykorzystanie istniejących zasobów. Poprzez regenerację i odnowę istniejących maszyn, firmy maksymalizują wartość użytkową, przyczyniając się do efektywnego wykorzystania zasobów.

Ograniczenie emisji – wybór używanych wtryskarek przyczynia się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją nowych urządzeń. W przypadku używanych maszyn, emisja ta jest znacznie niższa, ponieważ nie trzeba produkować całkowicie nowego sprzętu.

Redukcja odpadów – korzystanie z używanych wtryskarek pomaga też zmniejszyć ilość odpadów przemysłowych. Decydując się na regenerację istniejących maszyn zamiast produkcji zupełnie nowych, znacznie minimalizujemy zużycie surowców i energii.

Podsumowując, stosowanie wtryskarek używanych ma wiele korzyści dla przedsiębiorstw działających w branży wtryskowej. Konkurencyjna cena, regeneracja i odnowa, szybka dostępność, elastyczność finansowa oraz zrównoważony rozwój to tylko niektóre z nich. Dlatego też coraz więcej firm decyduje się na wykorzystanie potencjału wtryskarek używanych, otwierając sobie drogę do bardziej efektywnej i zrównoważonej produkcji.

Dowiedz się więcej o zaletach używanych wtryskarek do przetwórstwa tworzyw sztucznych oraz poznaj ofertę marki PIMM: pimm.pl

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

PIMM
USED MACHINES

200 maszyn
DOSTĘPNYCH OD RĘKI

NAJWIĘKSZY WYBÓR WTRYSKAREK
UŻYWANYCH W EUROPIE

Dlaczego warto kupić wtryskarkę używaną?

- Dostępność od zaraz i duża elastyczność w produkcji
- Znacznie mniejszy nakład inwestycyjny niż zakup nowej wtryskarki
- Szybki transport do dowolnej lokalizacji
- Możliwość sprawdzenia i przetestowania maszyny
- Serwis i części zamienne

DOPAK

Dopak Sp. z o.o.
tel. +48 730 116 532 | e-mail: kontakt@pimm.pl
www.dopak.pl | **www.pimm.pl**

POZNAJ NASZĄ
SZEROKĄ OFERTĘ

SIEROSŁAWSKI GROUP
Biznes i relacje

Wdrażanie nowych projektów, rosnące oczekiwania rynku, specyficzne wymagania klientów to 3 główne obszary istotne w branży tworzyw sztucznych. Zaspokojenie i sprostanie wytycznym to nie lada wyzwanie, które odzwierciedla przygotowanie firmy do realizacji procesów produkcyjnych. Sierosławski Group, dążąc do niezawodności i ekspansji rynkowej, nieustannie inwestuje w swój park maszynowy. Wyrazem tego są nowoczesne maszyny produkcyjne czy przyrządy współpracujące z nimi.

W 2024 roku hala produkcyjna doposażona została w 7 wtryskarek HAITIAN o siłach zwarcia 160 oraz 320 ton. Park maszynowy to już blisko 70 maszyn wtryskowych, dzięki którym firma zwiększa swój potencjał wytwórczy. Wolne moce produkcyjne otwierają możliwości na kolejne nowe projekty.

Kompleksowość działań, nowoczesna infrastruktura oraz innowacyjne podejście wyznacza i otwiera nowe kierunki. Inwestycje firmy to rozbudowa hali produkcyjnej i magazynowej,

co łącznie daje 14 000 m^2. Kolejna opiera się na zwiększeniu powierzchni biurowej o ok. 500 m^2.

Zajmując się przetwórstwem tworzyw sztucznych, SIEROSŁAWSKI GROUP zdobyło uznanie w wielu branżach, m.in. w motoryzacyjnej, elektronicznej, budowlanej i ogrodniczej czy medycznej. Produkcja na formach własnych i powierzonych, wykonywanie krótkich i długich serii oraz kompleksowa obsługa z montażem to strategia, jaką wyznacza firma.

DZIAŁALNOŚĆ ZGODNIE Z HASŁEM „BUSINESS RELATIONS”

„Business relations” to hasło przewodnie, które towarzyszy nam w codziennych kontaktach z klientami. Relacja to podstawa łączenia biznesów, a biznes pozwala rozwijać relacje. To procesy twórcze, nad którymi jest potrzeba pracy, doświadczenia, zaufania, troski, umiejętności słuchania, komunikowania potrzeb i oczekiwań. Stąd najważniejszą formą współpracy z klientem jest relacja twórcza, od pomysłu do przemysłu i produktu gotowego.

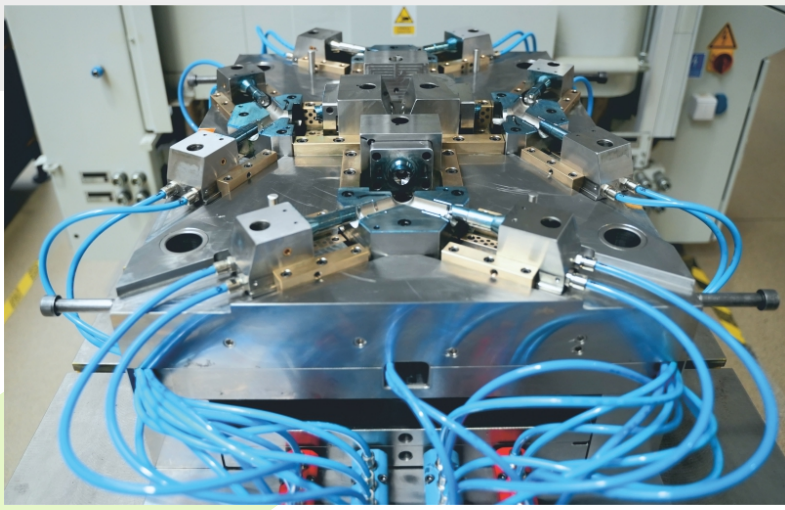
sieroslawskigroup.pl

70 MASZYN WTRYSKOWYCH

WTRYSK DO 17 KG

SIEROSŁAWSKI GROUP SG 25 50 years

SPECJALISTYCZNE TESTY NA DETALU I MATERIALE



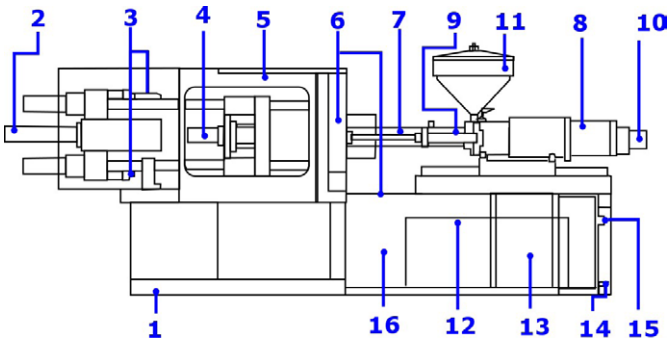
PROJEKTOWANIE I PRODUKCJA FORM WTRYSKOWYCH

www.sieroslawskigroup.pl

Diagnostyka wtryskarek z wykorzystaniem metod ultradźwiękowych i wibroakustyki

Michał Kurpiński, Wojciech Okularczyk

Wtryskarki są obiektami technicznymi działającymi w sposób zautomatyzowany. Realizując w pętli zaprogramowany proces produkcyjny, wymuszają nieregularną, lecz powtarzalną, jednoczesną pracę wielu podzespołów. Ta złożoność znacznie komplikuje możliwość nadzorowania stanu technicznego maszyn tego typu. Podczas cyklu produkcyjnego wykorzystywane są zarówno zespoły mechaniczne, jak i układy grzewcze, hydrauliczne, często również pneumatyczne. Przykład budowy typowej wtryskarki przedstawiono na rys. 1 [1].



Rys. 1. Schematyczny widok wtryskarki, 1 - korpus, 2 - siłownik zamykania formy, 3 - kolumny prowadzące, 4 - wypychacz, 5 - obudowa, 6 - panele kontrolne, 7 - tuleja uplastycznienia, 8 - siłownik wtrysku, 9 - tuleja transportu dyszy, 10 - ślimak, 11 - dozownik, 12 - układ hydrauliczny, 13 - szafa zasilania, 14 - zasilanie, 15 - wyłącznik główny, 16 - szafa sterująca (na podstawie [1])

Wtryskarki, jak niemal każdy obiekt zautomatyzowany pracujący w zamkniętym cyklu produkcyjnym mogą być diagnozowane z wykorzystaniem diagnostyki procesów lub poprzez monitorowanie zmian i niedokładności realizowanych zadań (np. poprzez kontrolę jakości produktów [2]). Samo zagadnienie diagnostyki procesów jest niezwykle złożone i wymaga stworzenia modelu matematycznego lub zarejestrowania dużej liczby danych, które należy następnie przetworzyć za pomocą narzędzi statystycznych lub sieci neuronowych [3, 4]. W każdym przypadku zachodzi konieczność opomiarowania maszyny. Wymogiem koniecznym ze względów bezpieczeństwa jest wykorzystanie czujników krańcowych, m.in. do potwierdzenia zamknięcia osłon. Występują również parametry technologiczne, które wymagają monitorowania, m.in. ciśnienie i temperatura na poszczególnych odcinkach [5, 6].

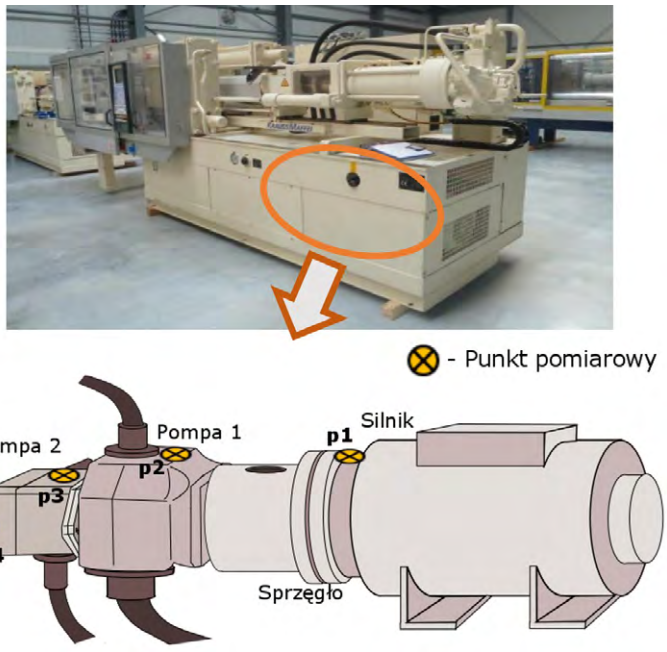
Standardowe układy bezpieczeństwa wykrywają problem w chwili jego wystąpienia. W takim przypadku osoba odpowiedzialna za utrzymanie maszyny w ruchu zobowiązana jest naprawić usterkę. Może to trwać kilka minut (fałszywy alarm) lub kilka dni, jeśli będzie wymagana wymiana uszkodzonych elementów i podzespołów.

Diagnostyka procesowa zajmuje się najczęściej stanem aktualnym maszyny, gdyż trudno jest wyczulić tego typu system na działanie z wyprzedzeniem. Diagnostykę układu hydraulicznego maszyn oraz innych instalacji prowadzi się rzadko. Powodów jest wiele. Najczęściej układ jest na tyle niezawodny, że nie dostrzega się potrzeby monitorowania jego stanu w sposób bezpośredni. Diagnostyka uszkodzeń wymaga systematyczności prowadzonych pomiarów przy ustalonych warunkach. W oparciu o aktualną wiedzę na temat diagnozowania obiektów technicznych postanowiono opracować metody pomiarowe pozwalające zlokalizować uszkodzenia wtryskarek.

POMIARY I OMÓWIENIE WYNIKÓW

Bardzo trudno jest pozyskać pomiar rzetelny, każdorazowo dla tych samych warunków pracy. Wtryskarka należy do takich urządzeń, gdzie stan i obciążenie zmienia się wielokrotnie w ramach jednego cyklu. Postanowiono zatem zarejestrować pracę napędu w warunkach ustalonych, tj. gdy nie jest wykonywany żaden ruch elementów roboczych, a pompy pracują ze stałą wydajnością.

Pomiarów dokonano na wtryskarce Krauss Maffei KM 200-1400 C2, z wykorzystaniem detektora ultradźwiękowego 10000 Ultraprobe oraz akcelerometru pomiarowego firmy Alitec, pozwalającego na



Rys. 2. Zdjęcie badanej maszyny [7] oraz układ zasilania napędu hydraulicznego, znajdujący się w zaznaczonym miejscu

Perfekcja kryje się w detalach

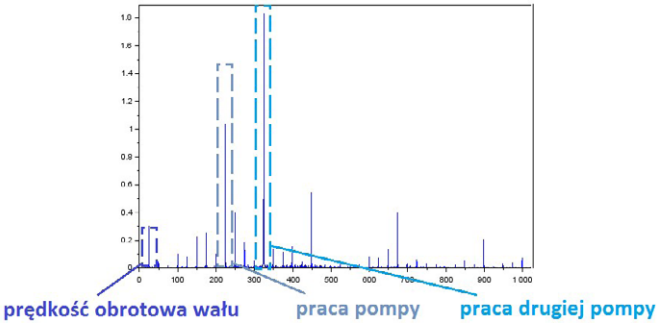
Działając na rynku tworzyw sztucznych od prawie 30 lat jesteśmy w stanie zapewnić naszym klientom najlepszą jakość.

Posiadamy niezbędne zaplecze, sprzęt oraz wiedzę. Zapraszamy do współpracy.

- wtrysk: PA, PBT, POM, ABS, PS, SAN, PE, PP, PVC
- wytłaczanie: PC, PC + TPE, PVC, PMMA

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

BISTAR



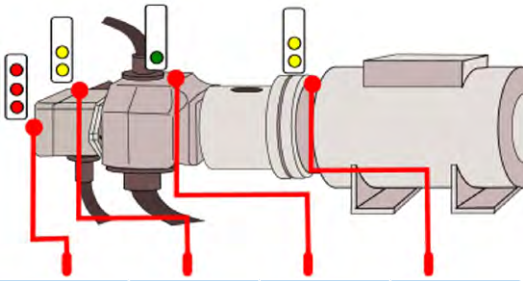
Rys. 3. Częstotliwości charakterystyczne zidentyfikowane w widmie drgań układu pompowego. Opracowanie własne autorów

jednoczesny pomiar w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach. Podczas pierwszego pomiaru, gdy analizowany układ znajdował się wewnątrz obudowy (rys. 2), skorzystano z akcelerometru w celu określenia wielkości drgań oraz istotnych składowych.

Analizując dokładnie widmo oraz kierując się wskazówkami osoby odpowiedzialnej za operacje konserwacyjne, wyznaczono kilka charakterystycznych składowych i ich źródła: 25 Hz – wał napędowy, 225 Hz – pompa wielotłoczkowa osiowa, nr 1 (9 tłoków), 325 Hz – pompa łopatkowa (13 łopatek). Fragment widma zarejestrowany w punkcie pierwszym (p1) przedstawiający wymienione częstotliwości pracy układu zaprezentowano na rys. 3.

Najlepszym sposobem analizowania i porównywania danych w postaci sygnałów drganiowych jest ich zamiana w zbiór cech statystycznych. W przypadku omawianych badań posłużono się wartością skuteczną (RMS), Kurtozą, Współczynnikiem Szczytu (WspSzczyt) oraz Wartością Szczytową (Peak). W tab. 1 zaprezentowano wartości cech dla wszystkich punktów pomiarowych posegregowane według kierunku, w którym zostały zmierzone.

Tabela 1. Zestawienie cech charakterystycznych drgań układu zasilania napędu hydraulicznego

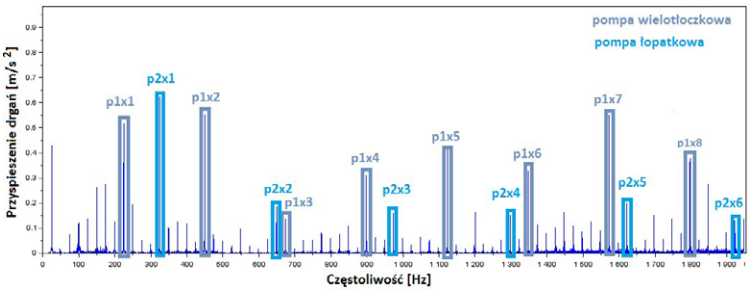


	pkt 1	pkt 2	pkt 3	pkt 4
		osiowo		
RMS	2,275	2,457	2,386	1,488
Kurtoza	3,107	3,169	4,758	4,103
WspSzczyt	24,214	6,552	2,529	3,741
Peak	6,751	2,848	4,191	3,049
		pionowo		
RMS	5,500	1,744	1,772	0,944
Kurtoza	3,213	2,842	2,930	4,050
WspSzczyt	4,351	4,688	4,409	5,899
Peak	18,137	16,941	14,811	5,127
		poziomo		
RMS	4,938	3,117	2,788	2,920
Kurtoza	2,904	3,732	3,811	4,316
WspSzczyt	3,896	4,174	4,213	5,354
Peak	19,280	14,157	13,371	4,090

Obok punktów pomiaru przedstawiono w sposób symboliczny (za pomocą sygnalizatorów) wysokość drgań wg normy ISO 10816. Niniejsze dane określono na podstawie sygnałów rejestrowanych z częstotliwością 32 kHz przez 8 s we wskazanych miejscach.

Mimo iż szczątkowe informacje na temat układu nie pozwalają przyjrzeć się bliżej uzyskanym charakterystykom częstotliwościowym, można zauważyć występowanie wyraźnych impulsów powtarzających się w wielokrotnościach głównej składowej obrotowej wału oraz pompy tłokowej. Jest to zjawisko często występujące w przypadku istnienia luzów mechanicznych pomiędzy łożyskiem a powierzchniami, pomiędzy którymi został osadzony, tj. wałem i gniazdem łożyskowym. Nie należy również wykluczyć wystąpienia rozosiowania kątowego lub promieniowego, w przypadku których również często występują składowe wielokrotne (głównie 2- i 3-krotna). Wymienione składowe mogą być dobrze zaobserwowane na charakterystyce częstotliwościowej wybranego pomiaru (rys. 4).

Poza diagnostyką drganiową układu pompowego postanowiono wykonać próbny pomiar przemieszczeń siłownika głównego w celu określenia charakterystyki tej czynności. Detektor ultradźwiękowy posiada w asortymencie akcesoria pozwalające m.in. utwierdzić sondę na metalowych powierzchniach za pomocą głowicy na podstawce magnetycznej. Podczas pomiaru operator urządzenia uruchomił pojedynczy cykl pracy siłownika,



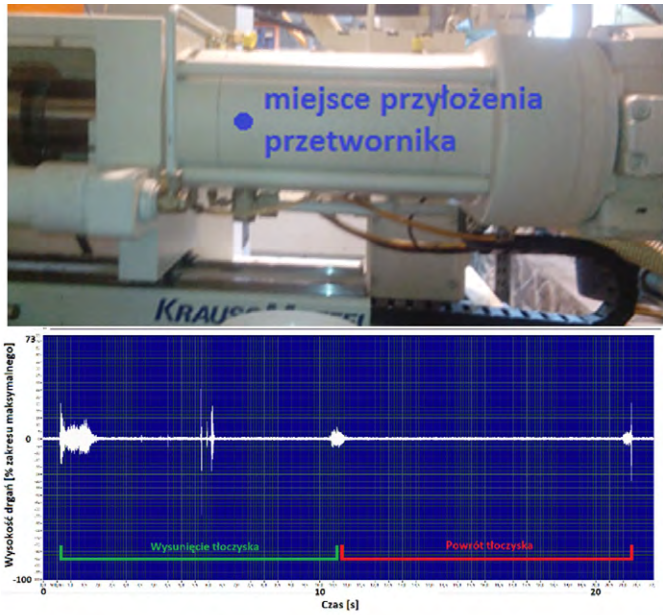
Rys. 4. Widmo z zaznaczonymi składowymi wielokrotnymi dla pompy łopatkowej i wielotłoczkowej. Fragment widma dla punktu 3 w orientacji pionowej. Opracowanie własne autorów

w którym tłoczysko wysunęło się na odległość ok. 100 mm i zaraz wróciło do swojego pierwotnego położenia. Zauważono pewną nierównomierność w połowie dystansu podczas wysuwania siłownika. Podczas ponownego pomiaru zauważono, że jest to zjawisko powtarzalne i pojawia się w tym samym momencie. Miejsce pomiaru i zarejestrowany sygnał przedstawiono na rys. 5.

PODSUMOWANIE

Zaprezentowane wyniki świadczą o tym, że istnieje możliwość obserwowania wielu zjawisk zarówno w układach pompowych, jak i siłownikach. W przypadku układu pompowego wykazano pewne nieprawidłowości, jeżeli chodzi o rozmieszczenie i dopasowanie wałów i łożysk. Efektem tego są podwyższone drgania występujące w układzie, co jest szczególnie widoczne w sygnałach zarejestrowanych w okolicy pompy łopatkowej. W przypadku głównego siłownika hydraulicznego występuje uszkodzenie zakłócające płynny wysuw toczyska, jednak na tyle małe, że można je wykryć wyłącznie przy pomocy urządzeń diagnostycznych.

Badane podzespoły są obecne w każdej wtryskarce. Wykonując pomiary przy ustalonych warunkach w regularnych odstępach czasu, istnieje możliwość monitorowania przedstawionych parametrów oraz wyznaczania kierunku zmiany (narastania lub spadku). Przewiduje się, że po 3-4 sesjach pomiarowych można



Rys. 5. Pomiar przemieszczeń na siłowniku z wykorzystaniem detektora ultradźwiękowego i sondy magnetycznej. Opracowanie własne autorów

będzie zweryfikować charakter zmiany wybranych cech oraz zweryfikować uszkodzenie w przypadku utraty ich stabilności.

LITERATURA

[1] M. Tutar, A. Karakus: Computational Study of the Effect of Governing Parameters on a Polymer Injection Molding Process for Single-Cavity and Multicavity Mold System, Department of Mechanical Engineering, Mersin University, 2009.
[2] Chin-Chi Cheng, Yuu Ono, Cheng-Kuei Jen: Real-time diagnosis of coinjection molding using ultrasound, Polymer Engineering and Science, t. 47, nr 9, 2007.
[3] N. Costa, A. Cunha, B. Ribeiro: Monitoring an Industrial Plastic Injection Moulding Machine Using Neural Networks, in Proceedings of the International Conference in Portoroz, Slovenia, 1999.
[4] N. Lopes, B. Ribeiro: Quality Prediction in an Injection Moulding Process Using Neural Networks, in Second World Manufacturing Congress, styczeń 1999.
[5] F. A. Heinzler, S. Kruppa, R. Schiffers, J. Wortberg: Useful Process Data from the Injection Molding Machine, Kunststoffe International, 2/2014.
[6] Materiały informacyjne firmy Ecoflow Solutions for Plastics: Wtryskarki: Informacje ogólne. http://www.ecoflow.pl/files/ productsfiles/2011/7/wtryskarki_ogolne.pdf.[dostęp: 5.11.2016].
[7] Krauss Maffei KM 200 - 1400 C2, http://www.danzaplast.com/injection%20moulding%20machines/Krauss%20Maffei%20KM%20200%20-%201400%20C2%2010475.htm, [dostęp:12.11.2016].

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Hydraulika i Pneumatyka" nr 1-3/2018.

mgr inż. Michał Kurpiński, dr inż. Wojciech Okularczyk
TEST Systemy Uszczelniające, Częstochowa

REKLAMA

PRESS AZJA

PRASY DO GUMY WTRYSKARKI

PERYFERIA

O NAS

Nasza firma głównie specjalizuje się w maszynach do przetwórstwa tworzyw sztucznych oraz maszynach do przetwórstwa gumy. Wychodząc na przeciw oczekiwaniom klientów w naszej ofercie znaleźć można również specjalistyczne sterowniki oraz akcesoria peryferyjne do usprawniania procesu produkcyjnego.
Firma press Azja z sukcesami obsługujemy klientów, którzy zechcieli skorzystać z naszych usług. Dzięki wykwalifikowanej grupie specjalistów, którzy są wybitnymi fachowcami zdobywającymi przez lata doświadczenie w dużych firmach na Żywiecczyźnie. Możemy zagwarantować bardzo wysoką jakość naszych produktów, które będą dobrze i sprawnie funkcjonowały; jak również bardzo wysoką jakość serwisu, doradztwa oraz pomocy przed zakupem jak i w trakcie eksploatacji.

PRESS AZJA Sp z o.o.
ul. Kamienna 621
34-381 Radziechowy

KONTAKT:
biuro@pressazja.com
514 112 045
www.pressazja.com

NIP: 5532585311
KRS: 0001047710
REGON: 525863097

Techniki i czynniki warunkujące efektywność energetyczną procesu przetwarzania wtryskowego polimerów

Karol Pepliński

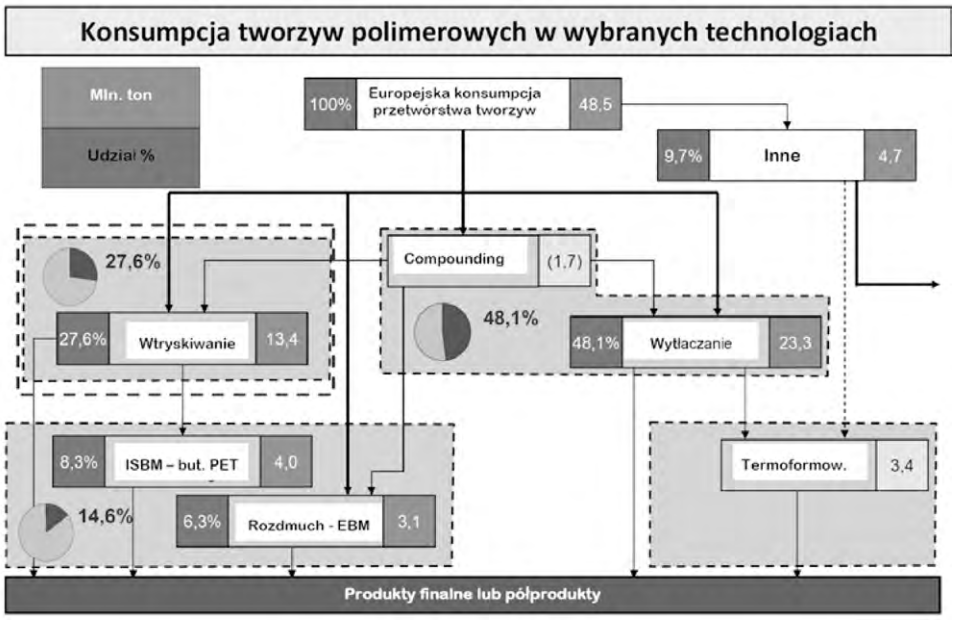
TECHNIKI: MAPA ENERGETYCZNA, MONITOROWANIE I PROGNOZOWANIE

Z uwagi na rosnącą rok rocznie liczbę produkowanych tworzyw na świecie (rok 2015: 322 mln ton [14]) istnieje konieczność wskazywania technik wpływających na poprawę efektywności energetycznej przetwórstwa tworzyw, w tym technologii wtryskiwania. Globalne aspekty rosnącego zapotrzebowania na energię elektryczną wymuszają wprowadzanie mechanizmów przyczyniających się do realizacji tych zadań [11, 12]. Konsumpcja energetyczna dla wybranych technologii przetwórstwa jest zróżnicowana i częściowo powiązana z liczbą przetwarzanych wsadów polimerowych. Przykładowy podział konsumpcji tych materiałów w danych technologiach podstawowych zobrazowano na rys. 1 [12].

Do zasadnych, a zarazem jedną z najprostszych, technik wspomagających ocenę zużycia energii w instytucjach przetwórstwa tworzyw należy stworzenie mapy energetycznej dla maszyn czy urządzeń. Na podstawie prostej mapy energetycznej lokalizuje się główne obszary, które konsumują stosunkowo dużą ilość energii. Przygotowanie takiej mapy nie jest trudne. Może zostać opracowana przez osobę odpowiedzialną lub osoby, które obsługują maszyny. Schemat takiej mapy przedstawia rys. 2. Jedną z najprostszych metod monitorowania konsumpcji energetycznej jest odczytywana wartość zużycia energii przez daną maszynę czy urządzenie w kWh, zaś udział w zużyciu na oświetlenie można policzyć na podstawie liczby żarówek oraz ich mocy. Wyniki można wprowadzić wraz z opisami do arkusza kalkulacyjnego w celu wstępnej oceny zidentyfikowanych obszarów. Monitorowanie i prognozowanie polega na gromadzeniu, przetwarzaniu i wysyłaniu informacji dotyczących efektywności wykorzystania energii [6]. Po dokładnym pomiarze następuje lokalizacja miejsc, w których można uzyskać oszczędności. Mapa energetyczna oraz monitorowanie i prognozowanie jest czynnikiem przekazującym ważne informacje dla działań analitycznych. Istotne jest, aby dokładnie zebrać wszystkie dane i przeprowadzać analizy, które winien realizować wysoko wyspecjalizowany personel w celu wyciągnięcia konkretnych wniosków i prognozowania stanu uwarunkowań energetycznych [9].

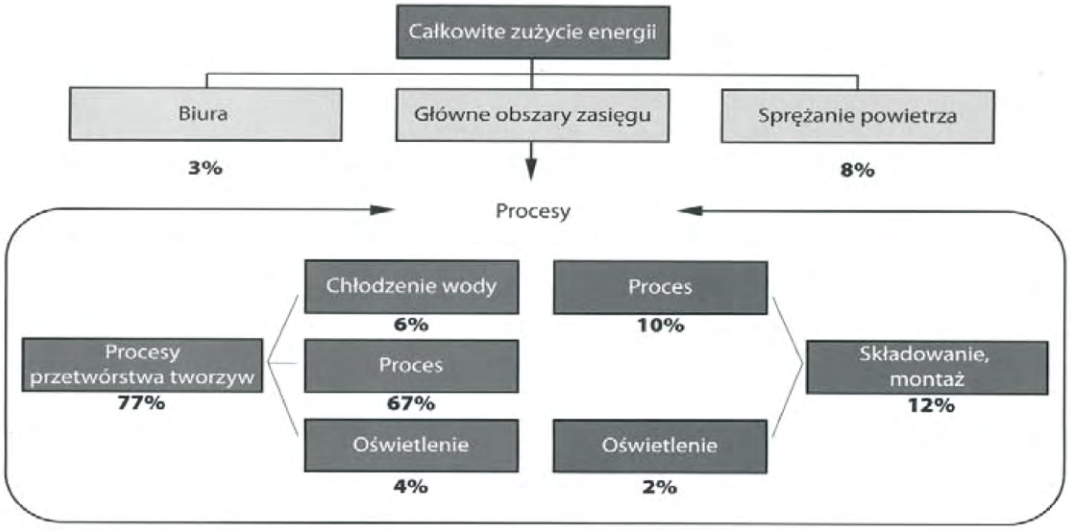
Do prostych technik gromadzenia danych następnie umożliwiających dokonanie analiz zalicza się czytniki pomiarowe zainstalowane przy maszynach i urządzeniach. Dzięki temu możliwe jest dokładne ustalenie składowych kosztów maszyn i urządzeń w różnych obszarach realizowanej produkcji. Systemy tego typu można łatwo połączyć ze sobą poprzez sieć czy Internet w celu ulepszenia komunikacji między systemem zawierającym dane oraz w celu kontrolowania zużycia energii [7].

Krzywa charakterystyczna zużywania energii JLH [5] wykorzystywana jest do prognozowania przy uzależnieniu wielkości produkcji. Prognozowanie polega na obliczeniu szybkości produkcji danej jednostki (kg/h/maszynę), po czym wyszukuje się na wykresie przewidywalnego JLH. Kolejny etap to obliczanie rzeczywistej WKE dla całości zużywanej energii do masy tworzywa przetworzonego. Ostatni etap to porównanie zużytej energii z benchmarkingiem [1, 10] JLH. Do metod porównania wydajności przedsiębiorstwa z konkurencją zalicza się m.in. benchmarking zewnętrzny. Nie jest to łatwa metoda, ponieważ zużycie energii jest uzależnione od danego przetwórstwa oraz zużycie zależy od szybkości produkowanych części, a także od obciążenia procesowego i podstawowego.



Rys. 1. Konsumpcja materiałów polimerowych w wybranych technologiach przetwórstwa w tym we wtryskiwaniu [12]

Monitorowanie i prognozowanie działań (ang: M&T) [9] dotyczących zużycia energii jest formą gromadzenia, interpretowania i przekazywania informacji dotyczących tej kwestii. M&T dokonuje pomiarów i ustaleń miejsc, w których z powodzeniem można szukać oszczędności energii poprzez podjęcie odpowiednich działań. Benchmarking energetyczny,



Rys. 2. Przykładowa mapa energetyczna dla przetwórstwa tworzyw [9]

a także jakościowa linia charakterystyczna zużycia energii maszyn (JLH) będąca informacją o stanie energetycznym maszyny są pierwszymi ważnymi danymi. Mapa energetyczna, jak i M&T, jest kolejnym drugim czynnikiem dostarczającym istotnych informacji z kolejnego poziomu dla działań analitycznych.

Zbieranie danych same w sobie nie dostarcza żadnych konkretnych rezultatów. Potencjalne korzyści w postaci efektywności energetycznych nie mogą w żaden sposób zostać osiągnięte tylko na podstawie zbierania danych i przygotowania raportów. Zebrane dane muszą być przekazane do konkretnych analiz przeprowadzanych przez kompetentnych ludzi, którzy na ich podstawie są w stanie wysunąć odpowiednie wnioski i prognozować kierunki działań [5]. Dla każdej instytucji ilość informacji i wytycznych dotyczących działań M&T musi być odpowiednia do wielkości wydatków energetycznych. M&T może wymagać udoskonalenia zdolności pomiarowych w zależności od alokacji środków finansowych. Nigdy nie należy podejmować działania polegającego na wszechstronnym instalowaniu tychże narzędzi na każdej maszynie. Każdorazowo należy ustalić, gdzie zainstalować narzędzia pomiarowe, aby możliwe było obniżenie kosztów użytkowania. Zapisywanie zużycia energii z głównego licznika nie daje precyzyjnych informacji o stanie jednostkowym urządzeń i maszyn, a tym samym menadżerowie nie są w stanie właściwie działać. Prosta logiczna linia pomiarowa zużycia energii dla podjęcia odpowiednich działań M&T (rys. 3) pozwala właściwie alokować koszty związane z instalacją urządzeń pomiarowych w różnorakich obszarach jednostek produkcyjnych.

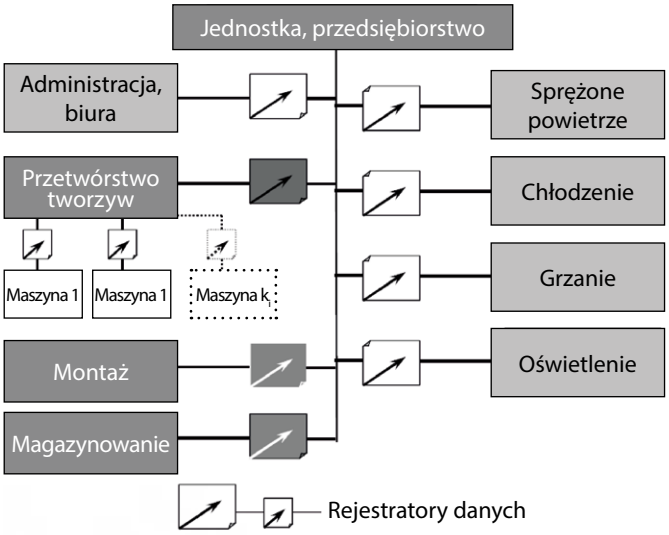
Systemy pomiaru energetycznego można w prosty sposób połączyć w jedną całość, korzystając z sieci bezprzewodowej lub Internet w celu dynamicznej kontroli i pomiaru. Technologie te są podstawą utworzenia koncepcji automatycznego zarządzania i podejmowania działań (ang: aM&T). Koncepcja ta może zostać rozszerzona na pomiary kosztów w indywidualnych jednostkach. Pozwala to ukierunkować działania zmierzające do obniżenia zużycia energii w miejscach ich największej konsumpcji [9].

CZYNNIKI WARUNKUJĄCE OBCIĄŻENIA ENERGETYCZNE W PROCESIE WTRYSKIWANIA

Wtryskiwanie tworzyw termoplastycznych jest jedną z najbardziej popularnych technologii przetwórstwa polimerów, która na przełomie ostatnich lat znalazła w swojej naturze wiele udoskonaleń technicznych i procesowych, pozwalających na racjonalne zarządzanie zasobami energetycznymi w trakcie realizacji procesu [4]. Pomimo tych wszelakich udoskonaleń nadal od 60 do 85% energii jest zużywana na wykonywanie ruchów i zadań operacyjnych przez wtryskarkę. Od 15-40% energii zużywanej jest na podgrzanie i uplastycznienie tworzywa przez zróżnicowane konwencjonalne wtryskarki hydrauliczne. Energia jest pochłaniana w mniejszym lub większym stopniu w zależności od tego czy tworzywo jest przetwarzane lub nie jest, a wtryskarka jest włączona. Istotny wobec tego jest fakt, aby wtryskarka była obciążona procesowo i podstawowo, a nie tylko podstawowo [5]. Wspomniany fakt o niewielkiej ilości energii wymaganej na uplastycznienie tworzywa skutkuje tym, iż w niewielkim stopniu rodzaj przetwarzanego tworzywa polimerowego wpływa na całkowite obciążenie procesowe. W obecnych czasach przetwórcy dysponują wtryskarkami o zróżnicowanym zasilaniu: hydraulicznym, elektrycznym lub hybrydowym [1]. Z uwagi na to, że najmniej efektywnymi energetycznie są jak do tej pory wtryskarki hydrauliczne, a nadal szeroko pracujące w przemyśle przetwórstwa polimerów, zostanie wskazanych kilka punktów, na które warto zwrócić uwagę, aby bardziej wpasować się w kanon efektywności energetycznej jednostek hydraulicznych [4, 9]. Wtryskiwanie tworzyw polimerowych jest procesem cyklicznym, podczas którego występuje zmienny pobór energii w trakcie realizacji określonych cykli. Całkowita ilość energii pochłaniana na realizację procesu uzależniona jest miedzy innymi od konstrukcji wypraski, przetwarzanego tworzywa oraz nastaw procesowych parametrów przetwórstwa [1]. Wytwarzanie wyprasek można traktować jako zakończenie kompletnych dwóch cykli. Tworzywo, które jest uplastycznione w jednym cyklu, jest wtryskiwane w drugim, podczas gdy tworzywo do następnego cyklu będzie uplastycznione. Chłodzenie rozpoczyna się od zakończenia fazy docisku danego cyklu i jest zazwyczaj jednym z najbardziej energochłonnych i czasochłonnych ogniw [6].

Do wybranych komponentów konwencjonalnej wtryskarki hydraulicznej odpowiedzialnych za konsumpcję energetyczną zalicza się [4, 9]:

- zasilanie sieciowe i przyłącze chłodzenia - chłodzenie oleju pochłania do 50% energii zasilania sieciowego, co jest zamieniane na straty cieplne i obciążenie układu chłodzenia,
- zasilanie wsadem i jednostka wtryskująca - mechanizm napędowy ślimaka (obrotowy i posuwisto-zwrotny), dysza wtryskująca i zawór zwrotny ślimaka,
- elementy grzejne układu uplastyczniającego - niezbędne dla zaistnienia procesu uplastyczniania tworzywa,
- jednostka zamykania – odpowiedzialna za mocowanie formy i wytworzenia odpowiedniej siły zwarcia na etapie wtryskiwania oraz zamknięcia formy podczas chłodzenia wypraski i jej końcowego uwolnienia,

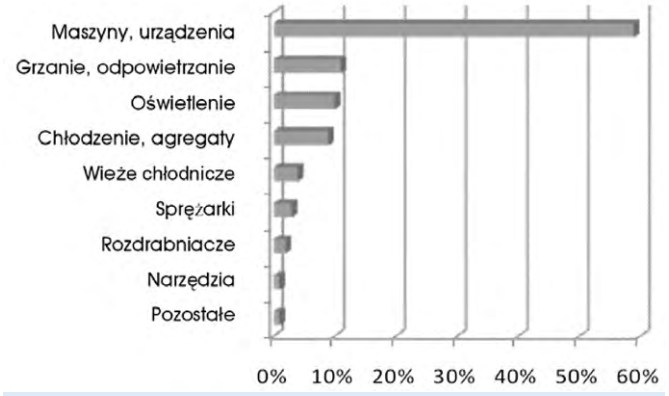


Rys. 3. Podstawowy zarys struktury układu monitorowania zużycia energii, szczegółowa mapa energetyczna [9, 13]

- system kontrolny – odpowiedzialny za rejestrowanie poszczególnych stanów i ruchów maszyny.

Energia zostaje na wejściu wprowadzona i pochłonięta przez maszynę głównie na wytworzenie odpowiedniej siły hydraulicznej konsumowanej na dane procesy, także na nagrzanie cylindra i przekazanie ciepła do tworzywa, następnie usunięcia ciepła przez system chłodzący i w niewielkim stopniu przez samą wypraskę, która opuszcza formę. Możliwym jest obliczenie zbalansowania energetycznego pomiędzy realizowanym procesem a ilością energii niezbędnej na uplastycznienie i wtryśnięcie tworzywa. Wiadomym jest, że głównie to maszyna i przyłącza termalne i chłodzące są głównymi ogniwami zużycia energii. Zużycie energii w procesie wtryskiwania dotyczy nie tylko energii pochłanianej przez maszynę, lecz również przez szereg innych towarzyszących składowych wykorzystywanych podczas realizacji cyklu [1, 2]. Wtryskarki wykorzystują około 60% kosztów przeznaczonych na konsumpcję energii, wobec czego działania na wtryskarkach stanowią największe możliwości zmniejszenia ich wydatków. Rozkład zużycia energii w procesie wtryskiwania przedstawiony jest na rys. 4.

Zużycie prądu w procesie wtryskiwania zależy od wielu czynników, na które ma się wpływ i można w nie ingerować, aby ograniczyć ich zużycie. Głównym czynnikiem jest projektowanie, rozmiar oraz stopień zróżnicowania elementu wytwarzanego, jakim jest wypraska. Pobór energii w procesie wtryskiwania zależy m.in. od gabarytów wypraski, ponieważ im większa jest część elementu, tym większa moc jest potrzebna do jego wytworzenia.



Rys. 4. Podział zużycia energii w procesie wtryskiwania [7]

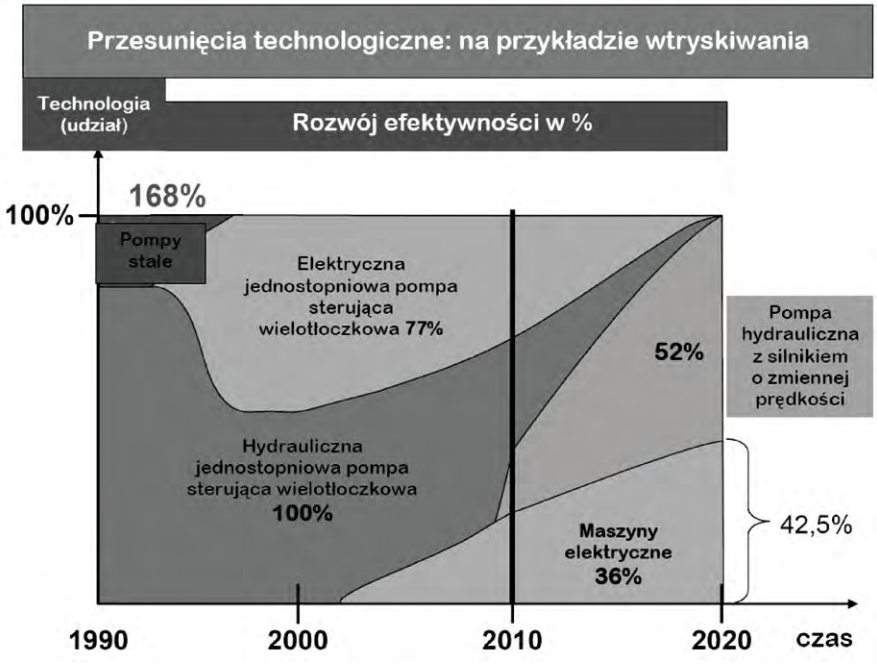
Zależy to również od rdzeni hydraulicznych formy czy konieczności lokalizowania zaprasek. Kolejnym czynnikiem wpływającym na efektywność energetyczną jest zarządzanie urządzeniami pomocniczymi, do których zalicza się: suszarki, młyny (rozdrabnianie mechaniczne). Stosując nowszej generacji urządzenia oraz określając odpowiednie parametry urządzeń, można w znacznym stopniu zmniejszyć zużycie energii. Pamiętając o właściwościach materiałów wykorzystywanych do produkcji elementów, trzeba uwzględnić temperaturę płynięcia oraz krzepnięcia tworzywa. Jest to ważne, ponieważ materiały charakteryzujące się wysoką temperaturą krzepnięcia oraz płynięcia potrzebują dłuższego chłodzenia bądź nagrzewania, co zwiększa zużycie energii na te procesy. Elementami wtryskarek, które zużywają prąd są m.in. silniki i pompy wykorzystywane podczas całego cyklu produkcji. Należy uwzględnić także takie urządzenia pomocnicze, które nie wiążą się znacznie z samą produkcją wytworów, lecz z całą linią produkcyjną. Do tych urządzeń zalicza się przenośniki taśmowe, linie pakujące i roboty, które są w pełni zautomatyzowane i potrzebują znacznej ilości energii [1, 6, 7, 9].

W procesie wtryskiwania znaczne zużycie energii przypada na elementy grzejne układu uplastyczniającego i napędy elektryczne, hydrauliczne. Pozostała część zużywana jest przez urządzenia peryferyjne. Na wysokość wykorzystywanej energii wpływ ma również szybkość wtryskiwanego tworzywa do formy oraz szybkość jego chłodzenia. Podczas szybkiego wtryskiwania elementu bardzo duże znaczenie ma także odpowiednie odpowietrzenie formy [1, 2].

Poprawienie efektywności energetycznej często wynika z wprowadzenia elektrycznych wtryskarek, co daje przewagę nad konkurencją wykorzystującą urządzenia typowo hydrauliczne. Wprowadzenie tegoż parku maszynowego powoduje z reguły zmniejszenie zużycia energii nawet o 60% oraz niższe koszty jego utrzymania [8]. Także relatywne wielkości oszczędności energii w fazie realizacji procesu wtryskiwania wynikają z wchodzenia na rynki technologicznych przesunięć dotyczących efektywnych energetycznie systemów wykonawczych występujących w maszynach - wtryskarkach. Prognozę trendu do roku 2020 [12] zobrazowano na rys. 5.

Nowe generacje maszyn posiadają lepszą efektywność energetyczną, co prowadzi w konsekwencji do zmniejszenia energochłonności. Terminowe przeglądy maszyn, urządzeń, narzędzi przetwórczych (w tym form), jak również ich konserwacje wpływają na obniżenie zużycia tak cennego źródła, jakim jest energia [1]. Często zakup nowych maszyn lub wymiana ich na innowacyjny park maszynowy daje ogromne możliwości, a finanse poniesione na ich zakup szybciej się zwracają niż kupno maszyn używanych. Stosowanie nowych urządzeń pomocniczych do tego procesu ma również wielkie znaczenie, ponieważ urządzenia te pomimo tego, że pochłaniają energię, w znacznym stopniu obniżają koszty energii całego procesu. Nie bez znaczenia jest także modernizowanie starszych maszyn w zakresie zastosowania innowacyjnych napędów o cechach eko (rys. 6) [15].

Chłodzenie w procesie wtryskiwania jest bardzo ważnym czynnikiem, dzięki któremu po wtryśnięciu i dociśnięciu tworzywa może być po chwili wyjęty z formy detal. Zarówno zwiększenie, jak i poprawienie chłodzenia formy umożliwiają kanały chłodzące. Ich celem jest szybkie i jednolite schłodzenie, co prowadzi do redukcji czasu cyklu wtryskiwania o 20-50% [4]. Proces chłodzenia w przetwórstwie jest jednym z najdroższych procesów. Aby obniżyć koszty chłodzenia i ustalić je na jednakowym poziomie, używa się urządzeń zwanych chillerami. Agregat używany jest do chłodzenia urządzeń i hydrauliki, w którym czynnikiem



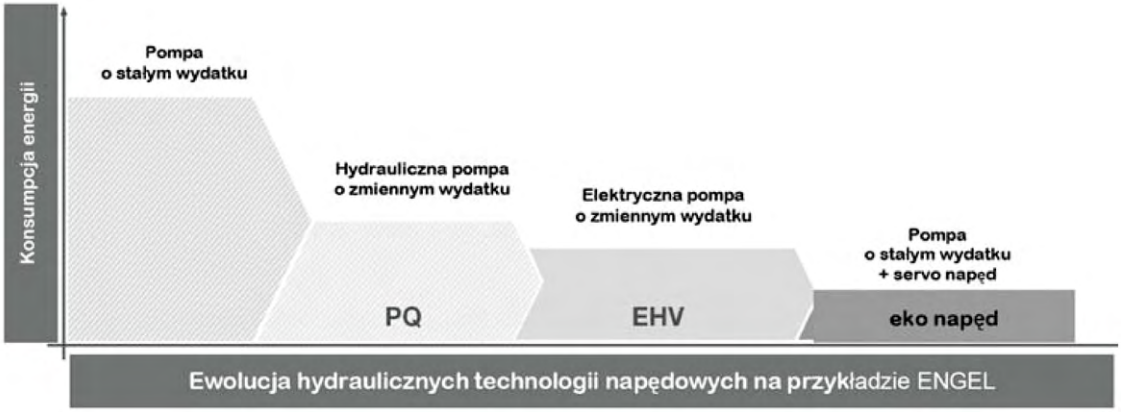
Rys. 5. Prognoza trendu 2020 przesunięć dotyczących efektywnych energetycznie systemów wykonawczych występujących we wtryskarkach [12]

chłodzącym jest woda. Nowoczesne zastosowania oferują wiele sposobów, które mają za zadanie minimalizowanie zużycia energii. Do takich zalicza się między innymi zintegrowanie chłodzenia swobodnego, zastosowanie elektrycznych rozszerzalnych zaworów oraz zmienna praca wentylatorów i kompresorów w zależności od zapotrzebowania. W procesie wtryskiwania chiller zużywa od 5 do 15% zapotrzebowania całej energii. Dzięki zastosowaniu nieskomplikowanych urządzeń można zredukować zużycie energii do przedziału między 10 a 80%. Należy pamiętać, że zastosowanie nowego urządzenia wiąże się z wdrożeniem i zainstalowaniem sterującego nim oprogramowania. Zmniejszając zużycie energii, należy przeprowadzić analizę elementarnych oraz nowych jednostek. Aby osiągnąć większe korzyści, stosuje się również podwójne obiegi separujące formę oraz całą hydraulikę maszyny. Poprzez zastosowanie kilku obiegów w chillerach możliwe jest stworzenie indywidualnych obiegów, co zwiększa efektywność energetyczną z braku mieszania mediów odbierających ciepło. Chiller jest urządzeniem, którego zadaniem jest poprawienie efektywności chłodzenia procesu. Jest to bardzo ważne w przetwórstwie, gdyż temperatura chłodzenia może wpływać, na jakość wykonanego produktu. Urządzenia te mają za zadanie utrzymywanie ciągłej stałej temperatury w celu poprawienia efektywności całego procesu. Ważnym czynnikiem jest również izolacja cieplna instalacji przesyłu zimna i ciepła, dzięki czemu możliwe jest osiągnięcie dużych wartości zaoszczędzenia energii nawet w granicach 50% [9].

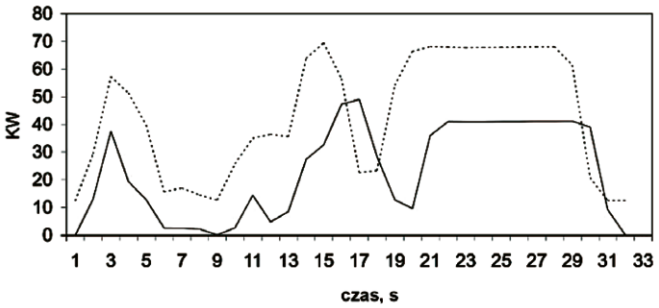
Wtryskarki wyposażone są zwykle w duże pompy hydrauliczne otwierania i zamykania formy oraz wtrysku materiału. Zmienna szybkość napędów (VSD) czy napędów zupełnie nowej generacji (eco servo napęd) to najlepsze rozwiązanie tego typu, dążące do obniżenia zużycia energii silników działających z określoną prędkością. VSD dopasowuje prędkość silnika elektrycznego do zapotrzebowania w produkcji tworzywa. Stosowanie VSD pozwala na lepszy proces kontroli pracy wielu silników, zmniejszenie hałasu, zużycia eksploatacyjnego elementów i popytu na układy hydrauliczne. Rys. 7 przedstawia czas trwania cyklu wtryskiwania, w którym całkowity czas wynosi 31,5 sekundy, a poszczególne czasy dotyczą: wtrysku - 3 s; docisku - 3,4 s; chłodzenia - 10,4 s; uplastyczniania – 10,2 s; otwarcia formy – 2 s; uwolnienia wypraski – 2,5 s [7].

Ważnym czynnikiem w procesie wtryskiwania jest także temperatura formy. Jakość formowanych powierzchni wzrasta wraz ze wzrostem temperatury, zaś wyższe temperatury powodują wydłużenie czasu cyklu procesu. Aby zachować wysoką jakość powierzchni przy stałym czasie cyklu, wykorzystuje się innowacyjną technologię RHCM [4]. Polega ona na szybkim nagrzewaniu i chłodzeniu formy przy uniknięciu wad powierzchniowych. Gwałtowne nagrzewanie wytwarza się dzięki wykorzystaniu pary i elektrycznych opasek grzejnych na narzędziu, zaś chłodzenie dzięki zastosowaniu przepływu zimnej cieczy. Skrócenie czasu cyklu zmniejsza pobór energii. Możliwe jest wówczas jej zaoszczędzenie bądź przeznaczenie jej do innych celów [1, 13].

Aby zmniejszyć zużycie energii elektrycznej, należy sprawdzać parametry procesu wtryskiwania oraz urządzeń pomocniczych w celu zapewnienia ich równego poziomu pracy. Niespójność w tym zakresie może powodować niestabilny proces, co w efekcie może doprowadzić do wadliwego działania systemu. Należy sprawdzić, czy siła rozprężno-zaciskowa nie jest wyższa od wymaganej oraz czy czas chłodzenia nie jest zbyt długi. Krótszy czas cyklu pozwala osiągnąć mniejsze pochłonięcie energii. Projektowanie elementów o dokładnych wymiarach oraz ograniczanie odpadów produkcji pozwala zredukować zużycie mocy oraz zwiększa efektywność produkcji. Należy używać odpowiednich narzędzi i maszyn z odpowiedniego materiału, aby ograniczyć poprawki. Odpowiednio zarządzane urządzenia pomocnicze, np. do chłodzenia, ogrzewania bądź suszenia, pozwalają na niskie równomierne wykorzystywanie energii. Do ograniczenia jej zużycia również zalecane jest stosowanie odpowiednich wymienni-



Rys 6. Ewolucja hydraulicznych technologii napędowych [15]



Rys. 7. Cykl wtryskiwania: linia ciągła z VSD, linia przerywana bez VSD [7]

ków ciepła oraz kanałów chłodzących. Zarówno czas chłodzenia, jak i czas grzania, powinny być tak dobierane, aby go zminimalizować [5, 6].

Wtryskarka w procesie wtryskiwania potrzebuje znaczącego zapotrzebowania mocy, aby jej praca przynosiła oczekiwane efekty. Zmniejszenie zapotrzebowania energetycznego wtryskarki może przyczynić się do zmniejszenia mocy silnika. Do produkcji należy wybierać odpowiednie narzędzia oraz wybierać szybkie metody. Czas, jaki przeznaczany jest na chłodzenie produktu, to więcej niż 50% czasu trwania całego cyklu. Efektywność zużycia energii można poprawić poprzez zmniejszenie czasu trwania cyklu chłodzenia (układy konformalne) [5], co przenosi duże korzyści w postaci krótszego cyklu produkcji oraz zmniejszenia zużycia energii.

PODSUMOWANIE

Przeszkodą we właściwym zarządzaniu kosztami energii jest brak formalnej struktury i zrozumienia podstawowych zasad oraz poznania czynników warunkujących zużycie energii. Kwestie związane z organizacją i zarządzaniem energią wiążą się z pewnymi podstawami: mapa energetyczna, monitorowanie, prognozowanie. Kolejno można stosować bardziej szczegółowe techniki testowania, przechodząc od tempa produkcji do indywidualnego testowania danych wzorcowych z bieżącymi maszyn i urządzeń, opartego na wielkości produkcji. Czynniki warunkujące efektywność energetyczną powinny być równolegle wpisane w proces zarządzania energią oraz indywidualnie dostosowane do potrzeb przedsiębiorstwa. Algorytm postępowania winien zawierać zasadnicze zagadnienia [1, 2, 6 11]:

- wpływ na środowisko,
- korzyści finansowe,
- sposób, w jaki organizacja używa energii,
- co organizacja może poczynić, aby zminimalizować zużycie energii,
- indywidualny wkład pracowników.

Dowiedziono, że procesy przetwórstwa, jak i same wyroby z tworzyw sztucznych mają potencjał w zakresie zrównoważonego rozwoju [3], w tym minimalizacji zapotrzebowania energii [12]. Na przetwórców wywierana jest więc coraz większa presja, aby obniżali zużycie energii podczas procesu wytwarzania. Uruchamianie europejskich mechanizmów projektowych, np. projekt EUPLASTVOLTAGE, porozumień [11] i innych światowych działań [13], jest czynnikiem warunkującym promowanie znamion efektywności energetycznej w sektorze przetwórstwa polimerów. Wiele zróżnicowanych osiągnięć w zakresie nowoczesnych maszyn o znamionach Industry 4.0 oraz wysokim potencjale efektywności energetycznej rok rocznie jest promowanych w ramach największych targów przetwórstwa tworzywa [16].

LITERATURA

[1] Jatinder Madan, Mahesh Mani, Jae Hyun Lee, Kevin W. Lyons: Energy performance evaluation and improvement of unit-manufacturing processes: injection molding case study. Journal of Cleaner Production, Volume 105, 15 October 2015, s. 157–170.
[2] Elduque A., Elduque D., Javierre C., Fernández A., Santolaria J.: Environmental impact analysis of the injection molding process: analysis of the processing of high-density polyethylene parts. Journal of Cleaner Production, Volume 108, Part A, 1 December 2015, s. 80–89.
[3] Giret A.: Sustainability in manufacturing operations scheduling: A state of the art review, Journal of Manufacturing Systems, Volume 37, Part 1, October 2015, s. 126–140.
[4] Spiering T.: Energy efficiency benchmarking for injection moulding processes, Original Research Article, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 36, December 2015, s. 45–59.
[5] Praca zbiorowa pod red. Sasimowski E.: Przetwórstwo tworzyw polimerowych. Aspekty technologiczne i nowe trendy. Część 1. Lublin 2015.
[6] Kent R., Energy management in plastics processing, Plastics, Rubber and Composites, 2008 vol. 37.
[7] Low Energy Plastics Processing, Reduced Energy Consumption In Pla- stics Engineering European Best Practice Guide, Intelligent Energy – Europe Programme 2006.
[8] T. Jachowicz, M. Iwanicki, Charakterystyka wtryskarek elektrycznych, Teka Kom. Bud. Ekspl. Masz. Elektrotech. Bud. OL PAN, Lublin 2008.
[9] Kent R., 2013, Energy menagement in plastics processing. Strategies, targets, techniques and tools. Plastics Information Direct, London.
[10] Źródło - Loda M.: Benchmarking – nowoczesna koncepcja zarządzania organizacją. Efektywność zarządzania zasobami organizacyjnymi, pod redakcją Piotra Lenika.
[11] Ruijter E.: Industry takes the lead: voluntary agreement on energy efficiency in the EU plastic converting sector. ECEEE 2012 summer study on energy efficiency in industry.
[12] Euromap, Energy Efficiency: Plastics and Rubber Machines Well Placed! www.euromap.org (dostęp 18.10.2016).
[13] http://energy.gov/ U.S. Department of Energy 1000 Independence Ave., SW Washington, DC 20585 (dostęp 25.10.2016).
[14] Plastics – the Facts 2016. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Plastics Europe, Brussels – Belgium 2016. www.plasticseurope.org (dostęp 26.10.2016)
[15] Napędy eco drive http://www.engelglobal.com/pl/ (dostęp 26.10.2016).
[16] K 2016 Preview: Injection Molding, http://www.ptonline.com/ (dostęp 26.10.2016).

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w monografii „Przetwórstwo tworzyw polimerowych aspekty technologiczne i nowe trendy Część 2” pod redakcją Emila Sasimowskiego, s. 170 – 180.

dr inż. Karol Pepliński

Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Al. prof. S. Kaliskiego 7, 87-796 Bydgoszcz

STORK® IMM

INJECTION MOULDING MACHINES

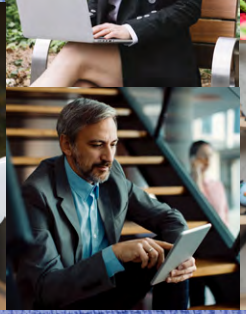
- SOLIDNE
- NIEZAWODNE
- NIEPRAWDOPODOBNIE SZYBKIE

Stork IMM | Alfred Marshallstraat 2 | 7559 SE Hengelo | Królestwo Niderlandów
Przedstawiciel w Polsce: Tomasz Szmigielski | tel. +48 512 360 340 | email: tomasz.szmigielski@esatto.pl | www.esatto.pl

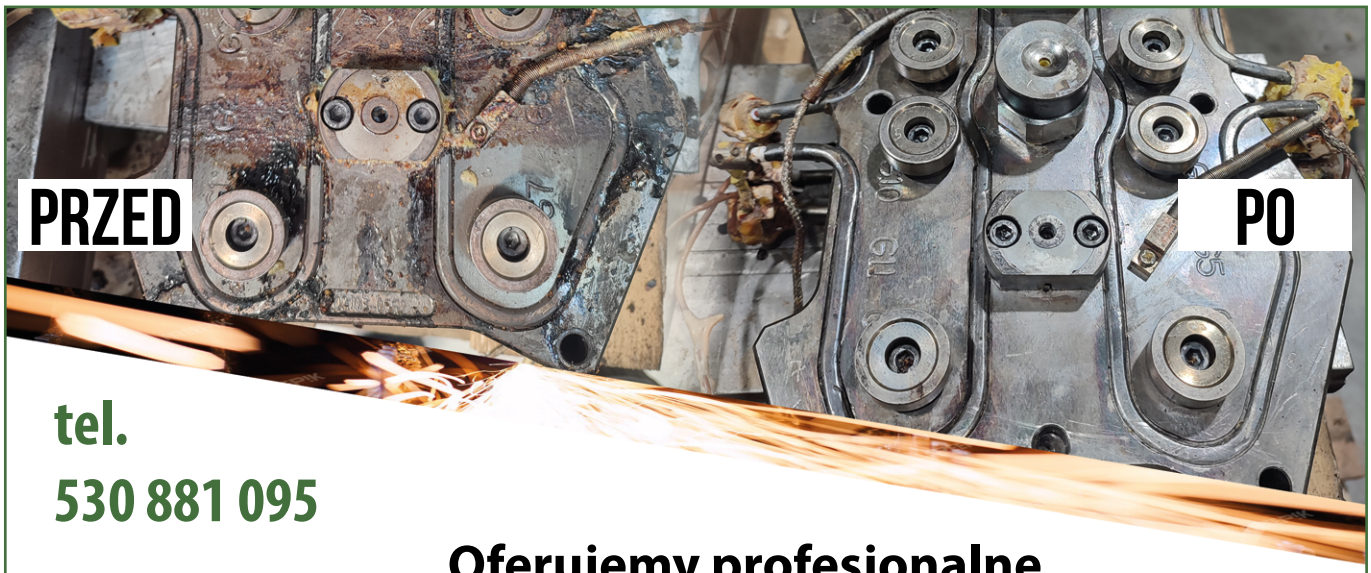
Zapraszamy do czytania E-gazety

Wszystkie pliki można pobrać bezpłatnie

...oni już czytają!



www.tworzywasztuczne.biz



tel.
530 881 095

LASER SKRZYPEK CZYSZCZĄCY

Oferujemy profesjonalne usługi czyszczenia laserem

– usługi czyszczenia laserowego form wtryskowych

– metoda w 100% bezinwazyjna

86-005 Białe Błota, ul. Przylesie 13, Ciele
e-mail: lasery.skrzypek@gmail.com

REKLAMA

Bänninger Formtechnik

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

BANNINGER-FORMTECHNIK przedsiębiorstwo z wieloletnim doświadczeniem oferujące klientom usługi w zakresie projektowania i wykonawstwa form wtryskowych do tworzyw sztucznych, form ciśnieniowych do metali, tłoczników, wykrojników, oprzyrządowania specjalnego oraz obróbki skrawaniem. ONE-STOP Supplier, kompleksowe realizacje : od opracowania dokumentacji konstrukcyjnej przez wykonanie, po próby i dostosowanie u Klienta.

Nowoczesny park maszynowy, możemy zrealizować każdy projekt we własnym zakresie, dostarczając narzędzia w krótkim czasie od momentu zamówienia. Zajmujemy się również modernizacją i naprawą narzędzi. Nasi klienci to firmy z branży motoryzacyjnej, energetycznej, przetwórstwa tworzyw sztucznych

Jesteśmy dystrybutorem elementów znormalizowanych wysokiej jakości do form wtryskowych i tłoczników francuskiej firmy MDL oraz włoskiej firmy Nuova Ret.

Firma posiada System Zarządzania Jakością ISO 9001:2015.

CERTIFIED ISO 9001:2015 COMPANY

ret MDL EROWA WADIM PLAST

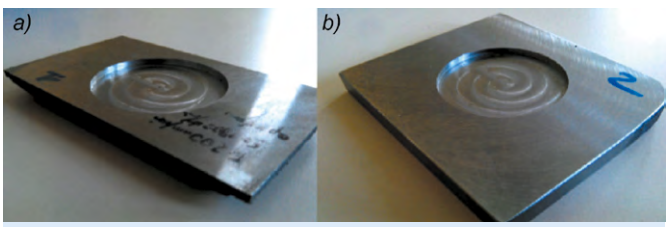
Analiza wpływu sposobu kształtowania powierzchni gniazda formy wtryskowej na wybrane parametry struktury geometrycznej powierzchni 3D

Sara Dudzińska, Daniel Grochała, Dariusz Grzesiak

Przyrostowe technologie wytwarzania, w tym selektywne stapianie laserowe (SLM), stworzyły nowe możliwości efektywnego wytwarzania złożonych geometrycznie elementów. Pomimo niedoskonałości tej technologii (jedną z najważniejszych jest bardzo wysoka chropowatość uzyskanych powierzchni) jej zastosowanie do wstępnego uformowania wytwarzanego elementu i sprowadzenie obróbki skrawaniem do roli końcowego etapu procesu technologicznego, podczas którego zbiera się bardzo niewielki naddatek materiału, może przynieść wymierne korzyści ekonomiczne. Jednakże struktura geometryczna powierzchni (SGP) takich elementów może się znacznie różnić od SGP elementów przygotowanych poprzez obróbkę z pełnego materiału. Autorzy przedstawiają wyniki porównania powierzchni elementów wytworzonych z klasycznego półfabrykatu oraz wstępnie uformowanych z użyciem SLM.

Przetwórstwo wtryskowe należy do najbardziej powszechnych metod wytwarzania elementów z tworzyw polimerowych [1]. Na jakość wypraski mają wpływ zarówno stan powierzchni gniazda formy wtryskowej, jak i parametry procesu oraz zapewnienie równomiernego rozkładu temperatury w formie [2-4]. Dzięki rozwojowi technik szybkiego prototypowania i ich coraz większej popularności możliwe jest uzyskanie dowolnie ukształtowanych kanałów chłodzących (tzw. kanałów konformalnych), co pozwala na zastosowanie intensywnego chłodzenia, a w efekcie skrócenie cyklu procesu wtryskowego [5, 6]. Zastosowanie technik SLM/SLS do wstępnego formowania wkładek form wtryskowych daje dodatkowe korzyści.

Są one związane ze zminimalizowaniem zużycia narzędzi skrawających. Szybkie zużycie narzędzi jest problemem zwłaszcza przy obróbce materiałów trudno skrawalnych lub utwardzonych, a do takich można zaliczyć stale stosowane na formy wtryskowe. Specyfika procesu SLM (m.in. duże gradienty temperatur podczas stapiania, możliwość występowania porowatości) powoduje, że powierzchnia elementów uzyskanych w procesie technologicznym zakładającym wyłącznie obróbkę wykończeniową wstępnie uformowanej za pomocą SLM geometrii może się okazać diametralnie różna od przygotowanej klasycznie, czyli za pomocą obróbki z pełnego materiału.



Rys. 1. Powierzchnie frezowanych gniazd formy wtryskowej: a) wstępnie uformowanej metodą SLM; b) obrobionej z pełnego materiału

METODYKA BADAŃ

Materiał badawczy

W Laboratorium Topografii Powierzchni ZUT w Szczecinie wykonano badania powierzchni gniazd wkładek form wtryskowych. Wkładki przygotowano w dwóch różnych procesach technologicznych.

Pierwszą wstępnie uformowano metodą SLM z proszku stali H13, a następnie gniazdo formy zostało obrobione przez frezowanie z prędkością skrawania v_c = 45 m/min, posuwem f_n = 200 mm/min oraz głębokością skrawania a_p = 1 mm. Druga wkładka powstała z przygotówki ze stali H13, pochodzącej z klasycznego procesu metalurgicznego z huty. Gniazdo zostało wyfrezowane z takimi samymi parametrami. Na rys. 1 pokazano powierzchnie badanych gniazd wkładek form wtryskowych.

Metodyka pomiarów

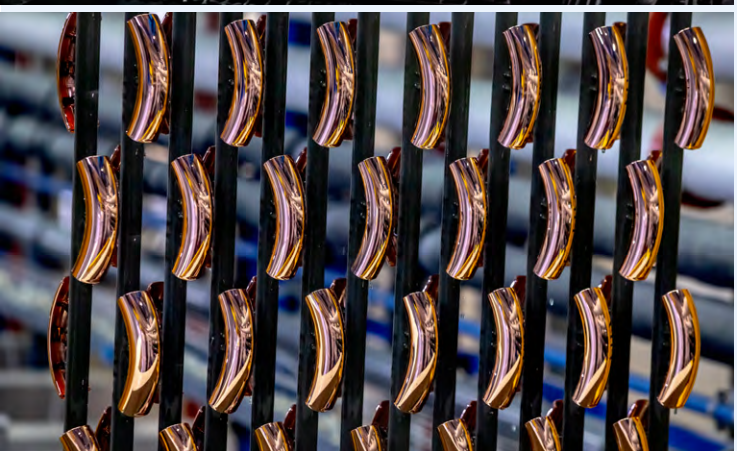
Pomiary SGP badanych próbek przeprowadzono z użyciem multisensorycznej maszyny do badań topografii powierzchni AltiSurf A520, firmy Altimet. Wykorzystano chromatyczny sensor konfokalny CL1 o zakresie pracy do 130 µm i rozdzielczości pionowej 8 nm. Metoda pomiarowa była zgodna z warunkami opisanymi w normie: PN-EN ISO 25178-602:2010. Pomiary wykonano na wybranych polach o wymiarach 4 × 4 mm. Zebrane dane poddano analizie i opracowano topografię powierzchni zgodnie z normą ISO 25178 z wykorzystaniem oprogramowania AltiMap PREMIUM 6.2. Każdorazowo dla zarejestrowanej chmury punktów powierzchni stosowano metodę analizy topografii powierzchni, która obejmowała:

- skanowanie badanej powierzchni o wymiarach 4,0 × 4,0 mm,
- wyodrębnienie fragmentu zeskanowanej powierzchni o wymiarach 2 × 2 mm,
- wyznaczenie na każdym z wyodrębnionych pól pomiarowych wartości progowej w celu usunięcia błędnie zebranych punktów powierzchni (punkty usuwane ustawiono jako wartości niemierzone),
- poziomowanie powierzchni (płaszczyzną średnią, wyznaczaną metodą najmniejszych kwadratów LS),
- wyznaczenie wartości wybranych stereometrycznych parametrów chropowatości według ISO 25178.

WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki dla obrobionych powierzchni gniazda wkładek form wtryskowych wytworzonych z półfabrykatu oraz wstępnie uformowanych z użyciem SLM przedstawiono w tabeli 1.

Otrzymane średnie wartości wysokościowych parametrów



Galwanizowanie tworzyw
Lakierowanie tworzyw

Mówią o nas „Specjaliści w dziedzinie przetwórstwa tworzyw sztucznych."

KLG Sp. z o.o., powstała w 2004 roku w Bydgoszczy, jako połączenie dwóch renomowanych firm, niemieckiej – Keune & Lauber GmbH – specjalizującej się w przetwórstwie tworzyw sztucznych oraz polskiej narzędziowni – GGS Technologies Sp. z o.o. – znanej z produkcji form wtryskowych.

Oprócz produkcji metodą wtrysku, firma postawiła sobie nowe cele strategiczne, skupiając się na obróbce powierzchniowej detali z tworzyw sztucznych.

Produkty z tworzyw sztucznych wykańczamy metodą natryskową – lakierem wodnym i rozcieńczalnikowym.
Znacząca część naszych wyprodukowanych detali jest poddawana dalszej obróbce, w pełni automatycznej kabinie lakierniczej firmy Venjakob. Tam przeprowadzane są procesy obróbki powierzchniowej, w tym laserowe "trawienie" napisów i symboli oraz techniką tamponowania.

Powlekamy tworzywa ABS oraz PC/ABS chromem metodą galwaniczną.
Nasza linia galwaniczna, o częstotliwości 6 minut, została wyposażona w zespół 126 specjalnych wanien, zapewniającą efektywną obróbkę.

Jednak to, co wyróżnia naszą technologię, to możliwość przerwania procesu galwanizacji, aby przeprowadzić dodatkowe wytrawianie laserowe (tzw. "day and night design"). Jest to rozwiązanie bezprecedensowe w Polsce.

W KLG Sp. z o.o. nieustannie dążymy do innowacji, zapewniając naszym klientom wyjątkową jakość i elastyczność w procesach obróbki tworzyw sztucznych.

KEUNE
LAUBER
GOLEBIOWSKI

KLG Sp. z o.o.
ul. Smoleńska 37, 85-871 Bydgoszcz
tel. +48 52 363 96 00
https://www.klg.pl

Tabela 1. Wartości wybranych parametrów topografii powierzchni gniazda formy wtryskowej wstępnie uformowanej z wykorzystaniem SLM oraz obrobionej z pełnego materiału

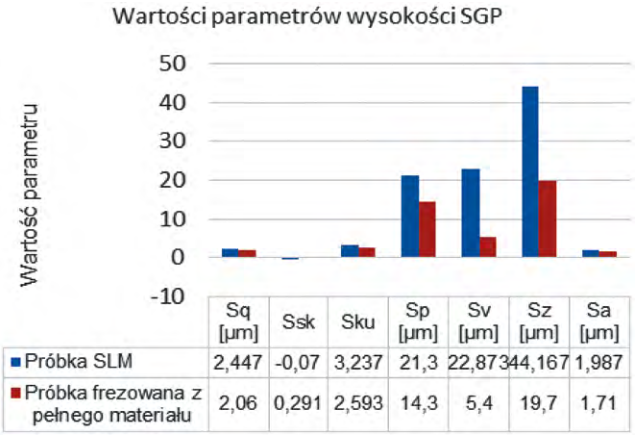
Nazwa parametru	Wartość parametru dla powierzchni gniazda formy wstępnie uformowanej przez SLM	Wartość parametru dla powierzchni gniazda formy obrobionej z pełnego materiału
Sq	2,447	2,060
Ssk	-0,070	0,291
Sku	3,237	2,593
Sp	21,3	14,3
Sv	22,873	5,40
Sz	44,167	19,70
Sa	1,987	1,71
Sk	1,153	0,634
Svk	0,636	0,2457
Sal	0,307	0,455
Str	0,167	0,316
Std	42,567	34,663

powierzchni 3D dla obu powierzchni gniazd wkładek form wtryskowych przedstawiono na rys. 2. Można zauważyć wyższe wartości zarówno parametrów wysokościowych, jak i funkcyjnych powierzchni gniazda wkładki formy wtryskowej wstępnie uformowanej z użyciem SLM.

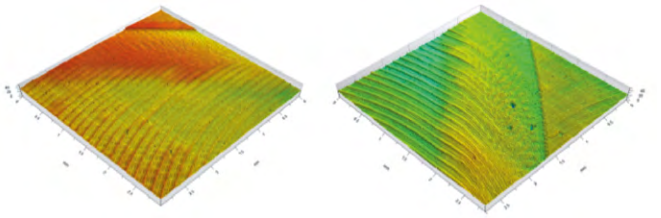
Na rys. 3 i 4 przedstawiono przykładowe zarejestrowane podczas badań powierzchnie obu gniazd w postaci obrazów izometrycznych, z których zostały usunięte punkty niemierzone. Na powierzchni gniazda wkładki wstępnie uformowanej przez selektywne stapianie jest widoczna charakterystyczna dla tego procesu porowata struktura. Może ona utrudniać wypełnienie gniazda formy wtryskowej przez tworzywo. Aby usunąć porowatość, należałoby przeprowadzić dokładną obróbkę wykończeniową, poprawiającą stan SGP.

PODSUMOWANIE

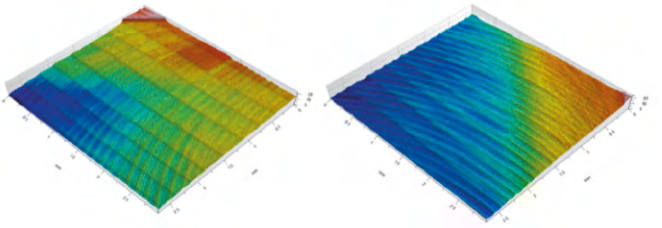
Pomimo zastosowania tych samych parametrów obróbki powierzchni gniazda formy wtryskowej parametry SGP różnią się między sobą. Powierzchnia gniazda wkładki formy wtryskowej, która została przygotowana z elementu wstępnie uformowanego techniką SLM, charakteryzuje się wyższymi wartościami parametrów wysokości oraz parametrów funkcyjnych (o ok. 20%,



Rys. 2. Średnie wartości wybranych parametrów wysokościowych SGP 3D dla powierzchni gniazda formy wtryskowej wstępnie uformowanej przez SLM i wytworzonej z prefabrykatu



Rys. 3. Obrazy izometryczne wybranych powierzchni gniazda formy wtryskowej wstępnie uformowanej przez SLM



Rys. 4. Obrazy izometryczne wybranych powierzchni gniazda formy wtryskowej uzyskanej za pomocą obróbki z pełnego materiału

a w niektórych przypadkach nawet o 80%). Ma to związek z porowatością, która jest charakterystyczna dla elementów otrzymanych technikami SLM/SLS. Aby poprawić gładkość powierzchni gniazda formy, należałoby przeprowadzić dodatkową obróbkę wykończeniową.

Zapoczątkowane badania będą kontynuowane. Bardzo ważne będzie powiązanie SGP gniazda formy wtryskowej z SGP powstałej wypraski. Stworzenie parametru, który wskazywałby taki związek, nie tylko umożliwiłby lepszą ocenę jakości gotowego wyrobu, ale także ułatwiłby zaplanowanie procesu technologicznego wytworzenia form wtryskowych.

LITERATURA

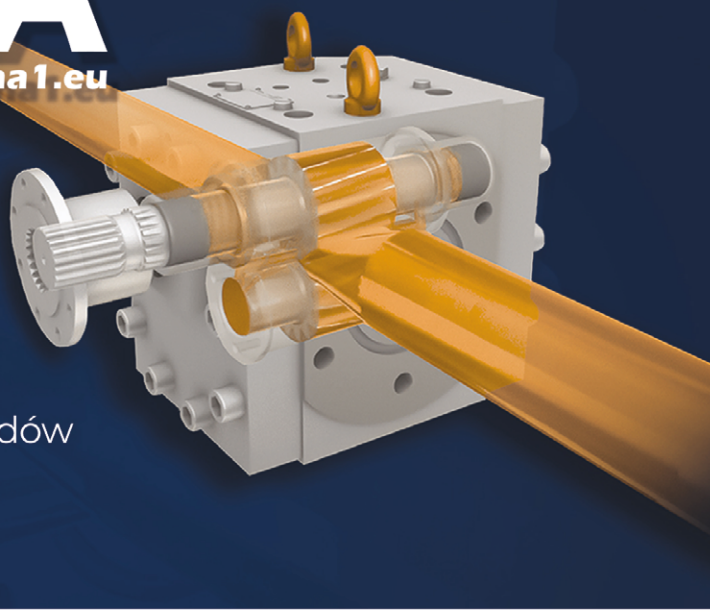
[1] Osswald T.A., Menges G. Material Science of Polymers for Engineers. Munich: Carl Hanser Verlag, 2012.
[2] Wang W., Zhao G., Guan Y., Wu X., Hui Y. Effect of rapid heating cycle injection mold temperature on crystal structures, morphology of polypropylene and surface quality of plastic parts. Journal of Polymer Research. Vol. 5, No. 22 (2015): pp. 1-11.
[3] Chen S.C., Jong W.R., Chang J.A. Dynamic mold surface temperature control using induction heating and its effects on the surface appearance of weld line. Journal of Applied Polymer Science. Vol. 101, No. 2 (2006): pp. 1174-1180.
[4] Xiao C.L., Huang H.X., Yang X. Development and application of rapid thermal cycling molding with electric heating for improving surface quality of microcellular injection molded parts. Applied Thermal Engineering. 100 (2016): pp. 478-489.
[5] Postawa P. Chłodzenie konformalne form wtryskowych. Rozdział w monografii. TeKa Komisji Budowy i Eksploatacji Maszyn, Elektrotechniki, Budownictwa. Nr 2 (2008): s. 129-131.
[6] Wang Y., Yu K.M., Wang C.C. Spiral and conformal cooling in plastic injection molding. Computer-Aided Design. Vol. 63 (2015): pp. 1-11.

Artykuł został zamieszczony w czasopiśmie „Tworzywa Sztuczne w Przemyśle" nr 2/2019.

mgr inż. Sara Dudzińska, dr inż. Daniel Grochała, dr inż. Dariusz Grzesiak
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

CORONA

www.corona1.eu



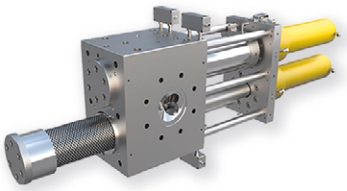
POMPY MASY MAAG

Poprawiają procesy wytłaczania,
stabilizują ciśnienie, eliminują pulsację,
skracają czas rozruchu, zmniejszają ilość odpadów

JESTEŚMY NA TARGACH **PLASTPOL**

21-24 maja, stoisko A-62

GRANULATORY MAAG
Rozwiązania dla procesów produkcji granulatu i pelletu



ZMIENIACZE SIT MAAG
Filtracja zanieczyszczeń w procesach wytłaczania i recyklingu

PULWERYZATORY MAAG
Do rozdrabniania materiału na proszek

DYSZE PRZĘDZALNICZE
Do formowania włókien sztucznych i syntetycznych

EKSTRUDERY
Oraz części zamienne do wytłaczarek dwuślimakowych

MASTERBATCHE
Dodatek do tworzyw nadający różne właściwości

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

NASI PARTNERZY:

WITTE

MAAG Group
a DOVER company

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

BRINPOL
SINCE 1994

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

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

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

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

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

Zalety dozowników oferowanych przez firmę BRINPOL:

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

Specyfikacja techniczna wybranych modeli dozowników

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

Przedsiębiorstwo Handlowo-Usługowe
BRINPOL Jarosław Brinken
ul. Królewska 35, 05-502 Bogatki
tel. 22-757 36 51
tel. kom. 501 041 986
brinpol@brinpol.com.pl, www.brinpol.com.pl

REKLAMA

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

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

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

Zalety dozowników oferowanych przez firmę BRINPOL:

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

BRINPOL
SINCE 1994

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

05-502 Bogatki • ul. Królewska 35 • tel. 22-757 36 51 • tel. kom. 501 041 986 **www.brinpol.com.pl**

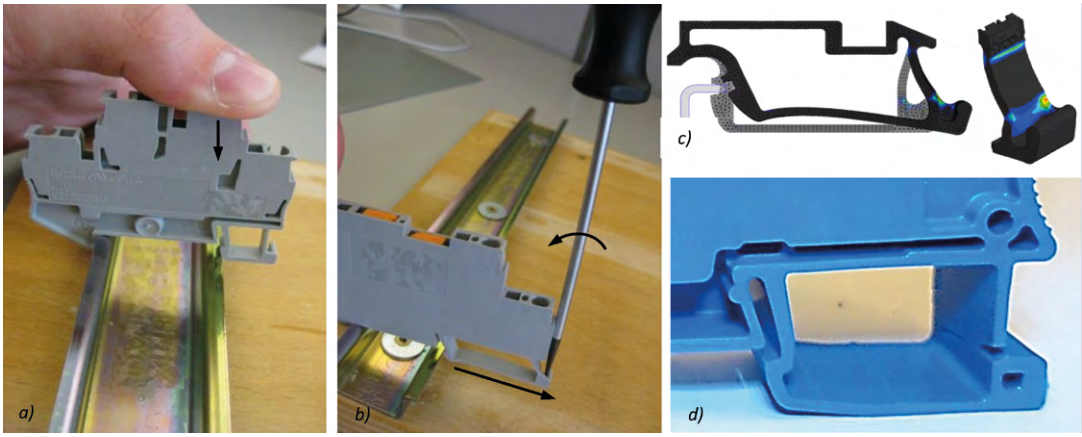
Wpływ nagrzewania indukcyjnego form wtryskowych na niezawodność złączy elektrycznych

Krzysztof Mrozek, Paweł Muszyński, Przemysław Poszwa

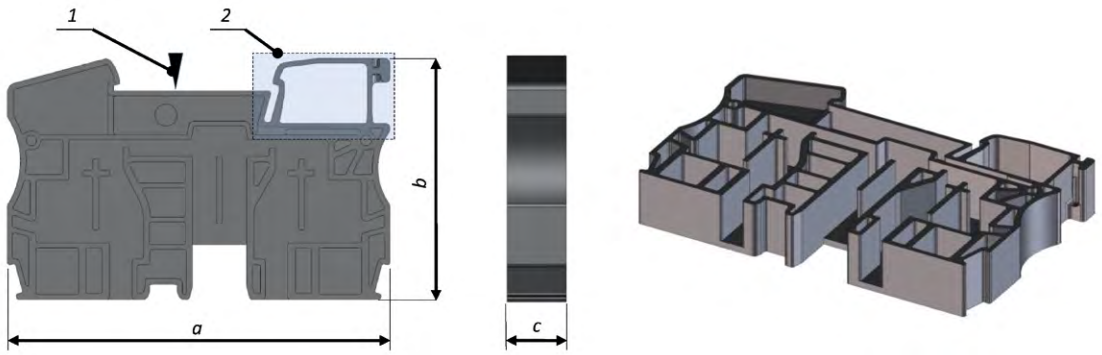
Elementy elektryczne i elektroniczne stanowią obecnie nieodłączne komponenty budowy maszyn, urządzeń i pojazdów. Zważywszy na fakt, że często bezpośrednio odpowiadają za bezpieczeństwo użytkowników, wymaga się od nich wysokiej niezawodności [28]. Wobec ciągłych dążeń do miniaturyzacji rośnie liczba problemów związanych z zachowaniem niezawodności tychże elementów [25, 30]. Autorzy, B. Sun, A. Wymysłowski et al., badali problemy eksploatacyjne elementów elektroniki, które wynikają bezpośrednio z miniaturyzacji. Problemy związane z miniaturyzacją nie dotyczą tylko i wyłącznie elektroniki. Redukcja masy i wymiarów gabarytowych stanowi duże utrudnienie dla konstruktorów i wykonawców obudów, które zazwyczaj są wykonywane z tworzywa w technologii wtryskiwania [24]. Z uwagi na swoje właściwości izolacyjne, łatwość formowania i niską cenę, tworzywa sztuczne stały się podstawowym materiałem wykorzystywanym do produkcji obudów właśnie w technologii wtryskiwania.

Spośród wszystkich parametrów wtryskiwania kluczowa jest temperatura powierzchni formujących podczas wypełniania gniazda przez płynące tworzywo [1, 2, 20, 27]. W pracy [17] przedstawiono wpływ nagrzewania indukcyjnego na proces produkcji cienkościennych wyrobów z tworzyw sztucznych. Również Chang et al. dowiedli, że zastosowanie wysokiej temperatury gniazda formującego pozwala na produkcję wyrobów o dobrej estetyce [5-8]. Podczas konwencjonalnego procesu wtryskiwania wykorzystuje się stałotemperaturowe formy wtryskowe. Różnica temperatur między płynącą strugą tworzywa a powierzchnią formującą powoduje, że wraz z przebytą drogą stop wychładza się i wzrasta jego lepkość. Z drugiej strony, w pracy [26] zauważono, że utrata ciepła wtryśniętego tworzywa maleje wraz ze wzrostem prędkości wtrysku, co świadczy o ważności tego parametru podczas przebiegu procesu konwencjonalnego. Powstawanie przymarzniętych warstw redukuje przekrój gniazda, co uniemożliwia wypełnienie najbardziej oddalonych od punktu wtrysku obszarów formowania. Problemy związane z niecałkowitym wypełnieniem gniazda formującego pojawiają się w szczególności podczas przetwórstwa tworzyw o podwyższonej lepkości lub uzupełnionych o różnego rodzaju środki wypełniające (włókna wzmacniające, proszki magnetyczne, talk, uniepalniacze itp.) [32]. Bardzo często temu zjawisku towarzyszą błędy odwzorowania mikrostruktur oraz wady związane z niewłaściwym ukształtowaniem linii łączenia płynących strug tworzywa [3, 13]. Wady będące efektem zastosowania zbyt niskiej temperatury formy oraz podwyższonego ciśnienia wtrysku mogą zostać usunięte w dodatkowych procesach technologicznych. Należy jednak wziąć pod uwagę, że z punktu widzenia ekonomii oraz ekologii wytwarzania korzystniejsze jest prowadzenie produkcji kompleksowej, zawartej w jednej operacji wtryskiwania.

W przypadku technologii dynamicznych zmian temperatury formy gniazdo formujące nie ma jednej stałej temperatury pracy. Temperatura w formie zmieniana jest celowo w sposób zsynchronizowany z pracą wtryskarki, zgodnie z założonym przez technologa profilem. W momencie wtrysku powierzchnie formujące są nagrzane do temperatury bliskiej wartościom temperatury wtryskiwanego stopu tworzywa. Po wtrysku rozpoczyna się proces intensywnego schładzania formy. Dzięki temu możliwa jest produkcja części o wysokim stopniu połysku pozbawionych deformacji i widocznych linii płynięcia tworzywa [31] oraz elementów cienkościennych, w przypadku których często dochodzi do niecałkowitego wypełniania gniazda formującego. Reologia tworzyw sztucznych, z powodu ich nienewtonowskiego charakteru, bezpośrednio wiąże się z temperaturą przetwórstwa [33]. W przeciwieństwie do płynów newtonowskich, lepkość płynącego stopu nie jest wartością stałą w warunkach izobarycznych, lecz zmienia się wraz ze zmianą prędkości ścinania [34]. Techniki cyklicznej regulacji temperatury gniazda formy dają wytwórcy



Rys. 1. Przykładowe złącze elektryczne wyposażone w zaczep elastyczny: a) montaż złącza na szynie, b) proces demontażu wyrobu przy użyciu wkrętaka, c) koncentracja naprężeń w stopie montażowej w trakcie procesu demontażu, d) zjawisko pękania stopy montażowej podczas deformacji zaczepu



Rys. 2. Model obudowy złącza elektrycznego wyposażonego w elastyczne elementy złączne: a = 80,2 mm, b = 50,6 mm, c = 12,2 mm, 1 – punkt wtrysku, 2 – obszar formowania elastycznej stopy montażowej zakwalifikowany do selektywnego nagrzewania indukcyjnego

możliwość świadomego wpływania na przebieg i rozkład temperatur w gnieździe. Zgodnie z opracowaniem Huang et al., poprzez zwiększoną temperaturę ścian formujących zatrzymuje się proces przedwczesnego wychładzania tworzywa, co umożliwia całkowite wypełnienie gniazda oraz zapewnia wysoką jakość odwzorowania mikrostruktur [14, 19]. Dzięki temu uzyskuje się w procesie wtrysku dokładniejsze odwzorowanie powierzchni przy znacząco niższym oporze wypełniania formy tworzywem [29]. Jakość odwzorowania powierzchni stanowi obecnie coraz większe wyzwanie [11]. Z kolei podczas fazy docisku występuje lepsza propagacja ciśnienia w całej objętości wypraski. Występują więc mniejsze gradienty ciśnienia pomiędzy punktem wtrysku i najdalej oddalonymi od niego miejscami na drodze płynięcia tworzywa. Zgodnie z analizą przeprowadzoną przez Liparoti et al. przekłada się to na obniżenie zamrożonych w wyprasce naprężeń oraz mniejsze wartości, a także różnice orientacji skurczu [15]. Korzyść ta staje się widoczna szczególnie wtedy, gdy cyklicznym sterowaniem temperaturą gniazd formujących objęte są obie połówki formy. Spośród wielu metod szybkiego nagrzewania wiele korzyści daje nagrzewanie indukcyjne [9]. Główną zaletą wysokoczęstotliwościowego nagrzewania indukcyjnego jest przede wszystkim możliwość grzania powierzchniowego (bez dużych objętości), co jest nazywane efektem naskórkowości. Istnieje wiele publikacji opisujących wpływ nagrzewania indukcyjnego na jakość wyprasek i proces produkcyjny [22, 23]. Szeroko badane są również mechanizmy powstawania linii łączenia płynących strug tworzywa [3, 4]. Literatura jest jednak pozbawiona opracowań na temat wpływu nagrzewania indukcyjnego na eksploatację i niezawodność wyrobów z tworzyw sztucznych. W ramach pracy Autorzy podjęli się zdefiniowania problemu eksploatacji obudów złączy elektrycznych montowanych na szynie. Opracowanie zawiera wyniki badań symulacyjnych produkcji obudów, nagrzewania indukcyjnego wybranych obszarów formujących i badań eksperymentalnych polegających na wyprodukowaniu i eksploatacji grupy 1000 wyprasek badawczych.

DEFINICJA PROBLEMU

Na rysunku 1 przedstawiono proces montażu oraz demontażu złącza elektrycznego na szynie. Obudowa złącza została wyposażona w zamknięty zaczep elastyczny, który powszechnie wykorzystywany jest w przemyśle elektrotechnicznym.

Dociśnięcie obudowy do szyny powoduje chwilowe odkształcenie sprężyste stopy (rys. 1a). Demontaż odbywa się poprzez odciągnięcie zaczepu wkrętakiem lub innym narzędziem (rys. 1b). Jak można zaobserwować (rys. 1c), największe naprężenia gromadzą się w obszarze stopy (badania symulacyjne naprężeń przedstawiono w sposób poglądowy). Problem stanowi fakt, iż miejscem koncentracji naprężeń staje się obszar łączenia płynących strug tworzywa. W przypadku gdy czoła płynącego stopu są zbyt przechłodzone, wytworzenie wystarczająco mocnych wiązań polimerowych jest niemożliwe. Skutkuje to pękaniem zaczepu podczas demontażu, co w efekcie dyskwalifikuje wyrób z dalszego użytku (rys. 1d). Wypraska przedstawiona na rys. 2 stanowi prototypową obudowę złącza elektrycznego. Gęste użebrowanie pozwala na uzyskanie dużej sztywności wyrobu oraz umożliwia montaż elementów przewodzących.

Wyrób został zaprojektowany w taki sposób, aby maksymalnie zredukować jego masę. Górną część wypraski wyposażono w zespół mocowania. Elastyczna stopa montażowa umożliwia wpinanie i wypinanie złącza na szynie montażowej.

BADANIA SYMULACYJNE WYPEŁNIANIA GNIAZDA FORMUJĄCEGO

Aby poprawnie odczytać problemy związane z montażem i demontażem złączy elektrycznych, konieczne było przeprowadzenie symulacji płynięcia tworzywa wewnątrz gniazda formującego. W tym celu oparto się na modelu Cross-WLF. Polimery są cieczami nienewtonowskimi i ich właściwości ściśle zależą od temperatury [33]. W przeciwieństwie do cieczy newtonowskich ich lepkość η nie jest wartością stałą i zależy od naprężenia tnącego τ i szybkości ścinania $\dot{\gamma}$ (1):

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \tag{1}$$

Lepkość polimerów spada wraz ze wzrostem szybkości ścinania $\dot{\gamma}$ [10, 34]. W celu wyznaczenia lepkości użyto modelu Crossa (2):

$$\eta = \frac{\eta_0}{1+\left(\frac{\eta_0 \dot{\gamma}}{\tau^*}\right)^{1-n}} \tag{2}$$

Do wyznaczenia zależności lepkości η od temperatury T zastosowano zależność Williamsa-Landela-Ferry'ego (3):

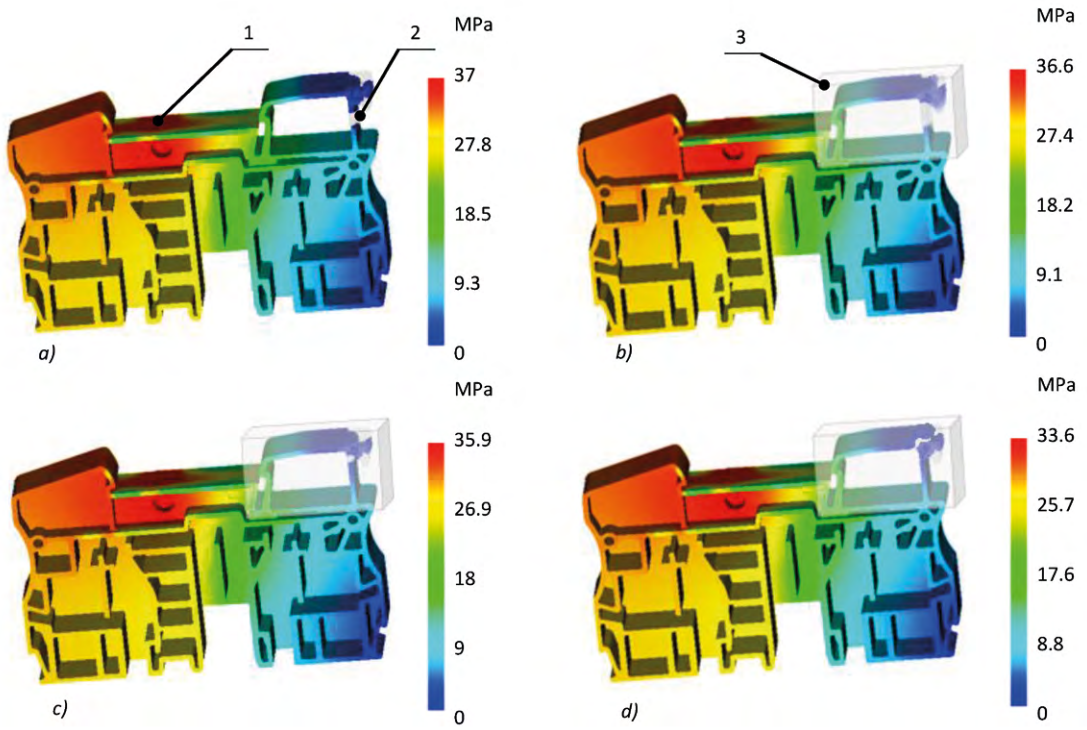
$$\eta_0 = D_1 exp\left[-\frac{A_1(T-T^*)}{A_2+(T-T^*)}\right] \tag{3}$$

gdzie D_1, A_1, A_2 są stałymi materiałowymi, T^* jest temperaturą odniesienia. Równania 1-3 są nazywane modelem Cross-WLF.

Badania symulacyjne przeprowadzono przy użyciu programu Autodesk Moldflow Insight 2013. Parametry do badań symulacyjnych wypełnienia gniazda formującego przedstawiono w tabeli 1.

Płynące strugi tworzywa w pierwszej kolejności wypełniają korpus wypraski, a dopiero w końcowej fazie formowana jest stopa montażowa. Stopa swym kształtem stanowi pętlę zamkniętą, co oznacza, że w jej obwodzie następuje łączenie się dwóch strug (rys. 3).

Ponieważ proces ten zachodzi w końcowej fazie wtrysku, ich czoła są już na tyle wychłodzone, że nie ma możliwości utworzenia wytrzymałych wiązań polimerowych. Jako że obszar ten jest narażony na koncentrację naprężeń podczas montażu



Rys. 3. Badania symulacyjne wypełniania gniazda formującego dla obudowy złącza elektrycznego, a) proces konwencjonalny ze stałą temperaturą formy, b) temperatura obszaru nagrzewanego indukcyjnie wynosi 130 ˚C, c) temperatura obszaru nagrzewanego indukcyjnie wynosi 150 ˚C, d) temperatura obszaru nagrzewanego indukcyjnie wynosi 170 ˚C, 1 - punkt wtrysku, 2 - obszar łączenia płynących strug tworzywa, 3 - obszar formy nagrzewany indukcyjnie

Tabela 1. Parametry wejściowe do badań symulacyjnych dla trzeciego modelu badawczego

	Technologia konwencjonalna	Nagrzewanie indukcyjne
Materiał wtryskiwany	PA 66 (Frianyl A63 RV0 Frisetta)	PA 66 (Frianyl A63 RV0 Frisetta)
Temperatura tworzywa [˚C]	270	270
Temperatura formy [˚C]	70 – całe gniazdo	70 - gniazdo/ 130; 150; 170 – nagrzewanie indukcyjne
Czas wypełniania [s]	0,8	0,8
Czas dopakowania [s]	2	2
Czas chłodzenia [s]	8	8,1
Ciśnienie wtrysku [MPa]	37	36,6; 35,9; 33,6
Ciśnienie dopakowania [MPa]	29,6	28.7

i demontażu wyrobu, często dochodzi do jego pękania. W teorii rozwiązaniem problemu byłaby lokalizacja przewężki bezpośrednio na stopie montażowej, jednak z przyczyn technologicznych jest to ekonomicznie nieuzasadnione. Złącza elektryczne tego typu produkowane są w tak dużych ilościach, że układ wtrysku zimnokanałowego został wyparty przez system wtrysku bezpośredniego (gorącokanałowego). Z przyczyn ekonomicznych, na potrzeby eksperymentu zastosowano układ zimnokanałowy. Na podstawie zrealizowanych badań symulacyjnych stwierdzono, że lokalne podwyższenie temperatury w obszarze formowania stopy montażowej spowodowało przesuniecie linii łączenia poza obszar koncentracji naprężeń. Nastąpiła nieznaczna redukcja ciśnienia, co wynika z niewielkiego udziału obszaru o podwyższonej temperaturze względem całej powierzchni wnęki formującej. Wyniki pokazują, że eksploatacja złączy elektrycznych powinna ulec poprawie po nagrzaniu obszaru formowania stopy montażowej do temperatury 170˚C.

BADANIA NAGRZEWANIA INDUKCYJNEGO FORMY

Proces projektowania i budowy formy wtryskowej do produkcji obudowy złącza elektrycznego (rys. 2) wymagał przeprowadzenia badań symulacyjnych i eksperymentalnych procesu nagrzewania indukcyjnego. Analiza symulacyjna została przeprowadzona z wykorzystaniem metody elementów skończonych (MES) zaimplementowanej w pakiecie QuickField 6.3.1. Wszystkie badania przeprowadzono w przestrzeni 2D (xy) w modułach *AC Magnetics* (analiza elektromagnetyczna) w celu wyznaczenia gęstości prądu, natężenia pola magnetycznego oraz gęstości strumienia magnetycznego na powierzchni wkładki metalowej, a następnie *Transient Heat Transfer* (analiza termiczna niestacjonarna) w celu określenia zmian temperatury na powierzchni w funkcji czasu. Model 2D stanowi przekrój przez wkładkę nagrzewaną i cewkę indukcyjną w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku przepływu prądu przez cewkę. Z uwagi na mnogość nieliniowych relacji między poszczególnymi parametrami trudno jest przewidzieć dokładną wartość temperatury podczas nagrzewania indukcyjnego [21]. Ponadto na proces nagrzewania indukcyjnego wpływ mają nie tylko właściwości materiałowe. Naprężenia wywołane obróbką mechaniczną i obróbka cieplna mogą w znaczący sposób wpłynąć na przebieg procesu nagrzewania. Podstawą rozwiązywania problemów zjawisk elektromagnetycznych są równania Maxwella (4 - 7) [12, 16, 18]:

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \tag{4}$$

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} = J_S + J_e + \frac{\partial D}{\partial t} \tag{5}$$

$$\nabla \cdot D = \rho \tag{6}$$

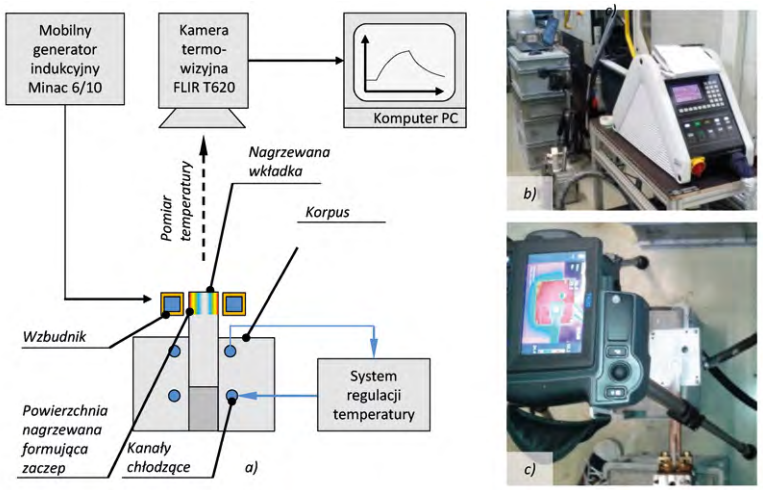
$$\nabla \cdot B = 0 \tag{7}$$

gdzie E to natężenie pola elektrycznego, B to gęstość strumienia magnetycznego, H natężenie pola magnetycznego, J to gęstość prądu, D to gęstość strumienia elektrycznego, J_s to wektor prądu źródłowego, J_e to wektor indukcji, ρ to gęstość ładunku elektrycznego.

Cewkę indukcyjną w kształcie pętli zamkniętej spozycjonowano w taki sposób, aby wkładka formująca stanowiła nagrzewany rdzeń (rys. 4a). Jest to najefektywniejsza metoda nagrzewania indukcyjnego, ponieważ strumień pola magnetycznego przenika w kierunku prostopadłym lub zbliżonym do prostopadłego do powierzchni nagrzewanego wsadu. Zgodnie z założeniami uzyskano bardzo wysokie przyrosty temperatury w krótkim czasie (rys. 4b). Średnia szybkość nagrzewania w czasie 2,5 s wyniosła 210 ˚C/s. Po czasie 1 s zmianie uległ charakter krzywej nagrzewania. Otrzymany przebieg jest wyraźnie zbliżony do zależności liniowej.

W celu weryfikacji wyników uzyskanych drogą symulacyjną, przed opracowaniem konstrukcji i budową prototypu formy wtryskowej, wykonano badania eksperymentalne. Do badań wykorzystano specjalnie przygotowane stanowisko, w którego skład wchodził generator indukcyjny EFD Minac 6/10, dwie wymienne cewki indukcyjne, kamera termowizyjna FLIR T620, komputer, system regulacji temperatury PSG i oprawa z wymiennymi nagrzewanymi wkładami (rys. 5).

Cewkę podłączoną do zasilania oraz układu chłodzenia generatora pozycjonowano względem powierzchni nagrzewanych zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 4. Kamerę termowizyjną podłączoną do rejestratora wyników zainstalowanego na komputerze umieszczono na statywie w odległości 700 mm od nagrzewanych powierzchni. Korpus wykonany ze stali 1.2343 oraz wymienne wkładki z tego samego materiału pokryto specjalną kredą w celu uzyskania jednakowego współczynnika emisyjności na wszystkich powierzchniach pomiarowych. Układ chłodzenia korpusu, który stanowiły dwa rzędy wierconych kanałów o średnicy 6 mm, podłączono do systemu regulacji temperatury. Przed rozpoczęciem procesu nagrzewania indukcyjnego korpus oraz wkładkę nagrzano do temperatury o wartości 50 ˚C odpowiadającej warunkom przetwórstwa poliamidu. Proces nagrzewania, a także temperatura i wartość przepływu wody przez cewkę kontrolowane były z pulpitu sterującego generatora. Temperaturę oraz przepływ chłodziwa przez korpus ustalano z poziomu systemu chłodzenia PSG. Proces badawczy prowadzono w hali wtryskowni w warunkach odpowiadających rzeczywistej produkcji (rys. 5).



Rys. 5. Badania eksperymentalne procesu nagrzewania indukcyjnego wkładki formującej zaczep wypraski: a) schemat, b), c) stanowisko badawcze

W trakcie badań eksperymentalnych wydłużono czas pomiaru z 2,5 do 4,5 s w celu uwzględnienia strat ciepła zachodzących podczas wycofywania cewki indukcyjnej i zamykania formy przy założeniu, że czas ten wyniesie 2 s. Zdjęcia stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 5b i 5c.

Zarejestrowane przez kamerę obrazy przesyłano do komputera PC, na którym zainstalowano oprogramowanie FLIR ResearchIR

Rys. 4. Badania symulacyjne procesu nagrzewania indukcyjnego wkładki formującej zaczep wypraski: a) schemat z zadaną dyskretyzacją w programie QuickField, b) otrzymane wyniki

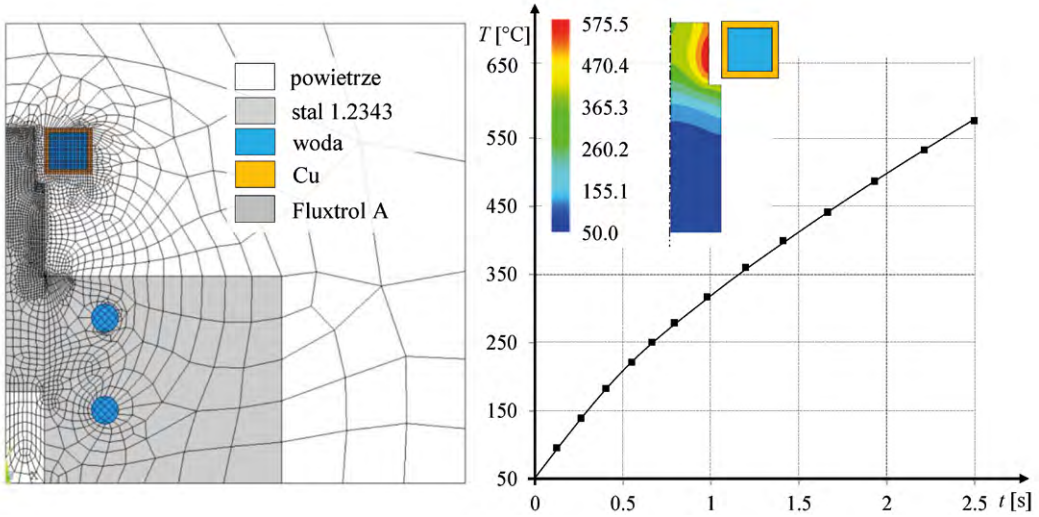
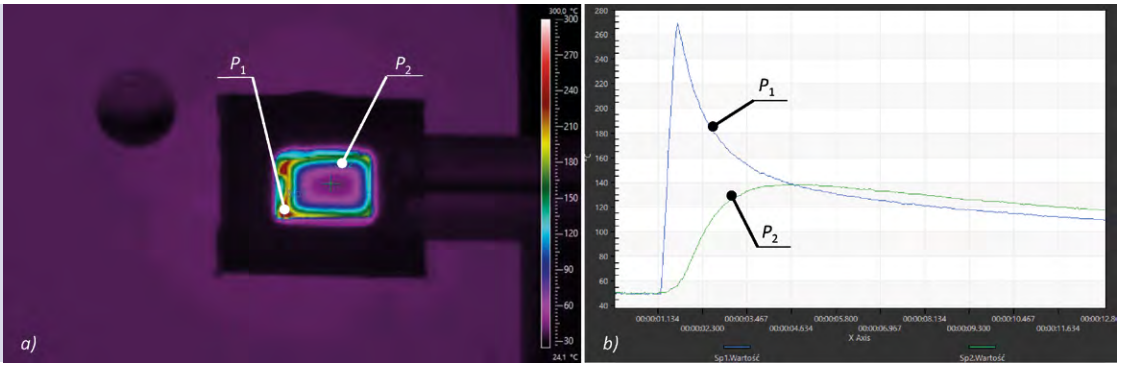
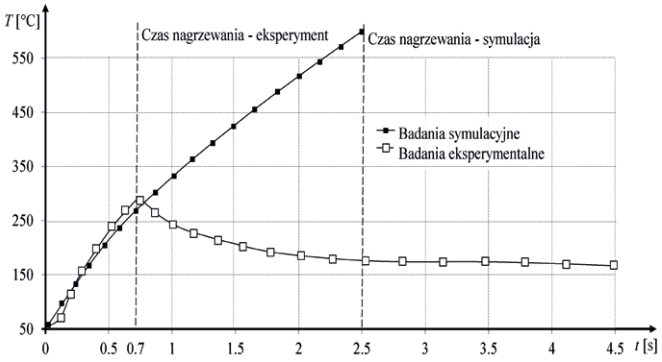


Tabela 2. Dane materiałowe do badań symulacyjnych

Materiał	1.2343	Fluxtrol A	Cu	Woda	Powietrze
Względna przenikalność magnetyczna μ_r	55	130	1	1	1
Przewodność elektryczna σ [s/m]	1e7	5e-5	5,6e7	2e-4	5e-15
Przewodność cieplna K [W/mK]	45	23	380	0,58	0,025
Gęstość ρ [g/cm^3]	7,8	6,6	8,7	1	0,001
Ciepło właściwe C [J/kgK]	460	430	380	4190	1005



Rys. 6. Przykładowe wyniki wyświetlane w programie FLIR ResearchIR MAX: a) termogram, b) wykres, P1 - punkt pomiarowy leżący na ścianie nagrzewanej, P2 - punkt pomiarowy leżący w odległości 1 mm od powierzchni nagrzewanej



Rys. 7. Przebiegi porównawcze procesu nagrzewania dla badań symulacyjnych i eksperymentalnych przy zachowaniu 1 mm szczeliny między cewką a powierzchnią nagrzewaną

MAX. Program umożliwia wyświetlenie wyników w postaci termogramów obrazujących rozkład temperatur na powierzchniach pomiarowych oraz w formie wykresów temperatury w czasie. Podobnie jak w przypadku programu QuickField istnieje możliwość wyboru punktów, dla których odczytywane mają być wartości przyrostu temperatury. Na rys. 6 przedstawiono przykładowy termogram oraz wykres procesu nagrzewania dla dwóch punktów referencyjnych: P_1 - leżący bezpośrednio na ścianie nagrzewanej oraz P_2 - w odległości 1 mm od powierzchni nagrzewanej w głąb materiału. W przeciwieństwie do badań eksperymentalnych badania symulacyjne pozwoliły wyznaczyć rozkład temperatury w przekroju poprzecznym nagrzewanej wkładki. Zatem otrzymany wykres (rys. 4) przedstawia maksymalne wartości temperatur w objętości wkładki, natomiast w trakcie badań eksperymentalnych rejestrowano maksymalne temperatury na powierzchni czołowej (rys. 6).

Podczas badań symulacyjnych nie uwzględniono procesu chłodzenia wkładki po zakończeniu procesu nagrzewania. Proces ten zarejestrowano jednak podczas badań eksperymentalnych. W trakcie badań symulacyjnych po czasie 2,5 s osiągnięto temperaturę bliską 600 °C. Aby uniknąć zniszczenia wkładki formującej, w trakcie pierwszego pomiaru czas nagrzewania ograniczono do 0,5 s. Stal 1.2343 odpuszcza się w zakresie temperatur 400 - 550 °C, dlatego maksymalną temperaturę pracy w tym przypadku ustalono na wartość 300 °C. Drugim kryterium było otrzymanie temperatury zbliżonej do 150 °C po czasie 2 s od momentu zakończenia nagrzewania. Założenia zostały spełnione dla czasu nagrzewania równego 0,7 s, osiągając temperaturę maksymalną równą 278 °C oraz 178,5 °C po upływie 2 s od momentu wyłączenia wzbudnika.

Tabela 3. Parametry procesu w trakcie badań eksperymentalnych

Parametr	Wartość
Temperatura otoczenia [°C]	24,8
Natężenie prądu w cewce [A]	828*
Pole przekroju poprzecznego cewki [m^2]	3,6e-5
Gęstość prądu elektrycznego wzbudnika [A/m^2]	2,3e7
Częstotliwość wzbudnika [kHz]	25
Przepływ wody przez cewkę [l/min]	6
Temperatura wody na wejściu do cewki [°C]	35
Temperatura początkowa korpusu i wkładki [°C]	50
Przepływ wody przez korpus [l/min]	6
Temperatura na wejściu do korpusu [°C]	50
Średnica kanałów chłodzących [mm]	6
Czas nagrzewania [s]	2,5
Czas pomiaru [s]	4,5

** Wartości prądu dobrano zgodnie z zaleceniem producenta generatora indukcyjnego dla danego typu cewki*

Rys. 8. Przygotowanie gniazda formującego: a) wykonanie otworów pod wypychacze w technologii elektrodrążenia drutowego, b) wykonanie kształtów formujących użebrowanie wypraski

huzap

HUZAP GMBH

„Być z Klientem w ciągłym dialogu”

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

Program dostaw firmy Huzap GmbH obejmuje:

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

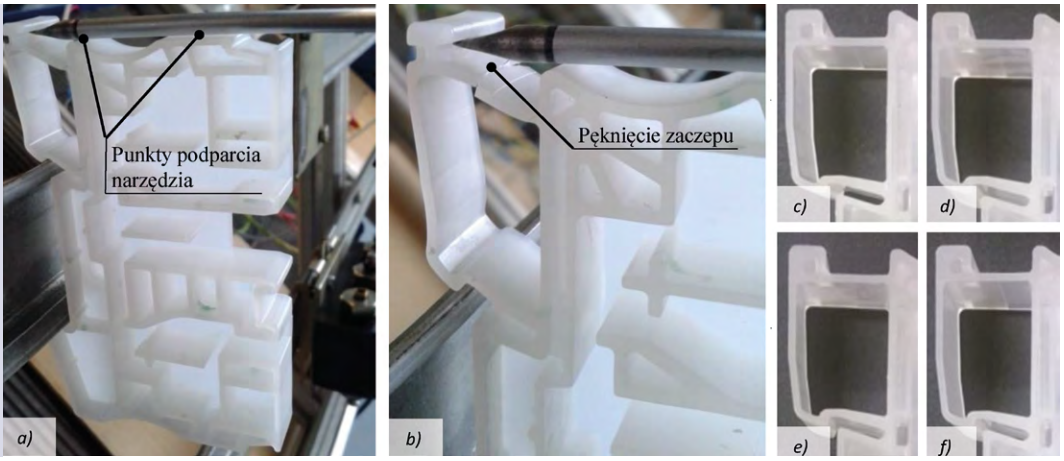
Obsługa Klienta i części zamienne
Zakład produkcyjny

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

Qualidata Zertifizierung ISO 9001

Zapraszamy na nasze stoisko podczas Targów PLASTPOL w Kielcach
Nasz numer stoiska to C-61

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



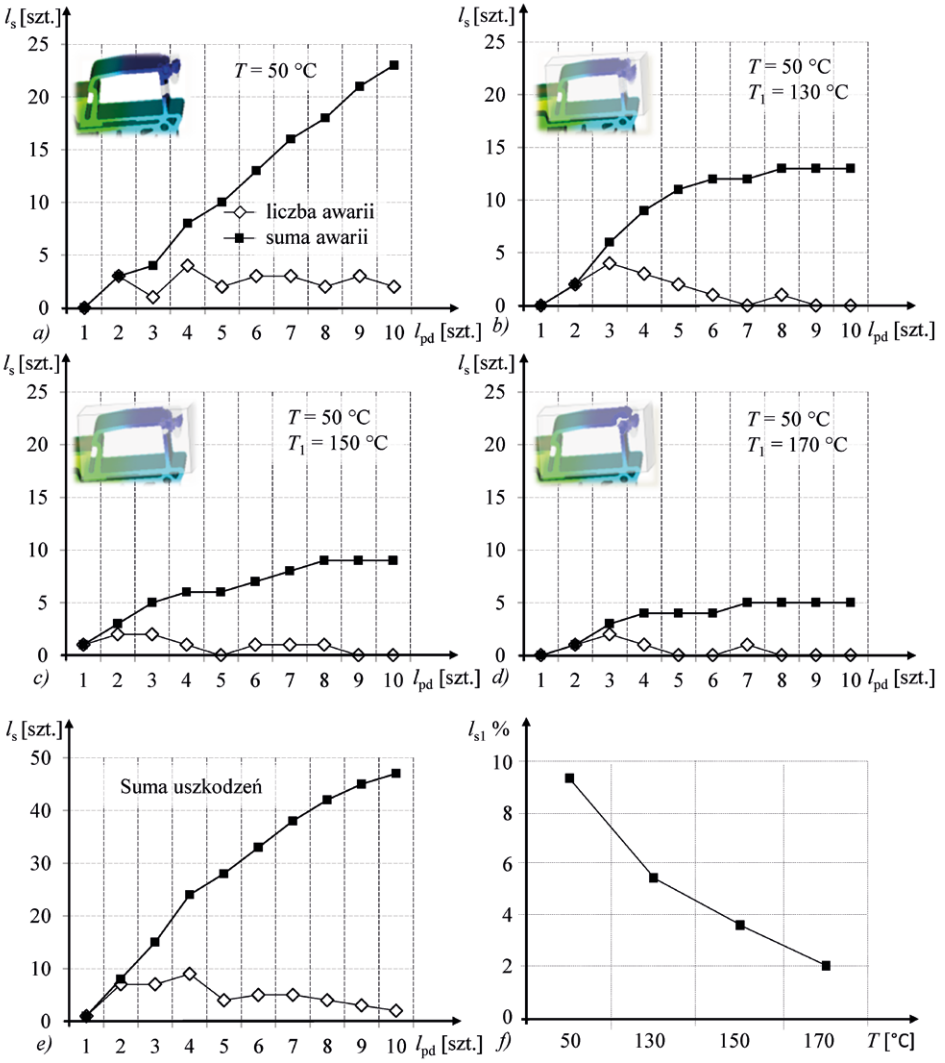
Rys. 9. Próbki wykonane na potrzeby badań montażowych: a) proces demontażu obudowy z szyny, b) zjawisko pękania zaczepu elastycznego podczas demontażu obudowy, c) widok zaczepu wykonanego w technologii konwencjonalnej, d) widok zaczepu wykonanego z wykorzystaniem nagrzewania indukcyjnego, T = 130˚C, e) T = 150˚C, f) T = 170˚C

Nieznaczne różnice temperaturowe dla badań symulacyjnych i eksperymentalnych wynikają najprawdopodobniej z nieuwzględnienia w modelu teoretycznym parametrów materiałowych powiązanych z przeprowadzoną wcześniej obróbką cieplną i mechaniczną. Niejednorodność struktur krystalograficznych wynikających z dyslokacji, naprężeń szczątkowych i defektów składu fizykochemicznego utrudniają przemieszczanie się ścian domenowych pod wpływem zmian pola magnetycznego. Zjawisk tych nie można wyznaczyć w sposób symulacyjny, a przeprowadzenie ich metodami doświadczalnymi wymaga zastosowania specjalistycznego sprzętu laboratoryjnego. Niemniej jednak badania eksperymentalne odzwierciedlają zależności uzyskane drogą symulacyjną i po czasie 0,7 s osiągnięto temperaturę powyżej 270˚C.

BADANIA EKSPERYMENTALNE

W oparciu o badania symulacyjne opracowano konstrukcję i zbudowano formę wtryskową do produkcji obudów złączy elektrotechnicznych montowanych na szynie. Forma pozwala na produkcję wyrobów w technologii konwencjonalnej – ze stałą temperaturą gniazda lub z wykorzystaniem selektywnego nagrzewania indukcyjnego.

Gniazdo formujące zaprojektowano w taki sposób, aby możliwe było nagrzewanie tylko wytypowanego obszaru formowania elastycznego zaczepu do zadanej temperatury. Próbki eksperymentalne wykonano na wtryskarce Demag 35 o średnicy ślimaka wynoszącej 22 mm. Parametry technologiczne przedstawiono w tabeli 4. Dla celów badawczych wykonano 1000 wyprasek (w 4 grupach po 250 sztuk, rys. 9). Pierwsza grupa to obudowy wyprodukowane wg konwencjonalnej technologii ze stałą temperaturą formy wynoszącą 50 ˚C (rys. 9c). Druga grupa to 250 wyrobów wykonanych z wykorzystaniem selektywnego nagrzewania indukcyjnego do temperatury 130 ˚C w obszarze formowania zaczepu (rys. 9d). W dwóch kolejnych grupach nagrzewano obszar formujący zaczep do temperatur odpowiednio 150 i 170 ˚C (rys. 9e, 9f). Otrzymane wyroby, pomimo zastosowania różnych temperatur,



Rys. 10. Wyniki badań eksploatacyjnych - liczba uszkodzonych obudów podczas procesu demontażu w funkcji liczby wykonanych cykli: a) grupa wyprasek wykonanych w technologii konwencjonalnej ze stałą temperaturą formy, b), c), d) wypraski wykonane z zastosowaniem selektywnego nagrzewania indukcyjnego w obszarze zaczepu z temperaturą odpowiednio 130, 150 i 170 ˚C, e) suma uszkodzeń zaczepów dla wszystkich temperatur w funkcji wykonanych cykli demontażu, f) procentowy rozkład uszkodzeń zaczepów w zależności od temperatury; l_s - liczba uszkodzonych sztuk, l_{pd} - liczba cykli demontażu, $l_{\%}$ - procentowy rozkład uszkodzonych wyrobów w zależności od badanej grupy, T - temperatura

Tabela 4. Parametry procesu w trakcie badań eksperymentalnych

Parametr i jednostka	Wartość
Temperatura zasypu [°C]	75
Temperatura tworzywa [°C]	275
Temp. Formy – Matryca [°C]	50
Temp. Formy - Stempel [°C]	50
Temp. Formy – obszar formowania zaczepu [°C]	130 / 150 / 170
Ciśnienie wtrysku – limit [MPa]	50
Ciśnienie docisku	400
Siła zwarcia fo	250
Czas wtrysku [s]	0,62
Czas docisku [s]	1,5
Czas chłodzenia [s]	5,8

nie wykazywały znaczących różnic wizualnych (rys. 9c – 9f).

Wszystkie wyroby kondycjonowano w temperaturze 25°C i wilgotności 90% przez czas 72 h. Kolejnym krokiem było przeprowadzenie badań eksperymentalnych montażu i demontażu wyrobów z szyn w warunkach odzwierciedlających rzeczywistą eksploatację złączy elektrycznych. Do tego celu użyto szyny o wymiarach 35x7x500 mm utwierdzonej na obu końcach i wkrętaka z płaskim grotem o wymiarach 6 x 1,5 mm. Każdą wypraskę osadzano na szynie i demontowano ją. Cykl ten powtarzano do momentu pęknięcia zaczepu lub osiągnięcia 10 powtórzeń.

Podczas demontażu na każdy zaczep był deformowany w takim samym stopniu, co zapewnia konstrukcja wyrobu i sposób podparcia wkrętaka w dwóch punktach w końcowym etapie ruchu. Otrzymane wyniki pokazują, że zastosowanie selektywnego nagrzewania indukcyjnego przyniosło efekt w postaci spadku uszkodzeń obudów podczas ich demontażu. Podczas montażu – nałożenia wyrobu na szynę nie doszło do żadnego przypadku uszkodzenia zaczepu. Jest to efekt mniejszego odkształcenia zaczepu podczas montowania wyrobu niż w przypadku jego demontażu. W przypadku pierwszej grupy wyrobów, wykonanych w technologii konwencjonalnej (rys. 10a) zauważalny jest utrzymujący się trend wzrostowy uszkodzeń z każdym kolejnym cyklem montażowym. Podczas testowania pierwszej grupy wyrobów uszkodzeniu uległy 23 zaczepy, co daje 9,2%. Zastosowanie nagrzewania indukcyjnego w obszarze zaczepu do temperatury 130 °C pozwoliło na spadek uszkodzeń do 13 na 250 badanych próbek (rys. 10b). Również spadek uszkodzeń można zaobserwować dla temperatur 150 i 170 °C. Wiąże się to z poprawą warunków łączenia się dwóch płynących strug tworzywa (rys. 4). Zwiększenie temperatury powoduje, że zahamowany jest proces stygnięcia tworzywa i wzrostu jego lepkości. Potwierdza to nieznaczny spadek ciśnienia wtrysku dla każdego wzrostu temperatury w obszarze formowania zaczepu. Spadek uszkodzeń do 4 na 250 próbek (1,6%) w ostatnim przypadku jest również wynikiem przesunięcia linii łączenia poza zakres największych odkształceń zaczepu powstających przy demontażu. Rysunek 10e przedstawia sumę uszkodzeń dla wszystkich badanych grup. Największą wartość defektów zaczepu zanotowano przy czwartej próbie demontażu. Na bazie ostatniego wykresu (rys. 10f) można zaryzykować stwierdzenie, że badania dla wyższych temperatur przyniosłyby asymptotyczny charakter rozkładu uszkodzeń zaczepu.

Zastosowanie nagrzewania indukcyjnego wyraźnie zmieniło rozkład uszkodzonych elementów w zależności od liczby powtórzeń demontażu. Jest to bezpośrednio związane z przesunięciem lokalizacji powstawania linii łączenia zaczepu.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przedstawiono problem eksploatacji złącz elektrycznych montowanych na szynach w zakresie niezawodności ich montażu i demontażu. Temat został podjęty w odpowiedzi na problemy produkcyjne jednego z największych producentów złączy elektrycznych w Europie.

Elementem konstrukcyjnym złącza, które zostało poddane analizie, była jego prototypowa obudowa wyposażona w zaczep elastyczny. Aby przedstawić genezę problemu, w pierwszym etapie opracowania przedstawiono wyniki badań symulacyjnych wypełnienia gniazda formującego obudowę. Skupiono się na obszarze formowania zaczepu, który jest kluczowym elementem decydującym o niezawodności obudowy. Otrzymane wyniki pokazały, że zwiększenie temperatury tego obszaru pozwala na przesunięcie miejsca powstawania linii łączenia płynących strug tworzywa poza ramię zaczepu, które jest najbardziej obciążone podczas demontażu. Po zadaniu temperatury wynoszącej 170 °C miejsce spotykania się dwóch płynących strug tworzywa zostało przesunięte z newralgicznego obszaru produktu. Dodatkowym pożądanym efektem było zahamowanie wzrostu lepkości tworzywa na czole płynięcia. Zgodnie z oczekiwaniami powinno to przyczynić się do poprawy jakości łączenia strug tworzywa i spadku uszkodzeń podczas demontażu wyrobów.

Projekt formy powstał w oparciu o symulacyjne i eksperymentalne badania nagrzewania indukcyjnego. Na podstawie serii pomiarów otrzymano charakterystykę procesu nagrzewania, natomiast wyniki badań eksperymentalnych potwierdziły rezultaty uzyskane na drodze symulacji. Po czasie 0,7 s temperatura na powierzchni formowania zaczepu wyniosła 272 °C. Po 2 s od momentu rozpoczęcia procesu nagrzewania temperatura wyniosła 175 °C po odłączeniu wzbudnika w czasie 0,7 s. Na zbudowanym prototypie formy wtryskowej wykonano 1000 szt. wyprasek w czterech grupach różniących się temperaturą formowania zaczepu. Badania eksperymentalne i otrzymane wyniki pokazują, że zastosowanie selektywnego nagrzewania indukcyjnego przyniosło oczekiwany efekt w postaci spadku uszkodzeń obudów podczas ich demontażu, a dynamika procesu nagrzewania indukcyjnego pokazuje, że wyższe temperatury formy mogą przynieść spadek awaryjności wyprasek przy nieznacznym wydłużeniu czasu cyklu. Wyższa temperatura formy nie wpłynie również na wydłużenie czasu chłodzenia formy, ponieważ nagrzewane zostają jedynie warstwy powierzchniowe gniazd formujących, co bezpośrednio wynika z efektu naskórkowości procesu nagrzewania indukcyjnego [18].

Źródło: Praca powstała w oparciu o wyniki badań realizowanych w ramach projektów:
1. INNOTECH-K2/IN2/60/182932/NCBR/13, 2013 – 2015.
2. LIDER/13/0049/L-9/17/NCBR/2018, 2019 – 2021.
3. 0614/SBAD/1529, 2020.

LITERATURA

[1] Białasz S, Klepka T. Simulation of the medical syringe injection moulding process. MATEC Web of Conferences 2019; 252.
[2] Bociąga E. Wpływ temperatury formy wtryskowej i prędkości wtryskiwania na wybrane właściwości wyprasek polietylenowych. Polimery 2000; 11-12(45): 830-836.
[3] Bociąga E, Kaptacz S, Duda P, Rudawska A. The influence of

the type of polypropylene and the length of the flow path on the structure and properties of injection molded parts with the weld lines. Polymer Engineering and Science 2019; 59(8): 1710-1718.
[4] Bociąga E, Skoneczny W. Characteristics of injection molded parts with the areas of weld lines. Polimery 2020; 65(5): 337–345.
[5] Chang P C, Sheng J H. Simulation of infrared rapid surface heating for injection molding. International Journal of Heat and Mass Transfer 2006; 49: 3846-3854.
[6] Chen S C, Jong W R, Chang J A. Dynamic mold surface temperature control using induction heating and its effects on the surface appearance of weld line. Journal of Applied Polymer Science 2006; 101: 1174-1180.
[7] Chen S C, Jong W R, Chang Y J, Chang J A, Cin J C. Rapid mold temperature variation for assisting the micro injection of high aspect ratio micro-feature parts using induction heating technology. Journal of Micromechanics and Microengineering 2006; 16(9): 1783-1791.
[8] Chen S C, Lin Y W, Chien R D, Li H M. Variable mold temperature to improve surface quality of microcellular injection molded parts using induction heating technology. Advances in Polymer Technology 2008; 27(4): 224-232.
[9] Chen S C, Minh P S, Chang J A, Huang S W, Huang C H. Mold temperature control using high-frequency proximity effect induced heating. International Communications in Heat and Mass Transfer 2011; 39(2): 216-223.
[10] Claudel D, Gelin J C, Sahli M, Barriere T. Method to identify rheological constitutive model adapted for powder injection moulding process using inverse method. Computer Methods In Materials Science 2015; 15(1): 1-6.
[11] Czyżewski P, Sykutera D, Bieliński M, Troszyński A. The impact of laser radiation on polypropylene molded pieces depending on their surface conditions. Polymers 2019; 11(10).
[12] Eom H, Park K. Fully-coupled numerical analysis of high--frequency induction heating for thin-wall injection molding. Polymer-Plastics Technology and Engineering 2009; 48(10): 1070-1077.
[13] Feng J, Yang W, Zhang R Y, Wu J J, Wang L, Zhang C L, Yang M B. Effect of viscosity ratio on the crystalline morphologies and mechanical property of multi-melt multi-injection molded parts. Polymer-Plastics Technology and Engineering 2014; 53: 1272–1282.
[14] Huang C T, Hsien I S, Tsai C H, Chiou Y C, Tang C C. The effects of various variotherm processes and their mechanisms on injection molding. International Polymer Processing 2011; 26(3): 265-274.
[15] Liparoti S, Sorrentino A, Titomanlio G. Temperature and pressure evolution in fast heat cycle injection molding, Materials and Manufacturing Processes 2019; 34(4): 422-430.
[16] Liu X H. Rigid plastic fem and its application in rolling. Metallurgy Industry Press 1994: 300-324.
[17] Mrozek K, Chen S C. Selective induction heating to eliminate the fundamental defects of thin-walled moldings used in electrical industry. Journal of Applied Polymer Science 2017; 134(26).
[18] Mrozek K. Simulation study of induction heating of multi-metallic injection moulds. International Journal of Simulation Modelling 2018; 17(2): 220-230.
[19] Mrozek K, Poszwa P, Muszyński P. Numerical study on the influence of Rapid Temperature Cycling (RTC) on polymer flow at maximum injection pressure. Numerical Heat Transfer, Part A: Applications 2020; 77(9): 821-839.
[20] Poszwa P, Szostak M, Influence of scale deposition on maintenance of injection molds. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2018; 20(1): 39-45.
[21] Rapoport E, Pleshivtseva Y, Optimal control of induction heating process. New York: first ed. CRC Press, 2006; 4-7.
[22. Shih S Y, Nian S C, Huang M S. Comparison between single- and multiple-zone induction heating of largely curved mold surfaces. International Communications in Heat and Mass Transfer 2019; 75: 24-35.
[23] Shih S Y, Nian S C, Huang M S, Huang R C, Chen C H. Nonplanar mold surface heating using external inductive coil and magnetic shielding materials. International Communications in Heat and Mass Transfer 2016; 71 44-55.
[24] Soltani M, Kulkarni R, Scheinost T, Groezinger T, Zimmermann A. A novel approach for reliability investigation of leds on molded interconnect devices based on fe-analysis coupled to injection molding simulation. IEEE Access 2019; 7: 56163-56173.
[25] Sun B, Li Y, Wang Z, Li Z, Xia Q, Ren Y, Feng Q, Yang D, Qian C. Physics-of-failure and computer-aided simulation fusion approach with a software system for electronics reliability analysis. Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability 2020; 22 (2): 340–351.
[26] Sykutera D, Wajer Ł, Kościuszko A, Szewczykowski P P, Czyżewski P. The influence of processing conditions on the polypropylene apparent viscosity measured directly in the mold cavity. Macromolecular Symposia 2018; 378(1).
[27] Szostak M, Krzywdzińska P, Barczewski M. Technologie MuCell® i InduMold w produkcji wysokiej jakości detali samochodowych z tworzyw polimerowych. Polimery 2018; 63(2): 145-152.
[28] WANG ZB, SHANG S, WANG JW, HUANG ZL, SAI F. Accelerated storage degradation testing and failure mechanisms of aerospace electromagnetic relay. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2017; 19 (4): 530–541.
[29] Wang G L, Zhao G Q, Li H P, Guang Y J. Research on a new variotherm injection molding technology and its application on the molding of a large lcd panel. Polymer-Plastics Technology and Engineering 2009; 48(7): 671-681.
[30] Wymysłowski A, Jankowski K. Strength analysis of solder joints used in microelectronics packaging. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2020; 22 (2): 297–305.
[31] Xie L, Ziegmann G. Influence of processing parameters on micro injection molded weld line mechanical properties of PP (Polypropylene). Microsystem Technology 2009; 15: 1427- 1435.
[32] Yottha S, Turng L S. Microcellular injection molding of recycled poly(ethylene terephthalate) blends with chain extenders and nanoclay. Journal of Polymer Engineering 2014; 34(1): 5-13.
[33] Zamani N, Kaufmann R, Kosinski P, Skauge A. Mechanisms of non-newtonian polymer flow through porous media using navierstokes approach. Journal of Dispersion Science and Technology 2015; 36(3): 310-325.
[34] Zhu H, Kim Y D, De Kee D. Non-Newtonian fluids with a yield stress. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics 2005; 129: 177-181.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Eksploatacja i Niezawodność”, 2020, Vol. 22, nr 4, s. 676-683.

dr inż. Krzysztof Mrozek, mgr inż. Paweł Muszyński,
mgr inż. Przemysław Poszwa
Faculty of Mechanical Engineering
Poznan University of Technology

ECL TECH

ENERGOOSZCZĘDNE EKOLOGICZNE MOBILNE

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE LASEROWEGO CZYSZCZENIA POWIERZCHNI W PROCESACH TECHNOLOGICZNYCH.

OCZYSZCZARKI LASEROWE

ALTERNATYWA DLA CZYSZCZENIA SUCHYM LODEM.

ECL TECH POLSKA Sp. z o.o.
31-213 Kraków, ul. Turystyczna 21
+48 12 333 71 70, www.eclpolska.pl

ISO 9001
LL-C (Certification)

REKLAMA

artex
Vacuum - Imagination Technology

biuro@artex-vacuum.com • www.artex-vacuum.com

- Termoformierki
- Prasy Membranowo-Próżniowe
- Prasy Pneumatyczne
- Urządzenia grzejne do wygrzewania tworzyw sztucznych

www.tworzywasztuczne.biz

Zapraszamy na naszą stronę internetową!

Spotkajmy się na Targach PLASTPOL Stoisko B-94

SYSTEM ZDALNEGO ODCZYTU LICZNIKÓW

Bezprzewodowe liczniki cykli

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

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

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

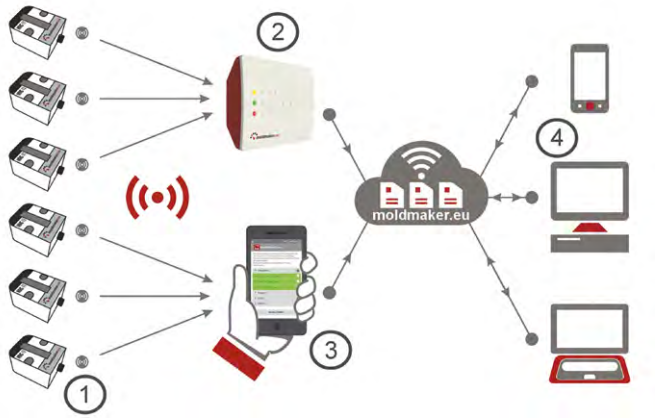
ZASADA DZIAŁANIA SYSTEMU MOLDMAKER

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

PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ

Nowym elementem systemu MoldMaker są bezprzewodowe panele operatorskie. Za ich pomocą operator zgłasza np. awarię maszyny lub formy, brak surowca, wzywa brygadzistę 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.



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 najwyższej temperaturze pracy.

Liczniki wraz z systemem MoldMaker posiadają następujące funkcjonalności: rejestr narzędzi i ich lokalizacja, bieżący status narzędzia, czas cyklu, alarm demontażu licznika, monitoring temperatury narzędzia i alarm przekroczenia, przypomnienia serwisowe i rejestracja przeglądów, folder dokumentacji technicznej, statystyki i wskaźniki wydajności, graficzna prezentacja danych na dużym TV umieszczonym na hali, przywołanie brygadzisty, 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

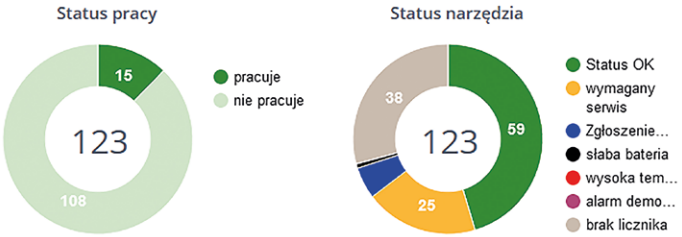
Jest to bezobsługowy router odbiorczy pełniący rolę bufora i automatycznego przekaźnika informacji odebranych z liczników do serwera kolekcjonującego dane. Koncentrator pełni także rolę zabezpieczenia na wypadek braku połączenia internetowego z serwisem, przechowuje odczyty z liczników w swojej wewnętrznej 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.

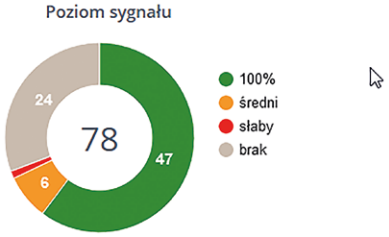
APLIKACJA SMARTFONOWA MOLDMAKER SCAN

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.

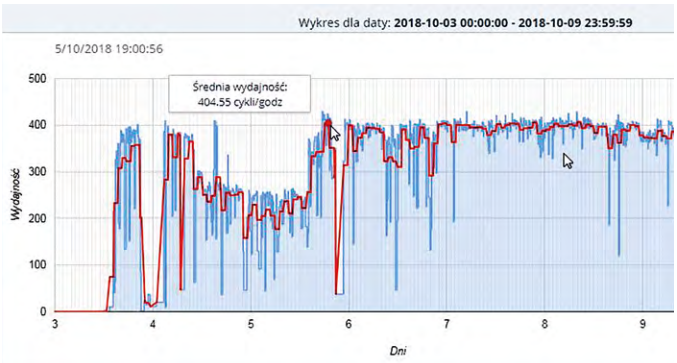
SERWIS INTERNETOWY HTTPS://MOLDMAKER.EU

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 MoldMaker.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

Maszyny i urządzenia wspierające procesy w produkcji tworzyw sztucznych oraz materiałów sypkich

Proces produkcji tworzyw sztucznych oraz materiałów sypkich wiąże się z szerokim zastosowaniem różnorodnych maszyn i urządzeń. Oto kilka z najważniejszych kategorii tych maszyn, które odgrywają kluczową rolę na różnych etapach produkcji.

MASZYNY DO PRZETWÓRSTWA TWORZYW SZTUCZNYCH

- Wtryskarki – maszyny te są stosowane do produkcji wyrobów z tworzyw sztucznych metodą wtrysku. Plastik w postaci granulatu jest podgrzewany do stanu ciekłego, a następnie wtryskiwany pod ciśnieniem do formy, gdzie zastyga, przyjmując pożądany kształt.
- Ekstrudery – używane do wytwarzania ciągłych elementów z tworzyw sztucznych, takich jak rury, profile, folie, czy węże. Materiał jest stopniowo podgrzewany i przez ślimak transportowany przez głowicę kształtującą.
- Maszyny do formowania próżniowego – stosowane głównie do tworzenia opakowań lub komponentów o złożonych kształtach, gdzie ciepły plastik jest formowany przez ssanie powietrza.

MASZYNY DO PRZETWÓRSTWA MATERIAŁÓW SYPKICH

- Silosy i zbiorniki – służą do magazynowania różnorodnych materiałów sypkich, jak mąka, cukier, granulaty plastikowe, czy chemikalia.
- Przenośniki ślimakowe i taśmowe – używane do transportowania materiałów sypkich pomiędzy różnymi częściami linii produkcyjnej.
- Podajniki wibracyjne – pozwalają na kontrolowane dostarczanie materiałów sypkich do procesów produkcyjnych, często wykorzystywane w branży spożywczej czy chemicznej.
- Młyny i kruszarki – służą do rozdrabniania i mielenia surowców w procesie produkcji, na przykład w produkcji cementu czy w przemyśle ceramicznym.

URZĄDZENIA PERYFERYJNE I POMOCNICZE

- Chillery i systemy chłodzenia – zapewniają odpowiednią temperaturę maszyn oraz produktów w trakcie przetwarzania tworzyw sztucznych.
- Systemy dozowania i mieszania – pozwalają na precyzyjne dozowanie i mieszanie składników, co jest kluczowe dla zachowania odpowiednich właściwości produktów.
- Urządzenia do recyklingu – maszyny, takie jak rozdrabniacze, myjki, czy granulatory, umożliwiają przetwarzanie odpadów plastikowych na nowe surowce.

Optymalizacja procesów produkcyjnych za pomocą tych maszyn i urządzeń jest kluczowa dla efektywności i zrównoważenia produkcji. Wspiera to nie tylko zwiększenie wydajności, ale także umożliwia przestrzeganie norm środowiskowych i zapewnienie bezpieczeństwa pracy.

W niniejszych procesach często istotną poprawnego procesu są systemy wagowe.

Dokładne naważanie materiałów sypkich jest kluczowym elementem w wielu procesach produkcyjnych, szczególnie w przemyśle chemicznym, farmaceutycznym, spożywczym oraz budowlanym. Użycie precyzyjnych systemów ważenia zapewnia nie tylko zgodność z wymaganymi recepturami, ale również optymalizuje zużycie surowców i minimalizuje odpady. Oto kilka typów urządzeń i systemów, które są wykorzystywane w precyzyjnym naważaniu materiałów sypkich:

1. Wagi wsadowe (*batch*) – służą do ważenia określonych porcji materiału przed ich przesłaniem do kolejnego etapu produkcji. Mogą być zautomatyzowane, co pozwala na szybkie i dokładne odmierzanie składników według zadanej receptury.
2. Wagi przepływowe (*continuous*) – pozwalają na ciągłe ważenie produktów przepływających przez wagę w procesie produkcyjnym. Są idealne do zastosowań, gdzie materiały są transportowane za pomocą przenośników.
3. Dozowniki śrubowe – składają się z pojemnika i ślimacznicy, która transportuje materiał. Dozowniki te pozwalają na bardzo precyzyjne dozowanie małych ilości materiału, są często używane w przemyśle spożywczym i chemicznym.
4. Dozowniki tarczowe – używane do dokładnego dozowania produktów sypkich i granulowanych. Tarcza obracająca się w dozowniku umożliwia kontrolę nad ilością dozowanego materiału.
5. Systemy wagowe ze zintegrowanym sterowaniem – zapewniają wysoką dokładność i powtarzalność ważenia. Te systemy mogą być zintegrowane z systemami zarządzania produkcją lub PLC (*Programmable Logic Controller*), co umożliwia automatyzację procesów.
6. Podajniki wibracyjne – idealne do kontrolowanego podawania trudnych, klejących się lub delikatnych materiałów. Wibracje umożliwiają równomierne i ciągłe przesuwanie materiału.
7. Zastosowanie czujników i automatyki – w połączeniu z odpowiednimi algorytmami sterującymi, czujniki mogą dostarczać informacji zwrotnych na temat bieżącej masy i umożliwiać automatyczną korektę procesów w przypadku wykrycia odchyleń od zadanych parametrów.

Integracja tych urządzeń w systemie produkcyjnym pozwala na efektywniejsze zarządzanie procesem produkcji, redukcję błędów i zmniejszenie kosztów. Dobór odpowiedniego sprzętu zależy od specyfiki produkcji, wymaganej dokładności, rodzaju i właściwości materiałów sypkich oraz przepustowości procesów. Wszystkie te systemy powinny być regularnie kalibrowane i serwisowane, aby zachować ich wysoką precyzję i niezawodność działania.

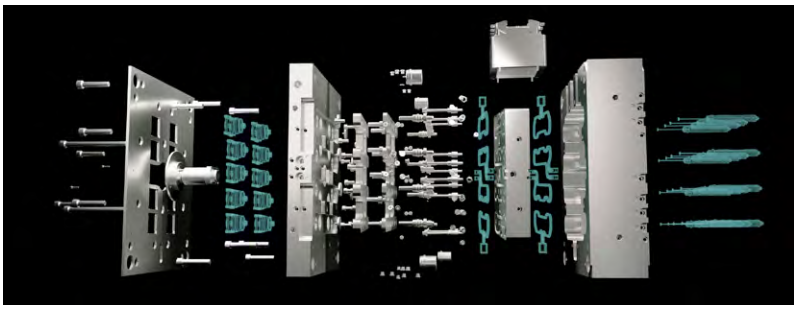
W procesach produkcyjnych najważniejsza jest skuteczność, prostota oraz niezawodność. Odpowiednie zaprojektowanie maszyny oraz dobór urządzeń na etapie planowania produkcji, pozwala zapobiec w przyszłości wielu problemom. Dlatego tak ważne jest aby współpracować z odpowiednimi partnerami.

Zapraszamy do współpracy

Wojciech Drozdowski. CD-Machinery sp. z o.o.

Standardy firmy Meusburger bazą do realizacji aplikacji z użyciem systemów gorącokanałowych

Standardowe komponenty gorącokanałowe firmy Meusburger mają budowę modułową. Można je zestawiać w dowolny sposób w celu realizacji indywidualnych projektów. W ramach najnowszej kampanii firmy Meusburger można dowiedzieć się, dlaczego ten producent części znormalizowanych jest właściwym wyborem dla niestandardowych rozwiązań gorącokanałowych.



Standardowe komponenty gorącokanałowe firmy Meusburger mają budowę modułową, dzięki czemu można je zestawiać w dowolny sposób w celu realizacji indywidualnych projektów

INDYWIDUALNE ROZWIĄZANIA

Meusburger oferuje optymalne komponenty dla specyficznych wymagań branżowych. W jego asortymencie produktów znaleźć można systemy gorącokanałowe z kompleksowym programem dysz i indywidualną geometrią rozdzielaczy. Bez względu na masę wtrysku, liczbę gniazd lub rodzaj tworzywa sztucznego - Meusburger oferuje odpowiednie rozwiązanie. W przypadku wymagających aplikacji lub złożonych projektów, eksperci techniczni są zawsze do dyspozycji klientów. Zapewnią wsparcie od fazy projektu, poprzez wdrożenie do eksploatacji i dalszą produkcję. Oznacza to, że firma ta, jako producent normaliów, może również zapewnić fachową pomoc w kwestiach specjalistycznych.

CIĄGŁA DOSTĘPNOŚĆ I SZYBKA DOSTAWA KOMPONENTÓW

Dzięki standaryzacji wielu komponentów gorącokanałowych, klienci zyskują na niezmiennie wysokiej jakości oraz stałej dostępności produktów. Oszczędza to nie tylko czas, ale także koszty. Dzięki zoptymalizowanemu przetwarzaniu zamówień w portalu Meusburger, standardowe artykuły, w tym części zamienne, są wysyłane już następnego dnia. Portal jest dostępny 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu. Można tam łatwo zamówić i sprawdzić status dostawy oraz w przejrzysty sposób wyszukać wszystkie potrzebne informacje i dokumenty.

KOMPLEKSOWY PAKIET GORĄCYCH KANAŁÓW

Meusburger oferuje gorące połówki w stanie gotowym do instalacji. Firma zapewnia również systemy z gotowym okablowaniem i orurowaniem. Jako dostawca kompleksowy w zakresie budowy form, ten austriacki producent nie tylko dostarcza wszystkie niezbędne komponenty do realizacji projektów, ale także zapewnia osobiste wsparcie zespołu obsługi na miejscu u klienta i w swojej siedzibie głównej.

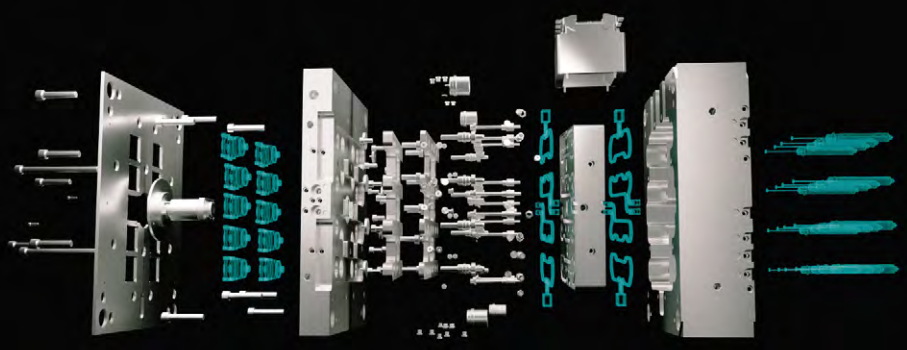
Jeśli chcieliby Państwo uzyskać więcej informacji na temat rozwiązań gorącokanałowych firmy Meusburger, zapraszamy na jej stronę internetową. Tam też można obejrzeć film dotyczący kampanii reklamowej: **www.meusburger.com/gorace-kanaly-pl**

REKLAMA

Technika gorących kanałów

Nasze standardy dla Twoich idei

Nasze standardowe komponenty gorącokanałowe mają konstrukcję modułową. Można je zestawiać w dowolny sposób w celu realizacji indywidualnych projektów.



Odwiedź naszą stronę:

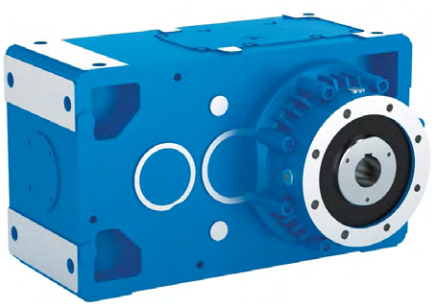
www.meusburger.com/gorace-kanaly-pl

meusburger

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).



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

JAKOŚĆ – ZAWSZE NA PIERWSZYM MIEJSCU

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

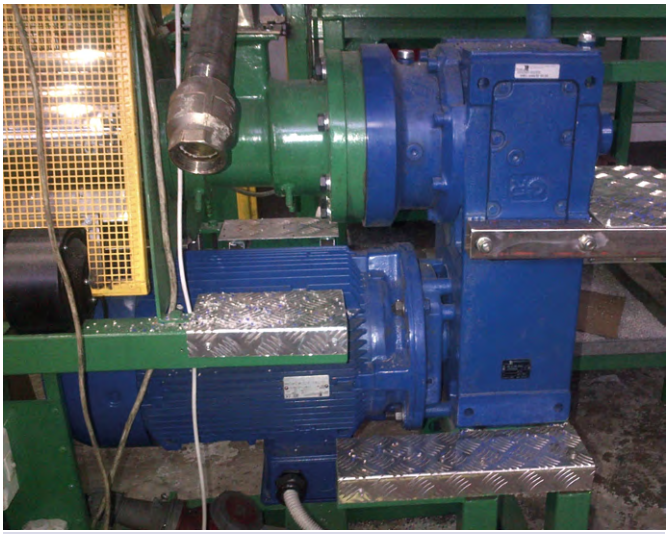
Rossi przeszło długą drogę, wykorzystując swoje długoletnie doświadczenia w różnych branżach, aby stale doskonalić i ulepszać napędy.

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 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.



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

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 pozakatalogowych.

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.

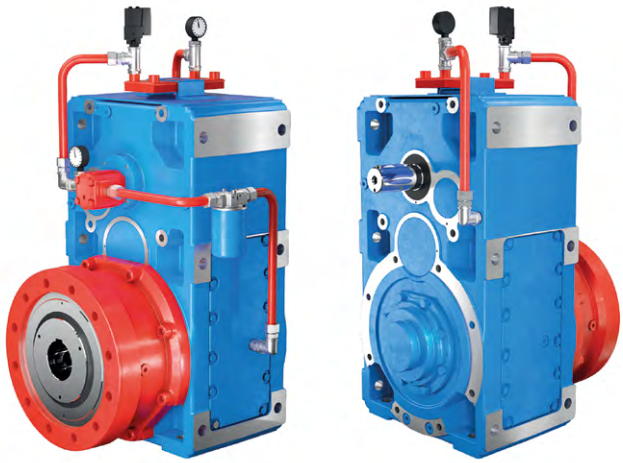
Dla każdej wielkości przekładni dostępne są dwie opcje podpory ślimaka: wykonanie do obciążeń normalnych oraz wykonanie wzmocnione – z większym łożyskiem oporowym oraz zewnętrznym ożebrowaniem podpory, poprawiającym odprowadzanie ciepła.

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

ślimaku i generowane przez nie siły), moc termiczną, sprawdzaną 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

Magazyny silosowe do tworzyw sztucznych

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

Głównymi produktami oferowanymi przez Agremo dla branży tworzyw sztucznych są silosy z lejem zsypowym typu ZT. Występują w szerokim zakresie pojemności – od 5 do ponad 1300 m^3. Mogą być wykonane zarówno ze stali ocynkowanych, jak i kwasoodpornych. Dostępnych jest wiele elementów wyposażenia opcjonalnego, takich jak zasuwy, systemy załadunku, filtry czy obudowy leja zsypowego. Pozwala to na dowolne skonfigurowanie magazynu, w zależności od potrzeb inwestora.

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

W ofercie Agremo znajdziemy również różnego rodzaju systemy kontrolno - pomiarowe, związane z magazynowaniem i transportem surowców. W zależności od potrzeb możemy wyposażyć silosy w pomiar temperatury, systemy ważenia, czy sygnalizatory poziomu. Agremo realizuje zarówno proste układy sterowania pracujące w trybie włącz/wyłącz, jak i zaawansowane systemy oparte o sterowniki PLC oraz komputery PC z wizualizacją SCADA. Indywidualnie zaprojektowane szafy sterownicze wraz z dedykowanym oprogramowaniem gwarantują optymalne wykorzystanie urządzeń oraz sprawne i niemal bezobsługowe sterowanie procesami.

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

Agremo Sp. z o.o.

Agremo

MAGAZYNY GRANULATÓW TWORZYW SZTUCZNYCH

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

Agremo Sp. z o.o.
ul. Parkowa 7, 49-318 Skarbimierz Osiedle
tel. 77 40 29 460, 77 40 29 480
e-mail: agremo@agremo.pl

www.agremo.pl

Elementy rurociągów transportu pneumatycznego stosowane w przemyśle tworzyw sztucznych

PROORGANIKA

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

TRANSPORT PODCIŚNIENIOWY

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

TRANSPORT NADCIŚNIENIOWY

Ten rodzaj transportu pneumatycznego jest stosowany przy większych wydajnościach i odległościach oraz do bardziej wymagających produktów. Do transportu nadciśnieniowego stosowane są głównie łuki wykonane ze stali nierdzewnej AISI 304 o promieniu R = 10 × D (standardowe łuki mają promienie gięcia 500, 800, 1000 lub 1200 mm) oraz złączki Eurac typu „HL" oraz „H". Łuki z reguły są gięte na zimno z rur mających ścianki o grubości 2 lub 3 mm, zakończone obustronnie odcinkami prostymi po 100 lub 200 mm (żeby można było założyć złączkę). W przypadkach produktów bardzo wycierających stosowane są łuki o większej grubości ścianki lub po specjalistycznej obróbce cieplnej (HVA-Niro®). Łuki po specjalistycznej obróbce cieplnej (HVA-Niro®) są 20–30 razy bardziej wytrzymałe na wycieranie od łuków standardowych. Złączki „HL" oraz „H" wykonane są ze stali węglowej ocynkowanej i mają (dla długości 150 mm) w zależności od średnicy trzy śruby M10 lub M12 (typ „HL") oraz M12 lub M16 (typ „H"). Złączki dla długości L=200 mm mają cztery śruby, a dla długości L=250 mm pięć śrub. Złączki mogą mieć uszczelnienie wykonane z białego NBR lub z czarnego SBR. Wszystkie złączki mają specjalne nity lub pasek ze stali nierdzewnej (służący do elektrostatycznego połączenia rur).

TRANSPORT WENTYLATOROWY

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

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

PROORGANIKA

JACOB

System rurowy Jacob nr 1 w Europie.
Szczelność Trwałość Niezawodność.

Pełny kompletny system z tysiącami
sprawdzonych elementów.
Rury, łuki, trójniki, redukcje, przepustnice, przesypy, itp.
Zakres średnic od DN 60 do DN 1600.
Od DN 350 połączenia na kołnierze luźne, od DN 1200
na kołnierze spawane.
Grubość ścianki 1, 1,5, 2 lub 3 mm.
Wykonanie materiałowe stal węglowa malowana proszkowo,
stal węglowa ocynkowana, stal nierdzewna AISI 304 lub AISI 316.
Zastosowanie: Instalacje przesypowe, transportu pneumatycznego
niskociśnieniowego, odpylania i odkurzania.

Łuki o dużym promieniu R=500, R=800 lub R=1000 mm.
Zakres średnic od DN 38,0x1,5 do DN 204,0x3,0.
Grubość ścianki 1,5, 2,0 lub 3,0 mm.
Wykonanie stal nierdzewna AISI 304.
Duża odporność na wycieranie (seria HVA-Niro®),
Zastosowanie: instalacje transportu pneumatycznego.

EURAC®
Centrum Dystrybucji Złączek

Centrum dystrybycji złączek **www.eurac.pl**
Złączki do łączenia rurociągów.
Wykonanie stal węglowa ocynkowana lub stal nierdzewna.
Typy złączek "L", "M", "HL", "H".
Zakres średnic od D=38,0 do D=219,1 (w zależności od typu złączki).
Zastosowanie: instalacje transportu pneumatycznego,
odpylania i odkurzania.

PRO-ORGANIKA Sp. z o. o., ul. Rogatkowa 34A, 04-773 Warszawa
tel. +48 22 29 94 850, www.proorganika.com.pl, www.eurac.pl

Optymalizacja procesu wytłaczania jednoślimakowego tworzyw polimerowych – badania doświadczalne

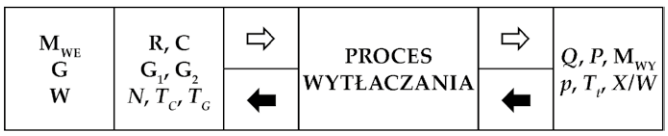
Andrzej Nastaj, Krzysztof Wilczyński

Jednym z głównych kierunków rozwoju przetwórstwa tworzyw polimerowych jest komputerowe modelowanie procesów przetwórstwa, stanowiące efektywne oraz ekonomiczne narzędzie projektowania i badań. Wykorzystywane w tym celu systemy komputerowego modelowania umożliwiają prognozowanie przebiegu procesów przetwórstwa tworzyw na podstawie warunków technologicznych, parametrów geometrycznych maszyny i narzędzia oraz właściwości przetwarzanego tworzywa. Przebieg, np. wytłaczania, może być charakteryzowany masowym natężeniem przepływu tworzywa (wydajnością procesu), rozkładem ciśnienia i temperatury tworzywa, poborem mocy itp. Tak więc, na podstawie danych wejściowych jest możliwe przewidywanie wielkości wyjściowych procesu [1].

Systemy modelowania nie rozwiązują jednak zagadnienia odwrotnego, dotyczącego ustalania danych wejściowych procesu odpowiednich do uzyskania określonych wartości wielkości wyjściowych. Nie umożliwiają doboru warunków przetwórstwa, spełniających zadane cele produkcyjne, np. maksymalizacji wydajności procesu, minimalizacji zużycia energii itp. Nie pozwalają też na optymalizację warunków przetwórstwa wg określonych kryteriów optymalizacji.

Przykładowy schemat koncepcyjny modelowania i optymalizacji wytłaczania przedstawiono na rys. 1. Optymalizacja procesu wytłaczania jest zagadnieniem bardzo złożonym. Różne, znane kryteria optymalizacji często są ze sobą sprzeczne, np. wydajność wytłaczania i pobór mocy, a liczba danych charakteryzujących proces jest bardzo duża (wspomniane już dane materiałowe, parametry geometryczne maszyny i narzędzia oraz warunki technologiczne). Celem przeprowadzanej optymalizacji jest więc uniknięcie rozwiązań lokalnych i znalezienie całościowego rozwiązania optymalnego. Znaczenie podstawowe w optymalizacji jak dotąd miały metody statystyczne oparte na analizie regresji.

Optymalizacja polega na uzyskaniu określonej wielowymiarowej przestrzeni wielkości wyjściowych procesu (tzw. przestrzeni odpowiedzi) na podstawie odpowiednio przygotowanego zestawu danych wejściowych, a następnie na poszukiwaniu w tej przestrzeni wartości ekstremalnych (minimum lub maksimum). Dane do optymalizacji (odpowiednie zestawy wielkości wejściowych i wyjściowych) mogą być pozyskiwane na podstawie doświadczalnych badań procesu lub z zastosowaniem symulacji komputerowych. Pierwszy sposób jest kosztowny i w swoim zakresie ograniczony. Znacznie bardziej efektywna jest optymalizacja na bazie danych otrzymanych w wyniku symulacji procesu. Najlepsze są zintegrowane rozwiązania symulacyjno-optymalizacyjne,



Rys. 1. Schemat koncepcyjny modelowania i optymalizacji procesu wytłaczania: ⇨ - modelowanie (przewidywanie przebiegu procesu), ⬅ - optymalizacja, M_{WE} - właściwości wejściowe tworzywa, R - właściwości reologiczne tworzywa, C - właściwości cieplne tworzywa, G - geometria maszyny i narzędzia, G_1 - geometria ślimaka, G_2 - geometria głowicy, W - warunki technologiczne procesu, N - prędkość obrotowa ślimaka, T_C - temperatura cylindra, T_G - temperatura głowicy, Q - masowe natężenie przepływu tworzywa (wydajność wytłaczania), P - pobierana moc, M_{WY} - właściwości wyjściowe tworzywa, p - ciśnienie, T_t - temperatura tworzywa, X/W - profil uplastyczniania tworzywa [1]

są one jednak, praktycznie biorąc, niedostępne. Prace badawcze w tym zakresie prowadzi się tylko w nielicznych ośrodkach na świecie, doświadczonych zarówno w modelowaniu procesów przetwórczych, jak i zagadnieniach optymalizacji.

Próby optymalizacji procesu wytłaczania na podstawie danych doświadczalnych podejmowali: Underwood [2], Verbraak i Meijer [3], a w kraju Płochocki [4, 5] i Stasiek [6, 7].

Ze względu na ograniczenia związane z badaniami doświadczalnymi obecnie podstawowe znaczenie ma optymalizacja na podstawie teoretycznego modelu procesu. Pierwsze takie próby podjęli Maddock i Smith [8] oraz Helmy i Parnaby [9], a podstawą ich prac były badania symulacyjne wytłaczania i analiza regresji. Znaczący postęp w zakresie badań optymalizacyjnych nastąpił w wyniku rozwoju technik komputerowych. Opracowano kompleksowe komputerowe modele wytłaczania, jednocześnie udostępniono wydajne systemy komputerowej analizy danych. Metody statystyczne zastosowali w swoich pracach Potente i Krell [10, 11] na podstawie programu REX [12–14] oraz Lafleur i Thibodeau [15, 16] na podstawie programu Ecole Polytechnique de Montreal [17, 18]. Metody statystyczne wykorzystali również autorzy pracy [19] na bazie programu SSEM [20, 21]. Istotną wadą metod statystycznych jest m.in. konieczność prowadzenia badań w przestrzeni odpowiedzi o bardzo dużej gęstości danych oraz niebezpieczeństwo uzyskiwania rozwiązań lokalnych (optimum lokalnego), a nie całościowych.

Możliwe są również modelowanie i optymalizacja procesów przetwórstwa na podstawie technik obliczeniowych sztucznej

Tabela 1. Charakterystyka tworzywa HDPE Rigidex HD 6070 EA

	Właściwości	Wartość	Norma
Fizyczne	gęstość w stanie stałym	0,952 g/cm^3	ISO 1872
	gęstość w stanie stopionym	0,722 g/cm^3	ISO 1872
	wskaźnik szybkości płynięcia MFR (190°C, 2,16 kg)	7,6 g/10 min	ISO 1133
Mechaniczne	moduł Younga	1500 MPa	ISO 527-1; ISO 527-2
	wytrzymałość na rozciąganie	31,0 MPa	ISO 527-1; ISO 527-2
	udarność (23°C)	4,0 kJ/m^2	ISO 179

inteligencji (ang. *Computational Intelligence*), obejmujących sieci neuronowe, algorytmy genetyczne oraz systemy rozmyte. Techniki takie dostarczają rozwiązań ciągłych lub dyskretnych, uwzględniających proces uczenia z wykorzystaniem dostępnych danych. Zastosowanie tych technik w wypadku wytłaczania tworzyw jest, jak dotąd, ograniczone do prób wykorzystania algorytmów genetycznych w optymalizacji procesu tradycyjnego wytłaczania jednoślimakowego z zasilaniem grawitacyjnym [22–25] oraz wytłaczania dwuślimakowego współbieżnego [26–28]. Autorzy niniejszej pracy również podjęli takie próby z zastosowaniem sieci neuronowych [29] oraz algorytmów genetycznych [30, 31]. Ostatnio algorytmy genetyczne wykorzystano do skalowania procesu wytłaczania jednoślimakowego i dwuślimakowego współbieżnego [32, 33], a także do optymalizacji procesu wtryskiwania [34, 35].

Dotychczas brakuje opracowań optymalizacyjnych procesu wytłaczania jednoślimakowego z dozowanym zasilaniem wytłaczarki oraz wytłaczania dwuślimakowego przeciwbieżnego, mimo że ostatnio opracowano odpowiednie modele matematyczne tych procesów, kompleksowe modele wytłaczania jednoślimakowego z dozowaniem [36–38] oraz kompleksowe modele wytłaczania przeciwbieżnego [39–41].

Algorytmy genetyczne (inaczej techniki ewolucyjne) w porównaniu z innymi metodami optymalizacji charakteryzują się następującymi cechami:

– parametry zadania są tu przetwarzane nie bezpośrednio, lecz w postaci zakodowanej;
– poszukiwanie rozwiązania jest prowadzone nie z jednego punktu, lecz z pewnej ich populacji, co powoduje, że prawdopodobieństwo utknięcia w ekstremum lokalnym jest mniejsze;
– stosowane są probabilistyczne, a nie deterministyczne reguły wyboru;
– zdobyte doświadczenia są wykorzystywane do określenia nowego obszaru poszukiwań o spodziewanej, wyższej jakości, dzięki czemu, pomimo elementu losowości, nie sprowadzają się do przypadkowego błądzenia;
– korzysta się tylko z funkcji celu, a nie z jej pochodnych lub innych pomocniczych informacji.

Dotychczasowe próby stosowania technik ewolucyjnych do optymalizacji procesu wytłaczania ograniczały się do badań symulacyjnych wytłaczania i nie odnosiły się do warunków doświadczalnych procesu. W tej pracy badania optymalizacyjne na podstawie symulacyjnych technik ewolucyjnych przedstawiono na tle badań doświadczalnych procesu wytłaczania jednoślimakowego, z uwzględnieniem optymalizacji parametrów geometrycznych ślimaka.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Program badań obejmował wytłaczanie jednoślimakowe polietylenu dużej gęstości (HDPE) w szerokim zakresie parametrów technologicznych i geometrycznych procesu. Badania obejmowały mechanizm przepływu i uplastyczniania przetwarzanego materiału oraz podstawowe parametry procesu wytłaczania: ciśnienie i masowe natężenie przepływu tworzywa, a także pobór mocy i prądu. Mechanizm przepływu i uplastyczniania tworzywa oceniano na podstawie bezpośredniej obserwacji próbek tworzywa, zdjętych ze ślimaka wytłaczarki po jej zatrzymaniu i gwałtownym ochłodzeniu (ang. *Screw Pulling- out Technique*).

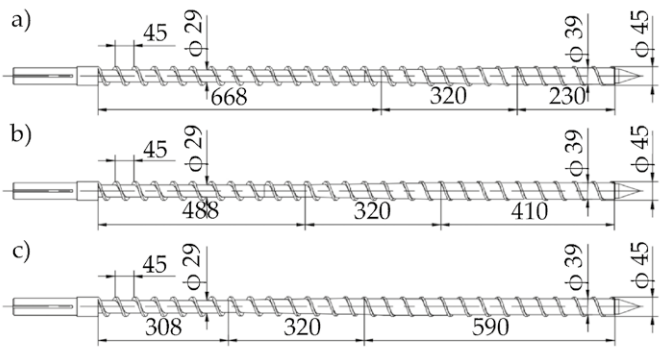
W badaniach zastosowano polietylen dużej gęstości (HDPE) Rigidex 6070EA (firmy BP Chemicals) o gęstości 0,952 g/cm^3, wskaźniku szybkości płynięcia MFI = 7,6 g/10 min (190°C, 2,16 kg) i temperaturze topnienia 135°C. Charakterystykę cieplno-mechaniczną tego tworzywa przedstawiono w tabeli 1.

Właściwości reologiczne HDPE opisano równaniem Kleina:

$$\ln \eta = A_0 + A_1 \ln\dot{\gamma} + A_{11} \ln^2\dot{\gamma} + A_{12} T \ln^2\dot{\gamma} + A_2 T + A_{22} T^2 \quad (1)$$

gdzie: η – lepkość, γ – szybkość ścinania, T – temperatura, parametry równania Kleina: A_0 = 10,918378968, A_1 = -0,218405893, A_{11} = -0,036865332, A12 = 0,001025862, A_2 = -0,022682083, A_{22} = 0,000021151 wyznaczono na podstawie bazy materiałowej Autodesk-Moldflow (z równania Cross-WLF) w zakresie temperatury 160–220°C i szybkości ścinania 1–20 000 1/s.

W badaniach wykorzystano specjalistyczne stanowisko badawcze procesu wytłaczania, zbudowane na bazie wytłaczarki jednoślimakowej Metalchem T-45, o średnicy cylindra D = 45 mm i stosunku długości do średnicy L/D = 27. Proces prowa-



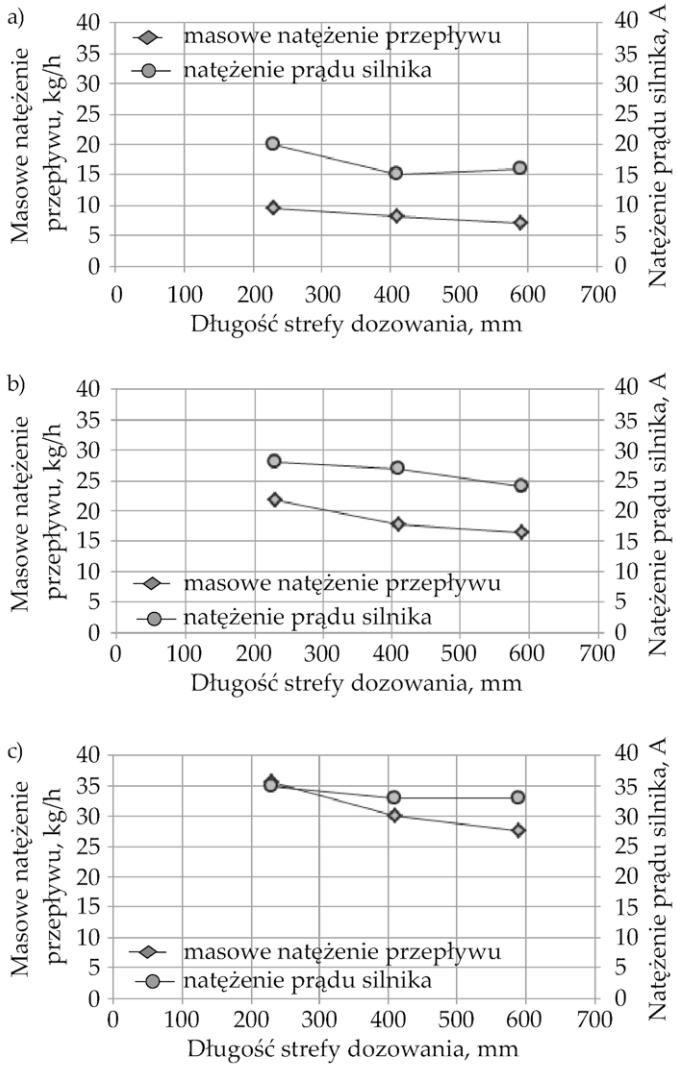
Rys. 2. Ślimaki o długości strefy dozowania: a) L_d = 230 mm [S], b) L_d = 410 mm [N], c) L_d = 590 mm [L]

dzono w trybie klasycznego zasilania grawitacyjnego, bez dozowania tworzywa. Do wytłaczania prętów o przekroju kołowym używano klasycznych ślimaków trójstrefowych oraz głowicy prostej. Ślimaki różniły się długością strefy dozowania (rys. 2).

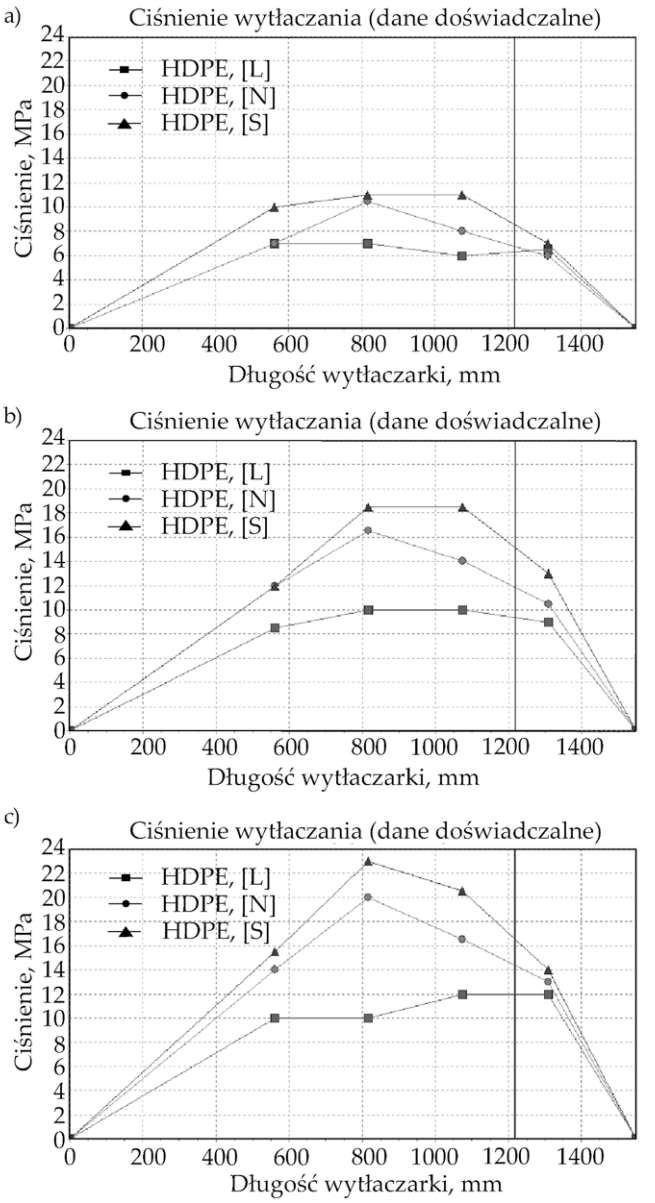
Badania wykonano z zastosowaniem trzech różnych wartości prędkości obrotowej ślimaka: N = 20 obr./min, N = 50 obr./min i N = 80 obr./min. Ustalono następujące warunki temperatury cylindra i głowicy w kolejnych strefach wytłaczarki: T_I = 150 °C, T_{II} = 160 °C, T_{III} = 170 °C, T_{IV} = 180 °C, T_G = 180 °C.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Ogólną charakterystykę procesu przedstawiono na rys. 3 i rys. 4. Rysunek 3 ilustruje wpływ prędkości obrotowej ślimaka i długości strefy jego dozowania na masowe natężenie przepływu przetwarzanego tworzywa (wydajność wytłaczania) i pobór prądu przez silnik wytłaczarki. Zwiększenie prędkości obrotowej ślimaka wywołuje wzrost zarówno masowego natężenia przepływu, jak i zużycia prądu. Wpływ długości strefy dozowania ślimaka na wydajność wytłaczania i pobór prądu nie jest już tak oczywisty. Zwiększająca się długość strefy dozowania ślimaka powoduje zmniejszanie wydajności procesu oraz poboru prądu, co można tłumaczyć spadkiem ciśnienia w wytłaczarce. Potwierdza to zależność przedstawiona na rys. 4 – rozkładu ciśnienia wzdłuż długości wytłaczarki przy różnej prędkości obrotowej ślimaka w funkcji długości strefy dozowania ślimaka. Oczywiście ze zwiększającą się prędkością obrotową ciśnienie w wytłaczarce rośnie.



Rys. 3. Wpływ długości strefy dozowania ([S], [N], [L]) na masowe natężenie przepływu i natężenie prądu silnika - dane doświadczalne; prędkość obrotowa ślimaka: a) N = 20 obr./min, b) N = 50 obr./min, c) N = 80 obr./min



Rys. 4. Wpływ długości strefy dozowania ([S], [N], [L]) na rozkład ciśnienia - dane doświadczalne; prędkość obrotowa ślimaka: a) N = 20 obr./min, b) N = 50 obr./min, c) N = 80 obr./min

Wyniki badań doświadczalnych posłużyły do optymalizacji procesu wytłaczania. Optymalizacji parametrów technologicznych procesu (np. prędkości obrotowej ślimaka) i parametrów geometrycznych ślimaka (np. długości strefy dozowania) dokonano wg kryterium maksymalnej wydajności i minimalnego zużycia prądu.

OPTYMALIZACJA

Znalezienie całkowitego optimum procesu w badanej przestrzeni danych obejmuje maksymalizację bądź minimalizację tzw. funkcji celu. W procesie wytłaczania zwykle musi być spełnionych równocześnie kilka lub kilkanaście kryteriów optymalizacji, takich jak: wydajność wytłaczania, pobór mocy, tempera-

tura wytłaczanego tworzywa, stopień wymieszania tworzywa itp. Określone indywidualne kryteria stanowią podstawę do utworzenia kryterium globalnego, tzw. globalnej funkcji celu.

W tej pracy globalną funkcję celu zdefiniowano w postaci: (1)

$$F_i = \sqrt[k]{f_{i(1)} \cdot f_{i(2)} \cdot \ldots \cdot f_{i(k)}} \quad (2)$$

gdzie: F_i – globalna funkcja celu i-tego zestawu danych, k – liczba kryteriów optymalizacji (kryteriów indywidualnych, wielkości wyjściowych procesu), $f_{i(k)}$ – funkcja celu k-tego kryterium, która może przybierać następującą postać (znormalizowaną):

– gdy kryterium optymalizacji jest maksymalna wartość wielkości wyjściowej y:

$$f_i = \frac{y_i - y_{min}}{y_{maks} - y_{min}} \quad (3)$$

– gdy kryterium optymalizacji jest minimalna wartość wielkości wyjściowej y:

$$f_i = \frac{y_{maks} - y_i}{y_{maks} - y_{min}} \quad (4)$$

Optymalizację procesu wytłaczania przeprowadzono wg kryterium maksymalnej wydajności Q_{maks} i minimalnego poboru prądu I_{min}. Globalną funkcję celu zdefiniowano jako:

$$F_i = \sqrt[2]{Q_i I_i} \quad (5)$$

gdzie poszczególne dane ze zbioru wielkości wyjściowych unormowano w postaci:

$$Q_{i\_znorm} = \frac{Q_i - Q_{min}}{Q_{maks} - Q_{min}} \quad (6)$$

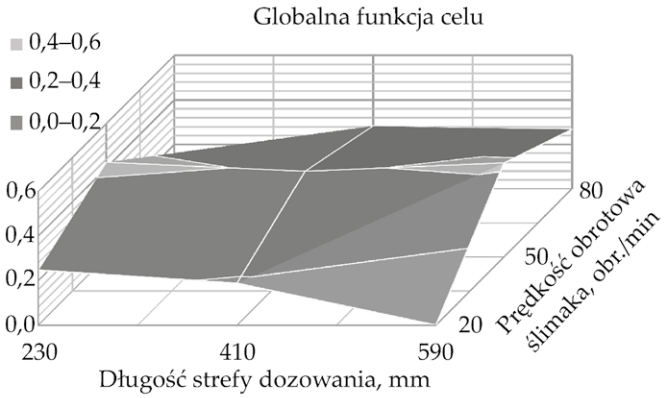
$$I_{i\_znorm} = \frac{I_{maks} - I_i}{I_{maks} - I_{min}} \quad (7)$$

gdzie: F_i – globalna funkcja celu, Q_{i_znorm} – znormalizowana wartość masowego natężenia przepływu, I_{i_znorm} – znormalizowana wartość natężenia prądu silnika, i – kolejna wartość ze zbioru danych. Wartości maksymalne i minimalne wielkości wyjściowych procesu (kryteriów optymalizacji), uzyskane na podstawie badań doświadczalnych, wynosiły odpowiednio: Q_{maks} = 35,627 kg/h, Q_{min} = 7,133 kg/h, I_{maks} = 35,0 A, I_{min} = 15,0 A.

Wyniki obliczeń globalnej funkcji celu zestawiono w tabeli 2 i na rys. 5. Największą wartość funkcji celu (F_i = 0,42555) uzyskano w wypadku ślimaka z krótką strefą dozowania (L_d = 230 mm), przy prędkości obrotowej ślimaka N = 50 obr./min. Parametry te są optymalne wg przyjętych kryteriów optymalizacji maksymalnej wydajności i minimalnego poboru prądu (L_{d_opt} = 230 mm, N_{opt} = 50 obr./min). Odpowiadają im następujące wartości wielkości wyjściowych procesu:

– masowe natężenie przepływu: 21,87 kg/h,

– natężenie prądu silnika: 28,0 A.

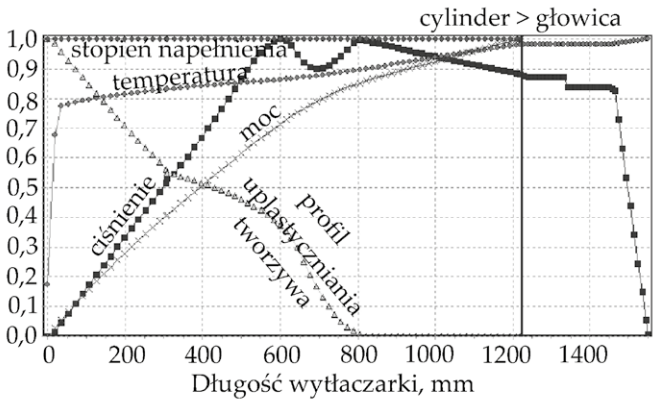


Rys. 5. Wykres globalnej funkcji celu dla danych doświadczalnych

BADANIA SYMULACYJNE

Dane do optymalizacji można pozyskiwać z badań doświadczalnych lub symulacyjnych. Badania doświadczalne są czasochłonne i kosztowne, dlatego też podjęto próbę optymalizacji procesu wytłaczania na bazie wyników symulacyjnych z zastosowaniem technik ewolucyjnych.

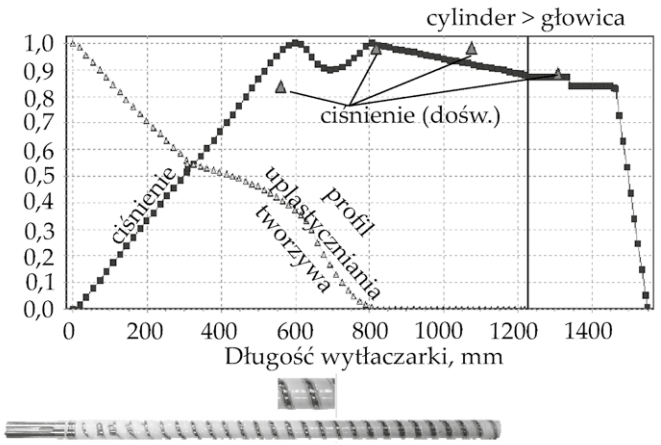
Badania symulacyjne przeprowadzono z zastosowaniem programu GSEM (ang. *Global Screw Extrusion Model*), stanowiącego rozwinięcie programu symulacji tradycyjnego procesu wytłaczania jednoślimakowego z zasilaniem grawitacyjnym SSEM (ang. *Single Screw Extrusion Model*) [42]. Program GSEM umożliwia też symulację procesu wytłaczania jednoślimakowego z dozowanym zasilaniem wytłaczarki, jest więc narzędziem modelowania przepływu tworzyw w wytłaczarkach jednoślimakowych zasilanych grawitacyjnie i z dozowaniem tworzywa, ze ślimakami konwencjonalnymi i specjalizowanymi oraz z głowicami o różnej geometrii. Program stanowi element wielozadaniowego systemu modelowania, optymalizacji i skalowania procesów ślimakowych przetwórstwa tworzyw MultiScrew System budowanego w Zakładzie Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych Politechniki Warszawskiej.



Rys. 6. Ogólna charakterystyka procesu wytłaczania HDPE: długość strefy dozowania L_d = 590 mm [L], prędkość obrotowa ślimaka N = 50 obr./min, masowe natężenie przepływu Q = 15,71 kg/h

Przykładowe wyniki obliczeń symulacyjnych przedstawiono na rys. 6. Pokazano tzw. ogólną charakterystykę wytłaczania, obejmującą podstawowe parametry procesu: rozkład ciśnienia i temperatury, pobór mocy, przebieg uplastyczniania tworzywa oraz stopień wypełnienia ślimaka.

Przebieg uplastyczniania tworzywa jest określany przez tzw. profil uplastyczniania SBP (ang. *Solid Bed Profile*), definiowany stosunkiem objętości tworzywa w stanie stałym do całkowitej objętości tworzywa w rozpatrywanej przestrzeni ślimaka wytłaczarki [1]. W wypadku tradycyjnego wytłaczania z zasilaniem grawitacyjnym jest to stosunek szerokości warstwy stałej tworzywa (X) do szerokości kanału ślimaka (W), czyli SBP = X/W. W początkowej fazie procesu, gdy kanał ślimaka jest całkowicie wypełniony tworzywem w stanie stałym, SBP = 1, natomiast w fazie końcowej, gdy tworzywo jest już całkowicie uplastycznione,



Rys. 7. Rozkład ciśnienia i przebieg uplastyczniania tworzywa: długość strefy dozowania L_d = 590 mm [L], prędkość obrotowa ślimaka N = 50 obr./min, masowe natężenie przepływu Q = 15,71 kg/h – wyniki badań symulacyjno-doświadczalnych

SBP = 0. Na podstawie tego profilu można przewidywać, czy tworzywo uplastyczni się całkowicie w wytłaczarce. Uplastycznianie powinno przebiegać na tyle szybko, aby wytworzyły się odpowiednie warunki czasu i przestrzeni do uzyskania wysokiego stopnia wymieszania tworzywa.

Stopień wypełnienia ślimaka FF (ang. *Fill Factor*) definiuje stosunek całkowitej objętości tworzywa w rozpatrywanej objętości kanału ślimaka do objętości kanału. Stopień wypełnienia FF = 1 wówczas, gdy kanał jest całkowicie wypełniony tworzywem, natomiast stopień wypełnienia FF = 0, gdy ślimak jest pusty. Stopień wypełnienia z zakresu 0 < FF < 1 oznacza, że kanał ślimaka jest częściowo wypełniony tworzywem. W wypadku tradycyjnego wytłaczania stopień wypełnienia jest zwykle, chociaż nie zawsze, równy jedności na całej długości ślimaka wytłaczarki. Warto zauważyć, że ciśnienie jest generowane tylko w obszarze całkowitego wypełnienia ślimaka, czyli gdy FF = 1.

Na rys. 7 zestawiono przykładowe wyniki obliczeń symulacyjnych z wynikami badań doświadczalnych, obejmujących rozkład ciśnienia tworzywa i przebieg uplastyczniania. Zgodność danych wyników jest zadowalająca. Badania optymalizacyjne wykonane na podstawie wyników symulacji procesu będą przedmiotem kolejnego artykułu.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzono badania symulacyjno-doświadczalne procesu wytłaczania jednoślimakowego tworzyw polimerowych w celu optymalizacji procesu. Zbadano wpływ prędkości obrotowej ślimaka i geometrii ślimaka na ciśnienie i masowe natężenie przepływu tworzywa oraz pobór mocy i prądu. Dokonano optymalizacji prędkości obrotowej ślimaka i długości strefy dozowania ślimaka wg kryterium maksymalnej wydajności i minimalnego natężenia prądu silnika wytłaczarki, uzyskując nieoczywiste wyniki optymalne przy krótkiej strefie dozowania i pośredniej prędkości obrotowej. Przedstawiono koncepcję optymalizacji na podstawie badań symulacyjnych procesu oraz wykonano badania symulacyjne, które wykazały zgodność wyników obliczeń symulacyjnych i badań doświadczalnych.

LITERATURA

[1] Wilczyński K.: Reologia w przetwórstwie tworzyw sztucznych, WNT, Warszawa 2001.
[2] Underwood W.M.: Chemical Engineering Progress 1962, 58, 59.
[3] Verbraak C.P.J.M., Meijer H.E.H.: Polymer Engineering and Science 1989, 29, 479. http://dx.doi.org/10.1002/pen.760290708.
[4] Płochocki A.P.: Polimery 1974, 19, 76.
[5] Płochocki A.P.: Polimery 1974, 19, 156.
[6] Stasiek J.: Polimery 1995, 40, 214.
[7] Stasiek J.: Polimery 1997, 42, 14.
[8] Maddock B.H., Smith D.J.: SPE Journal 1972, 28, 1972.
[9] Helmy H.A.A., Parnaby J.: Polymer Engineering and Science 1976, 16, 437. http://dx.doi.org/10.1002/pen.760160609
[10] Potente H., Krell B.: Screw optimization by means of DOE and multiple regression, Materiały konferencyjne 55th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC 1997), Toronto, Kanada 1997, str. 135—139.
[11] Potente H.: Kunststoffe Plast Europe 1999, 1, 27.
[12] Potente H., Hanhart W., Schoppner V.: International Polymer Processing 1993, 8, 335. http://dx.doi.org/10.3139/217.930335.
[13] Potente H., Hanhart W., Reski T.: Polymer Engineering and Science 1994, 34, 937. http://dx.doi.org/10.1002/pen.760341111.
[14] Potente H., Schoppner V., Ujma A.: Journal of Polymer Engineering 1997, 17, 153. http://dx.doi.org/10.1515/POLYENG.1997.17.2.153.
[15] Thibodeau C.A., Lafleur P.G.: Computer Design and Screw Optimization, Materiały konferencyjne 58th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers (ANTEC 2000), Orlando, Floryda, USA 2000, str. 276–282.
[16] Thibodeau C.A., Lafleur P.G.: Computer Design and Screw Optimization, Materiały konferencyjne The Polymer Processing Society Sixteenth Annual Meeting (PPS-16), Shanghai, Chiny 2000, str. 15.
[17] Amellal K., Lafleur P.G.: Plastics, Rubber and Composites Processing and Applications 1993, 19, 227.
[18] Vincelette A.R., Guerrero C.S., Carreau P.J., Lafleur P.G.: International Polymer Processing 1989, 4, 232. http://dx.doi.org/10.3139/217.890232.
[19] Wilczyński K., Nastaj A., Krutysz P.: Mechanik 2003, nr 10, 618.
[20] Wilczyński K.: Polymer-Plastics Technology and Engineering 1996, 35, 449. http://dx.doi.org/10.1080/03602559608000931.
[21] Wilczyński K.: Journal of Materials Processing Technology 2001, 109, 308. http://dx.doi.org/10.1016/S0924-0136(00)00821-9.
[22] Covas J.A., Cunha A.G., Oliveira P.: International Journal of Forming Processes 1998, 1, 323.
[23] Covas J.A., Cunha A.G., Oliveira P.: Polymer Engineering and Science 1999, 39, 443. http://dx.doi.org/10.1002/pen.11434
[24] Covas J.A., Gaspar-Cunha A.: The Use of an Optimisation Approach to the Design of Extrusion Screw, Materiały konferencyjne The Polymer Processing Society Sixteenth Annual Meeting (PPS-16), Shanghai, Chiny 2000.
[25] Gaspar-Cunha A., Covas J.A.: International Polymer Processing 2001, 16, 229. http://dx.doi.org/10.3139/217.1652.
[26] Gaspar-Cunha A., Covas J.A., Vergnes B.: An Optimisation M ethodology f or S etting t he O perating Conditions in Twin-Screw Extrusion, Materiały konferencyjne The Polymer Processing Society Eighteenth Annual Meeting (PPS-18), Guimaraes, Portugalia 2002.

[27] Gaspar-Cunha A., Poulesquen A., Vergnes B., Covas J.A.: International Polymer Processing 2002, 17, 201. http://dx.doi.org/10.3139/217.1701.
[28] Gaspar-Cunha A., Covas J.A., Vergnes B.: Polymer Engineering and Science 2005, 45, 1159. http://dx.doi.org/10.1002/pen.20391.
[29] Wilczyński K., Nastaj A., Abramczyk P.: Mechanik 2004, nr 7, 470.
[30] Wilczyński K., Nastaj A.: Mechanik 2005, nr 7, 606.
[31] Wilczyński K., Nastaj A.: SSEM-AG Computer Model for Optimization of Polymer Extrusion, Materiały konferencyjne International Mechanical Engineering Congress and Exposition: Applied Mechanics (ASME 2006), Chicago, Illinois, USA 2006, str. 683– 689. http://dx.doi.org/10.1115/IMECE2006-13074.
[32] Covas J.A., Gaspar-Cunha A.: International Polymer Processing 2009, 24, 67. http://dx.doi.org/10.3139/217.2200.
[33] Covas J.A., Gaspar-Cunha A.: A Scaling-up Methodology for Co-rotating Twin-extruders, Materiały konferencyjne 27th Annual Meeting of the Polymer Processing Society (PPS-27), Marrakech, Maroko 2011, str. 1–6.
[34] Fernandes C., Pontes A.J., Viana J.C., Gaspar-Cunha A.: Polymer Engineering and Science 2010, 50, 1667. http://dx.doi.org/10.1002/pen.21652.
[35] Fernandes C., Pontes A.J., Viana J.C., Gaspar-Cunha A.: International Polymer Processing 2012, 27, 213. http://dx.doi.org/10.3139/217.2511.
[36] Wilczyński K.J., Nastaj A., Lewandowski A., Wilczyński K.: Polymer Engineering and Science 2014, 54, 2362. http://dx.doi.org/10.1002/pen.23797.
[37] Wilczyński K.J., Lewandowski A., Nastaj A., Wilczyński K.: Advances in Polymer Technology 2017, 36, 23. http://dx.doi.org/10.1002/adv.21570.
[38] Wilczyński K.J., Lewandowski A., Nastaj A., Wilczyński K.: International Polymer Processing 2016, 31, 82. http://dx.doi.org/10.3139/217.3154.
[39] Wilczyński K., White J.L.: Polimery 2008, 53, 754.
[40] Wilczyński K., Nastaj A., Lewandowski A., Wilczyński K.J.: Polimery 2011, 56, 45.
[41] Lewandowski A., Wilczyński K.J., Nastaj A., Wilczyński K.: Polymer Engineering and Science 2015, 55, 2838. http://dx.doi.org/10.1002/pen.24175.
[42] Wilczyński K.: Polymer-Plastics Technology and Engineering 1999, 38, 581. http://dx.doi.org/10.1080/03602559909351602.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Polimery”, 2018, 63, nr 1, s. 38-44.

dr hab. inż. Andrzej Nastaj
prof. dr hab. inż. Krzysztof Wilczyński

Politechnika Warszawska, Instytut Technik Wytwarzania

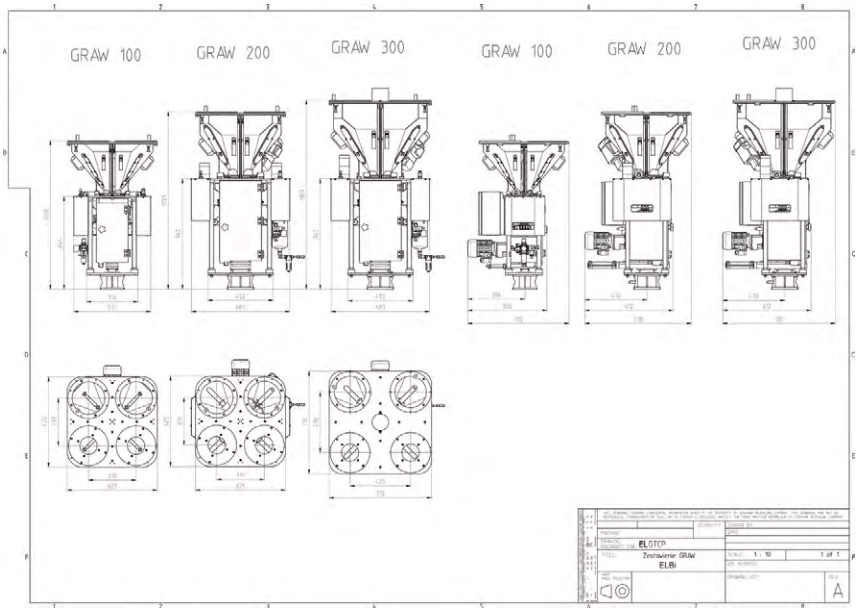
REKLAMA

Dozowniki wagowe inne niż inne

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

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

Produkowane przez firmę ELBi Wrocław dozowniki wagowe serii GRAW z możliwością bezpośredniej pracy na maszynie, tworzą typoszereg urządzeń o wydajnościach od 100 do 400kg/h. Innowacyjną cechą tych dozowników jest separacja drgań mechanicznych uzyskana poprzez unikalną i opatentowaną konstrukcję mechaniczną. Oprogramowanie tych bardzo



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

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

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

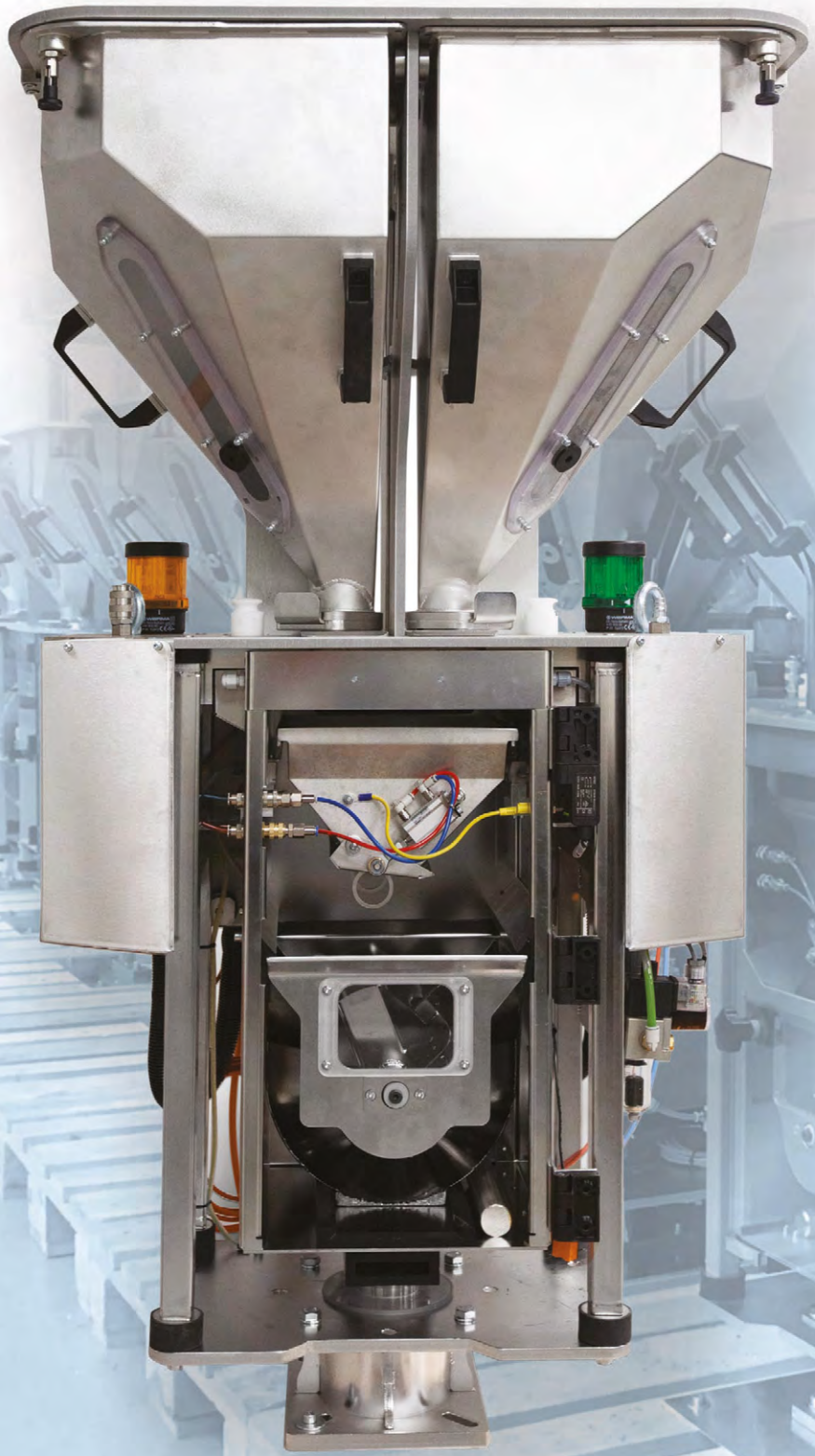
Produkujemy również moduły wagowe montowane pod zbiornikami magazynującymi. Rejestrują one ubytek lub przyrost wagi poszczególnych zbiorników. Zintegrowana baza danych pozwala na tworzenie statystyk przerobu poszczególnych tworzyw na wybranych maszynach. Archiwum pomiarów dostępne jest przez środowisko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

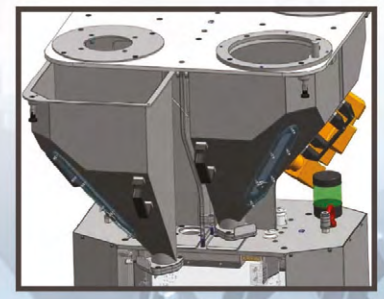
www.elbi.com.pl

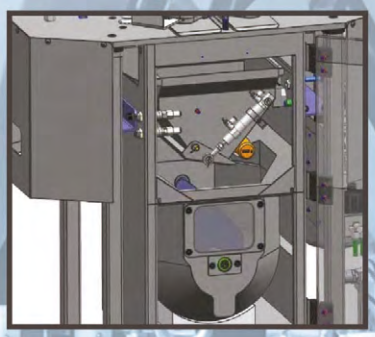
Dozowniki inne niż inne...

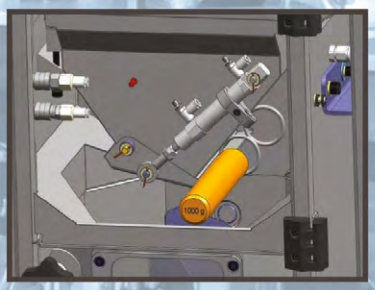
- OPATENTOWANY SYSTEM SEPARACJI DRGAŃ
- DYNAMICZNA STABILIZACJA WAGI

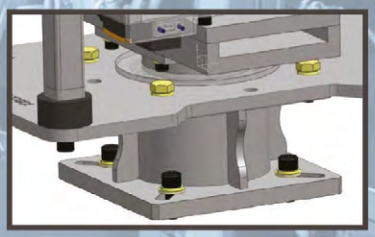
ElBi Wrocław











www.elbi.com.pl

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

Targi Kielce
exhibition & congress centre

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

Kup bilet już dziś!

PLASTPOL

28. Międzynarodowe Targi Przetwórstwa
Tworzyw Sztucznych i Gumy

21-24 | **05** | 2024
Kielce

plastpol.com /showcase/plastpolfair /PlastpolFair Kanał: Plastpol 4.0.

Wytłaczarki laboratoryjne firmy Ekochem z Głogowa w przetwórstwie tworzyw sztucznych

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

PRECYZJA I WSZECHSTRONNOŚĆ

Wytłaczarki laboratoryjne firmy Ekochem pozwalają na precyzyjne kontrolowanie procesu wytłaczania. Dzięki nim możliwe jest dostosowywanie parametrów takich jak temperatura, prędkość wytłaczania 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. Wytłaczarki posiadają możliwość regulacji wysokości. Wszystkie podzespoły i moduły integrowane są w jedną całość, na jednej mobilnej ramie. Koncepcja wytłaczarek laboratoryjnych opiera się na założeniu „włącz i pracuj". Wystarczy podłączyć wytłaczarkę, zasilanie i pracować. Parametry i opcje dobierane są indywidualnie pod klienta. W ofercie występują dwa rodzaje wytłaczarek: serii LAB - dwuślimakowe oraz serii WJ – jednoślimakowe.

Tabela 1. Modele wytłaczarek 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

www.wwekochem.com

REKLAMA

EKOCHEM

Potrzebujesz Profesjonalnego Serwisu dla Twojej Maszyny?

ZAUFAJ 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

Jak istotna jest szybkość chłodzenia w procesie wtrysku tworzyw sztucznych?

Patryk Gratka

Szybkość chłodzenia odgrywa kluczową rolę w procesie wtrysku tworzyw sztucznych, ponieważ wpływa na jakość i właściwości ostatecznego wyrobu. Odpowiednie chłodzenie może znacznie poprawić wydajność, wytrzymałość i dokładność wymiarową wytworzonego komponentu w przetwórstwie tworzyw sztucznych. Warto zrozumieć, jakie są najważniejsze aspekty i czynniki wpływające na efektywność chłodzenia oraz jak różne rodzaje tworzyw reagują na ten proces. Te zagadnienia znajdziesz w poniższym artykule.

CHŁODZENIE TWORZYW SZTUCZNYCH W PROCESIE WTRYSKU – NA CO ZWRÓCIĆ UWAGĘ?

Najważniejsze aspekty i czynniki wpływające na efektywność chłodzenia w procesie wtrysku tworzyw sztucznych to:

- **Temperatura formy wtryskowej i tworzywa** – odpowiednia temperatura formy oraz tworzywa jest kluczowa dla uzyskania optymalnej jakości wyrobu. Zbyt niska temperatura formy może skutkować niepełnym wypełnieniem formy, a zbyt wysoka może spowodować deformacje lub przegrzanie tworzywa.
- **Czas chłodzenia** – szybkie chłodzenie może skrócić cykl wtrysku, zwiększając wydajność produkcji, ale zbyt szybkie schładzanie może spowodować wewnętrzne naprężenia i deformacje w wyrobie.
- **Jednorodność chłodzenia** – równomierne rozprowadzenie chłodzenia po całej formie i wyrobie jest kluczowe dla uniknięcia zniekształceń i wewnętrznych naprężeń.
- **Materiał formy** – wybór odpowiedniego materiału formy może wpłynąć na zdolność do efektywnego przewodzenia ciepła i jednorodności chłodzenia.
- **Projekt formy** – optymalny projekt formy uwzględniający odpowiedni kanał chłodzący i konstrukcję formy może znacznie poprawić efektywność chłodzenia.
- **Rodzaj tworzywa sztucznego** – różne rodzaje tworzyw sztucznych mają różne właściwości termiczne i wymagają dostosowania parametrów chłodzenia. Polimery o różnych temperaturach krystalizacji i temperaturach topnienia wymagają odmiennych prędkości chłodzenia.
- **Grubość i kształt wyrobu** – grubsze wyroby wymagają dłuższego czasu chłodzenia, aby schłodzić wnętrze materiału. Ponadto, kształt wyrobu może wpłynąć na równomierne dystrybuowanie chłodzenia, co może wymagać odpowiedniego zaprojektowania kanałów chłodzenia w formie.
- **Temperatura tworzywa w momencie wtrysku** – wyższa temperatura tworzywa przy wtrysku może pomóc zmniejszyć czas

Firma RAS Sp. z o.o. specjalizuje się w dostarczaniu urządzeń chłodniczych.
Firma działa kompleksowo na terenie całej Polski.
Sprzedaje i wynajmuje agregaty chłodnicze, pomaga w doborze optymalnych rozwiązań i w obliczaniu potrzebnej mocy chłodniczej.
Jako firma RAS Sp. z o.o. na rynku istniejemy od 2014 roku, ale doświadczenie w zakresie procesów chłodniczych, produkcji wody lodowej, technik klimatyzacyjnych zdobywaliśmy przez ponad 40 lat w Polsce i za granicą.
W gronie naszych klientów firmy znajdują się zakłady produkcyjne, parki maszynowe, obiekty przemysłowe, hotele, centra handlowe i prywatne ośrodki sportowe.
Ich zadowolenie to dla nas najlepsza rekomendacja.
W przypadku awarii natychmiast ruszamy z pomocą.
Jeśli urządzenie się zepsuje dostarczymy inne.
Nie musisz się martwić, że stracisz pieniądze z powodu zatrzymania linii produkcyjnej.

Wynajmij chiller

Wynajem agregatów chłodniczych to idealne rozwiązanie w momencie, gdy masz do czynienia z nagłą awarią chillera lub też Twoje urządzenia chłodnicze mają zbyt małą moc.
W naszej ofercie znajdziesz szeroki wybór sprawdzonych urządzeń tylko wysokiej jakości.
Wynajem to doskonałe rozwiązanie, gdy:

- otwierasz nową linię produkcyjną i potrzebujesz zwiększyć moc chłodniczą,
- jest lato i szukasz dodatkowego źródła chłodzenia,
- agregat nie jest Ci potrzebny na stałe, a jedynie okresowo,
- testujesz nowe maszyny przed ich zakupem,
- doszło do awarii urządzenia, czas oczekiwania na naprawę lub części zamienne to kilka tygodni, a przerwanie produkcji to dla Ciebie ogromne straty finansowe.

Decydując się na wynajem agregatu, otrzymujesz:

- sprawny, bezpieczny agregat wody lodowej,
- sprzęt dobrany do Twoich potrzeb,
- atrakcyjną cenę,
- montaż i demontaż urządzenia,
- dowolny okres wynajmu, który zawsze można przedłużyć,
- fachową pomoc w obliczeniu mocy chłodniczej, która jest potrzebna,
- uruchomienie urządzenia i gwarancję jego serwisu,
- krótki czas reakcji w razie problemów,
- pewność, że w krótkim czasie możemy dostarczyć zastępczy agregat.

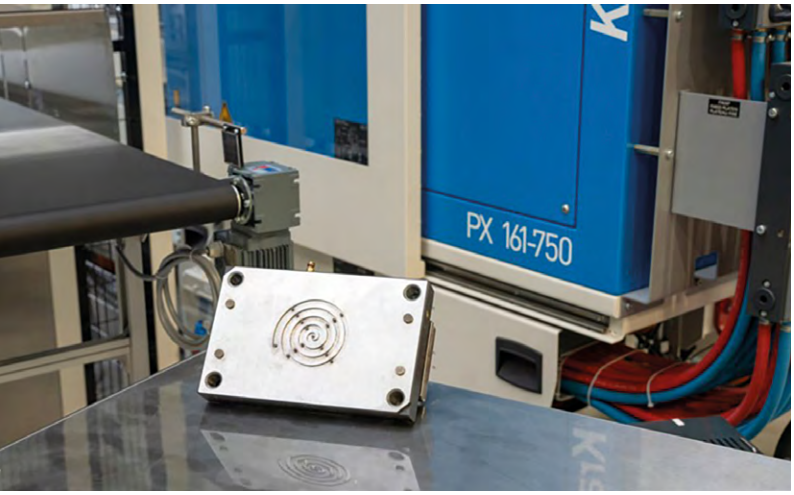
Kup chiller używany

Zakup agregatu używanego to idealna opcja dla firm, które nie chcą inwestować w nowe urządzenie. Firma RAS Sp. z o.o. zapewnia nie tylko sprawnie działający sprzęt, ale też montaż i serwis. Co ważne, na oferowane przez nas chillery używane możesz otrzymać nawet 2-letnią gwarancję.
W ofercie chillerów używanych znajdziesz:

- urządzenia renomowanych producentów,
- chillery solidne i sprawdzone pod względem technicznym,
- agregaty dostosowane do Twoich indywidualnych potrzeb,
- urządzenia dostosowane do obowiązujących norm, posiadające odpowiednie certyfikaty i zabezpieczenia.

RAS
JAKOŚĆ CHŁODZENIA

RAS Sp. z o.o.
ul. Honoraty 48/15
43-100 Tychy
tel. 607 276 732
info@rasagregaty.pl
www.rasagregaty.pl



chłodzenia, ale może wymagać ulepszenia odprowadzenia ciepła z formy.

• **Ciśnienie wtrysku** – odpowiednie ciśnienie wtrysku może wpływać na równomierne wypełnienie formy i jednocześnie wpływać na proces chłodzenia.

• **Gęstość kanałów chłodzenia** – optymalny układ kanałów chłodzenia w formie jest kluczowy dla równomiernej dystrybucji chłodzenia na powierzchni formy i wyrobu. Nieprawidłowy układ kanałów może prowadzić do lokalnych obszarów przegrzewania lub niedochłodzenia.

• **Właściwości termiczne formy** – wybór odpowiedniego materiału formy, który ma dobre właściwości przewodzenia ciepła, może poprawić efektywność chłodzenia.

• **Izolacja termiczna** – odpowiednie zabezpieczenie formy przed utratą ciepła może pomóc w utrzymaniu optymalnej temperatury formy podczas procesu wtrysku.

• **Czas trwania procesu wtrysku** – odpowiednie dostosowanie czasu trwania całego procesu wtrysku, w tym czasu wtrysku i czasu chłodzenia, jest istotne dla uzyskania optymalnych wyników.

• **Warunki otoczenia** – czynniki zewnętrzne, takie jak temperatura i wilgotność otoczenia, mogą wpływać na skuteczność procesu chłodzenia.

• **Zastosowanie dodatkowych chłodzących lub ogrzewających elementów –** niektórych przypadkach może być konieczne zastosowanie dodatkowych systemów chłodzących lub ogrzewających, aby zoptymalizować proces chłodzenia, szczególnie dla wyrobów o skomplikowanych kształtach.

SZYBKOŚĆ CHŁODZENIA TWORZYWA A RODZAJ UŻYTEGO POLIMERU?

Szybkość chłodzenia ma kluczowe znaczenie dla struktury krystalicznej polimeru. W przypadku polimerów semikrystalicznych, szybkie chłodzenie zwiększa liczbę obszarów amorficznych w strukturze, co prowadzi do mniejszej ilości obszarów krystalicznych. Z kolei wolniejsze chłodzenie umożliwia dłuższy czas krystalizacji, prowadząc do większej ilości struktury krystalicznej. Proces krystalizacji jest wrażliwy na szybkość chłodzenia i kontrolowanie tego parametru pozwala na uzyskanie pożądanej struktury polimeru.

• **Tworzywa amorficzne**

Szybkie chłodzenie dla tworzyw amorficznych jest zazwyczaj korzystne, ponieważ przyczynia się do uzyskania lepszej wytrzymałości, zmniejszenia skurczu i zwiększenia przejrzystości. Amorficzne tworzywa sztuczne mają strukturę chaotyczną, dlatego szybkie schładzanie pozwala na zachowanie tej struktury, co poprawia właściwości mechaniczne.

• **Tworzywa semikrystaliczne**

Dla tworzyw semikrystalicznych, które posiadają regularną strukturę krystaliczną w połączeniu z amorficznymi obszarami, odpowiednie chłodzenie jest bardziej złożone. Kontrolowana i stopniowa krystalizacja jest kluczem do uzyskania optymalnych właściwości. Zbyt szybkie chłodzenie może prowadzić do nieregularnej krystalizacji, co z kolei wpływa na właściwości wyrobu.

W JAKI SPOSÓB MANIPULOWAĆ ZAWARTOŚCIĄ FAZY KRYSTALICZNEJ W TWORZYWIE SZTUCZNYM?

Wpływ czynników na efektywność krystalizacji polimerów semikrystalicznych:

• **Temperatura chłodzenia**

Odpowiednia temperatura chłodzenia jest kluczowa dla uzyskania optymalnej krystalizacji. Zbyt szybkie chłodzenie może skutkować nieregularną strukturą krystaliczną, podczas gdy zbyt wolne chłodzenie może prowadzić do dużej ilości obszarów amorficznych.

• **Czas chłodzenia**

Długość czasu, w którym polimer jest wystawiony na chłodzenie, ma wpływ na rozmieszczenie krystalicznych domen w materiale. Dłuższy czas chłodzenia może umożliwić bardziej równomierne i zaawansowane krystalizowanie polimeru.

• **Obecność nukleatorów**

Nukleatory to dodatki chemiczne, które przyspieszają proces krystalizacji, działając jako punkty wyjścia dla krystalizujących cząsteczek. Dodatek odpowiednich nukleatorów może skutkować bardziej jednorodnym i kontrolowanym procesem krystalizacji.

• **Ciśnienie chłodzenia**

Odpowiednie ciśnienie podczas chłodzenia może wpływać na formowanie struktury krystalicznej. Niewystarczające ciśnienie może prowadzić do powstawania porów lub niedoskonałości w strukturze krystalicznej.

• **Kształt i geometria wyrobu**

Kształt i geometria wyrobu mogą wpływać na szybkość chłodzenia w różnych obszarach, co z kolei może wpłynąć na rozmieszczenie krystalicznych i amorficznych obszarów w materiale.

• **Warunki otoczenia**

Czynniki zewnętrzne, takie jak wilgotność otoczenia, mogą wpływać na proces krystalizacji. Wilgoć może wpływać na reakcje chemiczne zachodzące podczas krystalizacji polimeru.

• **Aktywność formy**

Właściwości termiczne i konstrukcja formy mogą wpływać na efektywność krystalizacji. Forma o odpowiedniej aktywności termicznej może powodować równomierne chłodzenie i krystalizację.

• **Historia termiczna tworzywa**

Przed procesem wtrysku tworzywa sztucznego, może ono zostać poddane obróbce termicznej, takiej jak suszenie, co wpływa na wilgotność i strukturę polimeru, a zatem na proces krystalizacji.

• **Obecność domieszek**

Dodatki chemiczne lub domieszki wprowadzane do polimeru mogą wpływać na proces krystalizacji. Czasem obecność domieszek może przyspieszyć lub spowolnić krystalizację, a także wpłynąć na morfologię krystaliczną.

• **Przyspieszenie chemiczne**

Dla niektórych polimerów semikrystalicznych można zastosować przyspieszenie chemiczne, które zwiększa tempo krystalizacji i prowadzi do szybszego tworzenia struktury krystalicznej.

• **Temperatura formy**

Odpowiednia temperatura formy może wpłynąć na szybkość chłodzenia polimeru i tym samym na proces krystalizacji.

COLD TEAM

TECHNICZNA OBSŁUGA CHŁODNICTWA

PRZEMYSŁOWE CHILLERY KOMPAKTOWE FIRMY MTA

SPRZEDAŻ WYNAJEM SERWIS

AUTORYZOWANY DYSTRYBUTOR I SERWIS

MTA

Geneglace ICE TECHNOLOGY

LU-VE GROUP leadership with passion

Kelvion

Heat Transfer Technology AG

coolenergy TEMPERATURE RENTAL

COLDTEAM Sp. z o.o. ul. Hutnicza 36b, 81-061 Gdynia
www.coldteam.pl www.wynajemurzadzenchlodniczych.pl

3 LATA PEŁNEJ GWARANCJI!!!*

Gdynia	Zabrze	Łódź	Poznań	Serwis
tel. 603 818 006	tel. 603 813 092	tel. 575 945 000	tel. 603 813 058	tel. 663 016 300
coldteam@coldteam.pl	marek.korona@coldteam.pl	serwis.lodz@coldteam.pl	biuro.poznan@coldteam.pl	serwis@coldteam.pl

**Pod warunkiem wykonania pierwszego uruchomienia oraz odpłatnych przeglądów serwisowych (z CRO) przez serwis Coldteam.*

REKLAMA

Gdy potrzeba chłodu jest pilna...

Agregaty wody lodowej na wynajem!

Cool®

Istniejemy od 1981 roku

Zgłoś się do nas!

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

R290 eco friendly

Dlaczego my?

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

cool.pl

• **Prędkość wtrysku**
Prędkość wtrysku tworzywa do formy może wpływać na warunki krystalizacji. Wyższa prędkość wtrysku może prowadzić do szybszego chłodzenia, co może wpłynąć na strukturę krystaliczną.
• **Wpływ naprężeń**
Wewnętrzne naprężenia, które mogą wynikać z nierównomiernego chłodzenia, mogą wpływać na proces krystalizacji i morfologię krystaliczną.
• **Historia przetwarzania**
Wcześniejsze przetwarzanie polimeru, na przykład recykling, może wpływać na właściwości krystaliczne i morfologię krystaliczną.
• **Obecność wypełniaczy**
Dodatek wypełniaczy, takich jak włókna szklane lub minerały, może wpływać na krystalizację, zmieniając dyfuzję cząsteczek polimeru podczas chłodzenia.
• **Równowaga fazowa**
Polimery semikrystaliczne podlegają równowadze pomiędzy fazami krystalicznymi i amorficznymi. Wpływ na równowagę fazową może mieć różne parametry procesu.
• **Warunki mieszania i mieszalność**
Jakość mieszania polimeru z dodatkami oraz jego mieszalność może wpłynąć na jednorodność i skuteczność krystalizacji.
• **Długość łańcucha polimeru**
Długość łańcucha polimeru może wpływać na proces krystalizacji, ponieważ krótsze łańcuchy mają tendencję do krystalizowania się szybciej niż dłuższe.
• **Aktywność międzyfazowa**
W wielofazowych układach polimerów, takich jak mieszanki polimerów, aktywność międzyfazowa może wpływać na rozkład faz i krystalizację.
• **Ruchomość cząsteczek**
Ruchomość cząsteczek polimeru, która jest zależna od temperatury, może wpływać na tempo krystalizacji.

CZY WIĘKSZA ZAWARTOŚĆ FAZY KRYSTALICZNEJ JEST POŻĄDANA?

Wpływ zawartości fazy krystalicznej na wyroby i właściwości

Większa zawartość fazy krystalicznej w polimerze semikrystalicznym zazwyczaj przekłada się na lepsze właściwości mechaniczne, takie jak wytrzymałość i sztywność. Wyroby wykonane z polimerów o większej zawartości fazy krystalicznej są zazwyczaj bardziej wytrzymałe i odporne na działanie czynników zewnętrznych, takich jak temperatury ekstremalne czy wilgoć. Jednak zbyt duża zawartość fazy krystalicznej może prowadzić do kruchego i trudnego do przetwarzania materiału, dlatego ważne jest znalezienie odpowiedniego balansu w zależności od zamierzonych zastosowań.

Mniejsza zawartość fazy krystalicznej w polimerze semikrystalicznym może skutkować lepszą zdolnością do przetwarzania i kształtowania materiału. Polimery o większej ilości obszarów amorficznych są zazwyczaj bardziej elastyczne i łatwiejsze do formowania, co jest korzystne w niektórych zastosowaniach, takich jak wytwarzanie złożonych kształtów. Jednakże, mniejsza zawartość fazy krystalicznej może prowadzić do obniżenia wytrzymałości i sztywności materiału, co może być niepożądane w niektórych zastosowaniach wymagających większej wytrzymałości.

Odpowiednie określenie optymalnej zawartości fazy krystalicznej w polimerze semikrystalicznym jest kluczowe dla uzyskania właściwych właściwości wyrobu. Producenci i inżynierowie materiałowi muszą dokładnie zbalansować potrzeby zastosowania i wymagania wyrobu z charakterystykami polimeru. Często konieczne jest przeprowadzenie prób i badań, aby znaleźć optymalną zawartość fazy krystalicznej dla konkretnego wyrobu.

Rhytemper of firmy ONI to wieloobwodowy systemem regulacji temperatury. Automatycznie i szybko odprowadza ciepło z formy w każdym obiegu, zgodnie z aktualnym zapotrzebowaniem.

PODSUMOWANIE

Szybkość chłodzenia w procesie wtrysku tworzyw sztucznych ma kluczowe znaczenie dla uzyskania wysokiej jakości wyrobów. Odpowiednie chłodzenie wpływa na strukturę polimerów, co z kolei przekłada się na właściwości mechaniczne i fizyczne wytworzonego komponentu. Dla tworzyw amorficznych, szybkie schładzanie pozwala zachować strukturę chaotyczną, poprawiając wytrzymałość i przejrzystość. W przypadku polimerów semikrystalicznych, kontrolowane chłodzenie umożliwia równomierne ułożenie struktury krystalicznej, wpływając na właściwości materiału. Współczesne technologie i zaawansowane techniki przetwarzania polimerów pozwalają na coraz lepsze kontrolowanie procesu chłodzenia, co prowadzi do ciągłego doskonalenia jakości i właściwości wtryskiwanych wyrobów z tworzyw sztucznych.

Wpływ zawartości fazy krystalicznej jest zależny od konkretnego zastosowania wyrobu. Większa zawartość fazy krystalicznej zazwyczaj przekłada się na lepsze właściwości mechaniczne, podczas gdy mniejsza zawartość może poprawić zdolność do przetwarzania i kształtowania materiału. Ostateczny wybór zawartości fazy krystalicznej musi być dokładnie przemyślany i zbalansowany w kontekście wymagań danego wyrobu.

W ofercie firmy Dopak znajdziesz zarówno maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych najlepszych europejskich producentów, jak również Rhythemper – czyli wieloobwodowy system regulacji temperatury formy i inne niezbędne urządzenia peryferyjne do wtryskarki. Nowością w naszej ofercie są formy wtryskowe od niemieckiego partnera – Roth Werkzeugbau GmbH.

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

Patryk Gratka, inżynier R&D w Dopak

Kontrola jakości w produkcji wyrobów gumowych

W produkcji wyrobów gumowych kontrola jakości (QC) ma coraz większe znaczenie dla wytwarzania części o wysokiej jakości. Producenci wyrobów gumowych wykorzystują QC jako system zarządzania jakością w celu zapewnienia, że ich produkty spełniają lub przekraczają wymagania klienta, a także w celu efektywnego kosztowo ciągłego ulepszania produkcji i wydajności. Podczas gdy kiedyś QC była zaprojektowana tak, aby skupiać się prawie wyłącznie na oczekiwaniach klienta, co nadal ma miejsce, obecnie procedury QC ewoluowały, aby objąć całość procesów produkcyjnych. Takie podejście do zarządzania jakością zapewnia stałą ocenę tych procesów, co z kolei gwarantuje, że produkcja standardowych, specjalistycznych lub niestandardowych komponentów i części jest najwyższej jakości.

PROGRAM KONTROLI JAKOŚCI DLA PRODUKCJI GUMY

Wdrożenie programu kontroli jakości to coś więcej niż tylko podpisanie certyfikatu dla gotowej części. Udany program otwiera komunikację i tworzy ciągły dialog pomiędzy kierownictwem, inżynierami, personelem ds. jakości i innymi pracownikami w celu osiągnięcia zadowolenia klienta. Dobrze poinformowany personel w połączeniu z dobrze zdefiniowaną kontrolą może pomóc w standaryzacji produkcji i dać personelowi narzędzia do identyfikacji i reagowania na problemy jakościowe w czasie rzeczywistym. Ograniczając wszelkie możliwości popełnienia błędu, zwiększa się wydajność produkcji i produktów.

Zanim jakikolwiek produkt, część lub komponent opuści zakład, QC ma na celu przetestowanie jednostek w celu ustalenia, czy spełniają one lub mieszczą się w specyfikacji produktu końcowego. Celem testów QC jest sprawdzenie, czy standardy jakościowe są spełniane i określenie, czy w danym obszarze procesu produkcyjnego należy podjąć działania korygujące. Efektywny program QC pomaga producentom gumy w uzyskaniu zgodności z normami jakościowymi. Raz ustanowiony, daje producentom punkt odniesienia do konsekwentnego spełniania tych standardów w produkcji części i komponentów. QC to system, który selektywnie przegląda, pobiera próbki, identyfikuje i eliminuje wadliwe produkty podczas produkcji. Skuteczna kontrola jakości może zlokalizować i zająć się wadliwymi produktami lub procesami powodującymi problem, nie tylko je naprawić, ale także udoskonalić, zanim produkty trafią na rynek i zostaną zakupione przez konsumentów.

W miarę ewolucji QC z procesu całkowicie skoncentrowanego na konsumencie przekształciła się w podejście bardziej integrujące, które pozwala na redukcję kosztów i zwiększenie wydajności jako całości. Podczas procesów produkcyjnych istotną częścią kontroli jakości jest ustanowienie protokołów, które pozwalają na przewidywanie błędów. Ciągłe testowanie i sprawdzanie produktów pod kątem statystycznie istotnych różnic w jakości to sposób, w jaki ustala się zgodność produktów z normami jakości. Daje to pewność, że przestrzegane są prawidłowe procedury, a w przypadku wystąpienia problemu, może on zostać szybko zidentyfikowany w trakcie jego trwania.

Foto by DRAZEN ZIGIC in Freepik

Wyniki inspekcji i testowania kontroli jakości są osiągane poprzez ciągłą analizę statystyczną próbek produktów i ich procesów. Dane z próbkowania są zbierane i interpretowane przez inspektorów w celu zapewnienia zgodności z normami jakościowymi i szybkiej identyfikacji problemów jakościowych. Ilość zmarnowanego materiału jest zredukowana, a określenie wadliwego produktu ogranicza potencjał wydłużonego czasu przestoju produkcyjnego i zmniejszonej wydajności pracy. Zapobiega to wszelkim spadkom rentowności związanym z czasem straconym na produkcję i pracę.

Wreszcie, kontrola jakości zapewnia również system śledzenia i identyfikowalność produktu podczas jego przechodzenia przez proces produkcyjny. Identyfikowalność rejestruje informacje, począwszy od inwentaryzacji surowca po jego otrzymaniu, poprzez każdy etap procesu produkcyjnego, aż do wysyłki produktów. Zgodność z normami jakości nie może być spełniona bez kompleksowego systemu zarządzania jakością, który monitoruje źródło, historię i dystrybucję produktu.

Kiedyś systemy kontroli jakości były podstawowym sposobem zapewnienia satysfakcji klienta, obecnie są one częścią szerszego systemu zarządzania jakością, którego celem jest redukcja kosztów i poprawa efektywności. W przypadku producentów gumy, QC nadal zapewnia, że produkty spełniają lub przekraczają oczekiwania klientów dzięki skutecznej integracji z całym procesem produkcyjnym.

Źródło: techosfera.pl

Kolorymetria – ważny element budowania lojalności wobec marki

Wartość rozpoznawcza osiągana dzięki własnym kolorom, kształtom lub symbolom firmy jest jedną z podstawowych zasad prezentacji firmy. Dzięki samym kolorom lub ich kombinacji klienci i użytkownicy rozpoznają powiązaną z nimi markę, nie widząc jej nazwy. Wizerunek z własnymi kolorami firmowymi odróżnia daną ofertę od oferty konkurencji. Rozpoznawalne i zawsze spójne barwy produktów wywołują znajome wrażenie.

Dlatego w Grupie Bosch kolor stanowi integralną część nie tylko wizerunku marki, ale także projektu produktu. Jako wiodący na świecie dostawca elektronarzędzi, narzędzi ogrodniczych, osprzętu do elektronarzędzi i techniki pomiarowej, firma Robert Bosch Power Tools GmbH, oddział Grupy Bosch, stawia na niezmiennie wysoką jakość swoich produktów. W dziedzinie kolorów obowiązują precyzyjne przepisy i specjalnie zdefiniowane odcienie. Nie ma również dużej swobody ani tolerancji kolorystycznej dla narzędzi i akcesoriów. Do realizacji tych wytycznych potrzebna jest niezawodna i precyzyjna metoda obiektywnego określania i oceny poszczególnych odcieni.

Dlatego w zakładzie w Leinfelden-Echterdingen firma Bosch Power Tools GmbH korzysta z kolorymetrów Konica Minolta. W ten sposób części obudowy zawsze mają ten sam odcień - bez względu na materiał, z którego są wykonane. Tutaj również odbywa się zarządzanie kolorami na całym świecie. Dział odpowiedzialny za technologię tworzyw sztucznych używa spektrofotometru Konica Minolta CM-3600A do sprawdzania wszystkich próbek kolorów tworzyw sztucznych, używanych w Bosch Power Tools na całym świecie. Nie ma znaczenia, czy jest to niebieskie czy zielone urządzenie, obudowa czy kolorowy element z tworzywa sztucznego.

W ten sposób na przykład przeprowadzane są pomiary na plastikowych płytkach próbek dostawców, przez porównanie ich z ustalonymi, obowiązującymi standardami. Ponadto wykonywane są pomiary porównawcze plastikowych komponentów, obudów i walizek na narzędzia. Te z kolei są wykorzystywane do zatwierdzania mieszanek granulatów dla testowanych elementów.

Ponadto firma Bosch w Leinfelden-Echterdingen bierze również pod uwagę wpływ metameryzmu na komponenty. Dla próbek o różnych krzywych wartości widmowych określa się standardowe wartości kolorów w różnych rodzajach światła. Między innymi przypisuje się wówczas i definiuje - w zależności od rodzaju oświetlenia - wartości tolerancji. W zależności od potrzeb można je potem zachować lub pominąć, pozostawiając niezaznaczone pole wyboru w menu operacyjnym.

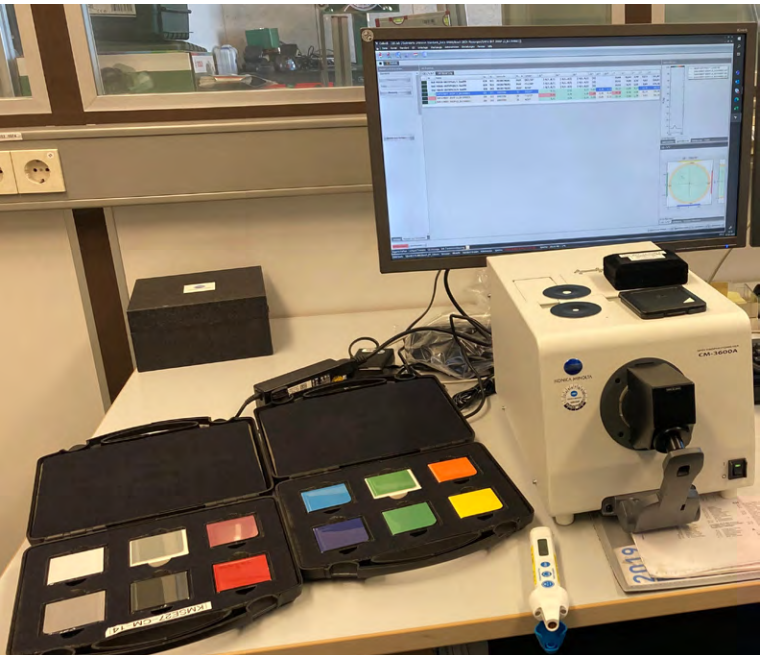
Jörg Albrecht, inżynier ds. rozwoju w Bosch Power Tools GmbH, opisuje urządzenie pomiarowe i jego zastosowanie w następujący sposób: – Instalacja i obsługa są oczywiste i intuicyjne. Urządzenie pomiarowe jest wytrzymałe i solidnie wykonane. Kalibracja jest opisywana za pomocą okien tekstowych przy każdym ponownym uruchomieniu systemu, a w przypadku błędów rozwiązanie natychmiast informuje o nich użytkownika. Ze względu na odsłonięty otwór pomiarowy, można sprawdzić nawet duże elementy, takie jak skrzynki narzędziowe lub obudowy maszyn, bez niszczenia przedmiotu obrabianego.

PROSTY TRYB PRACY PRZEKONUJE

– Urządzenie jest szybko gotowe do użycia i mierzy to, co powinno – wyjaśnia dalej Jörg Albrecht. Kolejną zaletę pan Albrecht dostrzega również w tym, że oprogramowanie kolorymetryczne tworzy i zapisuje dokumenty w różnych typach plików. Zmierzone wartości można następnie łatwo porównać ze sobą.

Zgodnie ze swoim mottem: „Learning by doing and testing“ (nauka przez działanie i testowanie), specjalista ds. rozwoju w firmie Bosch był w stanie samodzielnie nauczyć się obsługi urządzenia, eksperymentując ze zmienionymi ustawieniami, a następnie sprawdzając wyświetlacze. Dzięki kolorowemu oznaczeniu pól pomiarowych na zielono (metrologicznie OK), żółto (granica) i czerwono (metrologicznie nie OK), nawet użytkownicy bez doświadczenia w kolorymetrii mogą sprawdzić, czy wynik mieści się w wymaganej tolerancji.

Po jednorazowym skonfigurowaniu standardów i ustawieniu wartości, formularzy lub protokołów testowych, system można ponownie skonfigurować w zależności od zadania testowego



i pożądanych wartości wyświetlania. Po zapisaniu danych szablony można odzyskać w dowolnym momencie.

PRECYZYJNIE I SZYBKO DO SUKCESU

– Jesteśmy bardzo zadowoleni ze zmiany na urządzenie Konica Minolta. Otrzymujemy szybko i łatwo precyzyjne wyniki pomiarów, a wyświetlanie raportów QA spełnia nasze wymagania. Dzięki obsłudze klienta Konica Minolta kalibracja fabryczna jest przeprowadzana co roku na miejscu, co stale zapewnia dokładność pomiaru instrumentu bez większych nakładów. Podsumowując, jest to doskonały, wszechstronny pakiet, który z nawiązką spełnia kryteria profesjonalnej kolorymetrii w przemyśle.

JAK WAŻNY MOŻE BYĆ KOLOR?

O tym, jak ważny jest kolor, firma Bosch przekonała się w 2020 r. W 2018 roku producent zmienił kolor swoich narzędzi do majsterkowania i sprzętu ogrodniczego na „Bosch Pale Green". Potem firma Bosch powróciła do klasycznej zieleni Bosch z czerwonymi elementami sterującymi. Zachowano jednak zmieniony dwa lata wcześniej design produktu, ze spokojniejszą sylwetką i przejrzystym wzornictwem i połączono go ze znanym „Bosch Classic Green". Według producenta, zakrojona na szeroką skalę ankieta przeprowadzona wśród klientów wykazała, że właśnie takiego wyglądu elektronarzędzi Bosch oczekują majsterkowicze.

ROBERT BOSCH POWER TOOLS GMBH

Robert Bosch Power Tools GmbH, oddział Grupy Bosch, jest wiodącym światowym dostawcą elektronarzędzi, narzędzi ogrodowych, osprzętu do elektronarzędzi i technologii pomiarowej. W 2022 r. około 20 000 współpracowników wygenerowało sprzedaż w wysokości 5,9 miliardów euro, z czego około 90 procent poza Niemcami. Dzięki markom takim jak Bosch i Dremel, dział ten stał się symbolem bliskiej relacji z klientem i postępu technicznego. Kluczowymi czynnikami jego sukcesu są siła i tempo innowacji. Także w roku 2023 firma Bosch Power Tools ponownie wprowadziła na rynek ponad 100 nowych produktów w czterech obszarach biznesowych: elektronarzędzi, narzędzi ogrodowych, osprzętu i technologii pomiarowej.

KONICA MINOLTA SENSING EUROPE B.V.

Jako wiodący dostawca systemów pomiaru koloru, Konica Minolta Sensing Europe B.V. oferuje rozwiązania sprzętowe i programowe, które są wykorzystywane do zapewnienia jakości w wielu branżach produkcyjnych, takich jak przemysł motoryzacyjny, producenci powłok i tworzyw sztucznych, przemysł artykułów i dodatków spożywczych, przemysł graficzny, a także przez producentów chemikaliów i farmaceutyków. Innowacyjne rozwiązania Konica Minolta do zarządzania kolorem wspierają cały łańcuch dostaw w zakresie badań i rozwoju, produkcji, zapewnienia jakości i recepturowania kolorów.

KONICA MINOLTA

Konica Minolta Sensing Europe B.V.
Sp. z o.o. Oddział w Polsce
53-025 Wrocław, ul. Skarbowców 23a
tel. +48 71 734 52 11
e-mail: info.poland@seu.konicaminolta.eu
Web: www.konicaminolta.pl

Zapraszamy na Plastpol
Kielce 21-24.5.2024
Stoisko D-95

REKLAMA

Pomiary powłok lakierniczych na tworzywach sztucznych

Tworzywa sztuczne stanowią istotne elementy wielu produktów. Ich zaletą oprócz trwałości i łatwości formowania są oczywiste walory estetyczne. W celu podkreślenia tych walorów estetycznych elementy z tworzyw sztucznych są bardzo często lakierowane, a jednym z najistotniejszych parametrów jest grubość powłoki lakierniczej.

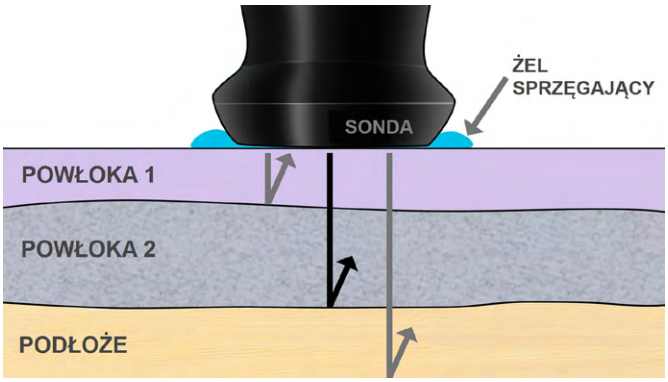
O ile pomiar grubości powłoki na podłożach metalowych jest technologicznie rozwiązany od bardzo wielu lat, to pomiar na materiach niemetalowych wciąż jest rzadkością i potrafi stawiać spore wymagania operatorom.

Częstym pomiarem grubości powłok na tego typu podłożach są pomiary niszczące polegające na przecięciu, bądź nawierceniu powłoki i poprzez mikroskop pomierzenie grubości powłoki. Konieczność uszkodzenia powłoki w większości przypadków dyskwalifikuje te pomiary do zastosowania w bieżącej kontroli produkcji.

Rozwiązaniem pozwalającym na nieniszczący pomiar grubości powłok na tworzywach sztucznych są mierniki ultradźwiękowe. W chwili obecnej dwa najpopularniejsze modele to PosiTector 200 amerykańskiej firmy DeFelsko oraz niemiecki ElektroPhysik QuintSonic.

Pomiar polega na wysłaniu sygnału akustycznego (fali dźwiękowej) w materiał powłoki, która, rozchodząc się w nim, natrafia na granicę warstwy (czyli zmianę ośrodka akustycznego) i generuje echo zwrotne. Pomiar czasu, po jakim powstało to echo, zostaje przeliczony na drogę fali akustycznej w materiale (powłoce), czyli de facto na jej grubość. Można by to żartobliwie skonkludować, że ultradźwiękowe mierniki grubości powłok nie mierzą grubości, ale czas. I z punktu fizyki pomiaru jest to jak najbardziej prawidłowe stwierdzenie.

PosiTector 200B Advanced

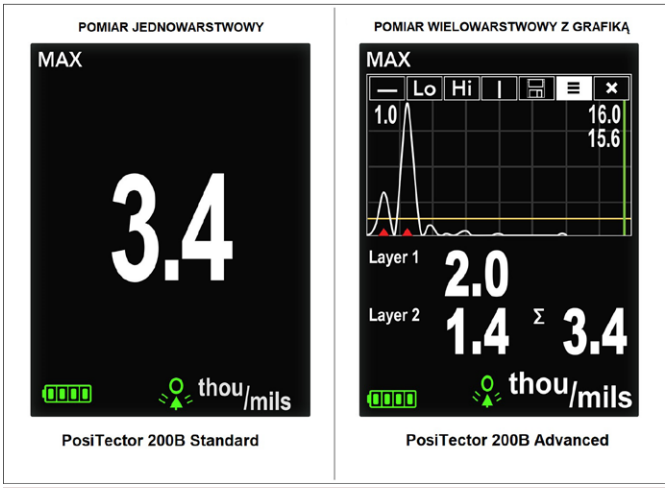


Sygnał akustyczny w powłoce

Zaletą takiej metody jest to, że pozwala ona pomierzyć nie tylko jedną powłokę (warstwę), ale również układy wielowarstwowe, z pomiarem każdej z warstw. Warunkiem takiego pomiaru jest różnica we właściwościach akustycznych każdej z warstw, umożliwiająca na powstanie echa na ich granicy. Do pomiarów wielowarstwowych przydatne są mierniki posiadające graficzną ilustrację rozkładu i odbicia fali akustycznej w powłoce. Pozwala to zminimalizować błędy pomiarowe oraz w razie konieczności wytypować prawidłowy wynik.

Metoda ultradźwiękowa ma również swoje słabe strony. Najwięcej trudności sprawiają wszelkie nieciągłości mierzonej powłoki (ośrodka akustycznego), takie jak: mikrorozwarstwienia, pęknięcia, pęcherzyki powietrza, zanieczyszczenia, zbrylenia, pyłki, ziarenka etc. Wszystkie czynniki, które mogą zakłócić sygnał akustyczny i jego odbicie oraz spowodować niechciane interferencje, mogą być dużym utrudnieniem w dokonywaniu pomiarów. Innym utrudnieniem jest brak różnic we właściwościach akustycznych warstw. Aby wykonać prawidłowy pomiar, musi nastąpić powstanie zwrotnego echa akustycznego na granicy dwóch ośrodków (powłok) o różnych właściwościach akustycznych. Brak rozróżnialnej granicy uniemożliwia taki pomiar, a jej małe zróżnicowanie bardzo go utrudnia. Dlatego pomiar kilku warstw składających się z tego samego materiału (np. dwie czy trzy warstwy tej samej farby) są bardzo trudne do prawidłowego rozdzielnego pomierzenia, a czasami wręcz niemożliwe.

Inną trudnością jest dobranie prawidłowych parametrów przejścia fali akustycznej przez badaną powłokę. Ponieważ miernik mierzy czas przejścia dźwięku przez powłokę, właściwości fizyczne powłoki będą miały istotny wpływ na czas tego przejścia. Czas tego przejścia, a co za tym idzie wyświetlony wynik grubości powłoki, zależą od prędkości dźwięku w materiale, z którego jest wykonana powłoka. Zmiana tej prędkości wynikająca z odmiennych cech fizycznych powłoki, będzie skutkowała wskazaniem innego wyniku grubości. Jest to trudność dość istotna, szczególnie w porównaniu z pomiarami na podłożach metalowych, gdzie cechy powłoki nie mają żadnego wpływu na finalny wynik jej grubości (oczywiście przy zachowaniu wszyst-



Pomiar jednowarstwowy i wielowarstwowy

kich warunków wymaganych przez fizykę pomiaru). Rozwiązaniem tej trudności pomiarowej są funkcje kalibracji w miernikach ultradźwiękowych. Najpopularniejszą metodą jest wybór rodzaju ośrodka, stosowany w standardowych miernikach ultradźwiękowych do pomiaru grubości materiału. Wybierając z menu rodzaj mierzonego materiału (stal, aluminium, szkło, plexi etc.), wybieramy od razu prędkość dźwięku, wg której będzie przeliczany pomierzonych czas przejścia sygnału akustycznego. Niestety, w przypadku powłok malarskich czy lakierniczych takiego komfortu nie mamy. Producenci farb nie badają prędkości dźwięku w swoich produktach. Dlatego bardzo pomocna jest funkcja kalibracji, polegająca na zaprogramowaniu parametrów pomiarowych wg znanej grubości próbki. Pozwala to na przyjęcie podczas pomiaru danej powłoki, rzeczywistej prędkości dźwięku w niej występującej. W przypadku systemów wielowarstwowych, kalibracja taka pozwala na niezależne ustawienie paramentów każdej warstwy.

Pomimo tych utrudnień związanych z techniką pomiaru, w przypadku konieczności pomiaru powłok na tworzywach sztucznych, nie dysponujemy innymi nieniszczącymi metodami pozwalającymi na pomiar grubości powłok lakierniczych. Stosowanie takich rozwiązań pomiarowych wpływa na poprawę jakości produkcji oraz zmniejszenie reklamacji i kosztów z nimi związanych. Urządzenia te są coraz popularniejsze w branżach, gdzie wysoka jakość wykończenia produktów jest istotnym wymaganiem. Z powodzeniem stosowane są w przemyśle automotive, jachtowym, produkcji wyposażenia wnętrz czy sprzętów gospodarstwa domowego.

Agencja Anticorr Gdańsk jest autoryzowanym przedstawicielem w Polsce firm DeFelsko® oraz ElektroPhysik i ma wieloletnie doświadczenie we wdrażaniu rozwiązań kontrolno-pomiarowych powłok lakierniczych, również stosowanych na tworzywach sztucznych. Zapewnia nie tylko znalezienie odpowiednich rozwiązań, ale również wsparcie techniczne na całym etapie użytkowania sprzętów.

Agencja Anticorr Gdańsk Sp.z o.o.
tel. 502 523 999
biuro@anticorr.pl
www.anticorr.pl

REKLAMA

AGENCJA ANTICORR

Agencja Anticorr Gdańsk Sp. z o.o.
ul. Tarcice 11, 80-718 Gdańsk
tel: 58 343 25 53, 502 523 999
biuro@anticorr.pl

Urządzenia kontrolno-pomiarowe do badania powłok i tworzyw

Kompleksowe wsparcie techniczne
Profesjonalne doradztwo

www.anticorr.pl

Nowoczesne technologie w przemyśle

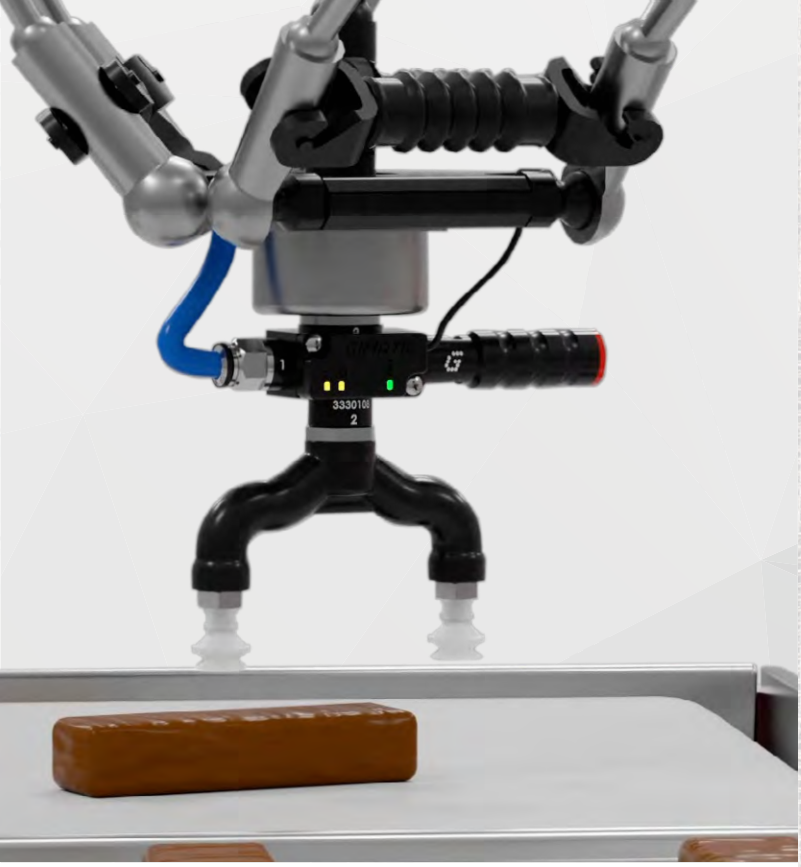
Odkryj, jakie technologie są obecnie używane w największych zakładach produkcyjnych na świecie. Połączenie utrwalonych trendów i nowych technologii w zakresie automatyzacji produkcji i wymiany danych to Przemysł 4.0. Wiele branż zaczyna stosować nowe, bardziej zaawansowane technologie, a produkcja nie jest tu wyjątkiem. W miarę jak nowoczesne technologie zaczynają przenikać do każdej dziedziny naszego życia, zaczynamy dostrzegać ich zastosowanie w produkcji.

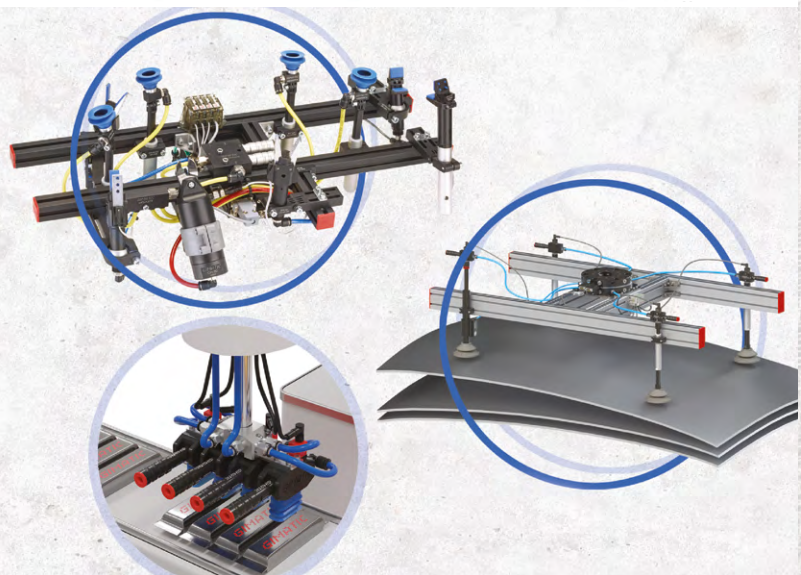
INNOWACJE W PRZEMYŚLE – RODZAJE NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII WYKORZYSTYWANYCH W PROCESACH PRZEMYSŁOWYCH

Integracja nowoczesnych technologii w zakładzie produkcyjnym wyznacza nową erę w przemyśle. Wykraczając poza dotychczasową podstawową automatyzację fabryki, inteligentna fabryka będzie integrować technologię z każdą częścią procesu produkcyjnego. W pełni połączony, elastyczny i niezwykle wydajny nowy model produkcji będzie wykorzystywał takie technologie jak sztuczna inteligencja, rzeczywistość wirtualna i rozszerzona oraz Internet Rzeczy. Sztuczna inteligencja (AI), Internet Rzeczy (IoT), druk 3D i rzeczywistość wirtualna (VR) to tylko kilka ziaren piasku na plaży nowych przykładów technologii produkcyjnych, ale sztuczna inteligencja (AI) staje się coraz bardziej powszechna w praktyce produkcyjnej.

Istnieje wiele nowoczesnych technologii produkcyjnych, z których większość jest bezpośrednio związana z Przemysłem 4.0 – czwartą rewolucją przemysłową związaną z automatyzacją, wymianą danych, technologiami cyfrowymi, sztuczną inteligencją i uczeniem maszynowym oraz Internetem rzeczy. Wiele technologii produkcyjnych, które wprowadzają innowacje do produkcji i przemysłu, ma również znaczenie dla Przemysłu 4.0.

Według Forbes, analityka predykcyjna, inteligentne i połączone produkty (IoT) oraz zaawansowane materiały to trzy najważniejsze nowoczesne technologie produkcyjne. Od analityki big data do zaawansowanej robotyki i wizji komputerowej w magazynach – technologie produkcyjne wprowadzają bezprecedensowe zmiany. Od zaawansowanej robotyki w laboratoriach badawczych do wizji komputerowej w magazynach – technologia wpływa na każdy etap procesu produkcyjnego.





GIMATIC™

A business of BARNES

LIDER W DZIEDZINIE JAKOŚCI I INNOWACJI

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

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

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

GIMATIC POLSKA Sp. z o.o.
ul. Spadowa 13, 42-233 Wierzchowisko
tel. 34 387 30 52, fax 34 387 30 51
tel. kom. 889 535 500
gimatic@gimaticpolska.pl
www.gimatic.com

Zapraszamy na stoisko E-5
na targach PLASTPOL w Kielcach
w dniach 21–24 maja 2024 r.

Big data pomaga firmom lepiej zarządzać zasobami, a pracownikom szybciej wykonywać zadania. Nowoczesne technologie pomagają organizacjom z różnych branż rozwijać się w znacznie szybszym tempie. Nowoczesna produkcja staje się coraz bardziej zautomatyzowana i zorientowana na technologię.

Dlaczego wdrożenie nowoczesnych technologii to istotny element rozwoju firmy produkcyjnej.

Producenci są zwykle niechętni do wdrażania nowoczesnych technologii, wielu z nich opiera się nowym inwestycjom. Myślenie przyszłościowe i dostosowywanie się do technologii jest szczególnie ważne w przypadku małych producentów. Bez względu na branżę, w której działasz, istnieje dla ciebie rozwiązanie z zakresu zaawansowanych technologii.

Aby nadążyć za danymi, producenci będą musieli wdrożyć technologie solidniejsze niż tradycyjne oprogramowanie do przetwarzania danych i to właśnie dedykowane rozwiązania ERP dają firmie przewagę krytyczną, której potrzebuje, aby odnieść sukces. Aby w pełni wykorzystać swój potencjał, przemysł wytwórczy musi nadal korzystać z nowych technologii. Wprowadzenie innowacyjnych technologii może poprawić wyniki przedsiębiorstw produkcyjnych.

Ponieważ świat technologii poszukuje nowych i innowacyjnych produktów, wiele firm decyduje się na wdrożenie oprogramowania produkcyjnego, aby uprościć swoje praktyki i skuteczniej dostarczać produkty klientom. Firmy działające w różnych sektorach produkcyjnych, zwłaszcza w produkcji dyskretnej związanej z przemysłem motoryzacyjnym, lotniczym i kosmicznym oraz w innych pokrewnych branżach, muszą koniecznie korzystać z nowoczesnych rozwiązań technologicznych w celu usprawnienia procesów, wzmocnienia pozycji zespołów sprzedaży, partnerów i dostawców oraz wykorzystania możliwości oferowanych przez współczesne rozwiązania handlu elektronicznego B2B. Przeniesienie operacji produkcyjnych do chmury oraz budowanie i integrowanie systemów wykorzystujących Internet Rzeczy stworzy zarówno możliwości, jak i wyzwania. Wielu producentów już teraz korzysta z nowoczesnych technologii produkcyjnych.

NOWOCZESNE ROBOTY PRZEMYSŁOWE I ICH ZNACZENIE W PRODUKCJI

W zakładach produkcyjnych na całym świecie szybko pojawiają się tańsze, bardziej elastyczne i wydajniejsze technologie robotyczne. Obecnie roboty pracują w wielu różnych branżach, m.in. w recyklingu gumy i tworzyw sztucznych, produkcji półprzewodników i badaniach naukowych. Nowe technologie, takie jak roboty i uczenie maszynowe (ML), są pilotowane i rozpowszechniane w celu tworzenia inteligentniejszych, coraz bardziej zautomatyzowanych i tańszych fabryk.

Dzięki innowacyjnym technologiom produkcyjnym maszyny i systemy mogą się uczyć i dostosowywać do sytuacji, osiągając większą wydajność dzięki automatyzacji i samooptymalizacji. Nowoczesne technologie produkcyjne pozwolą obniżyć koszty pracy, zwiększyć wydajność i ograniczyć ilość odpadów, dzięki czemu fabryki przyszłości będą tańsze i bardziej ekologiczne. Postęp technologiczny może umożliwić producentom tworzenie produktów o wyższej jakości szybciej i po niższych kosztach niż kiedykolwiek wcześniej, a także pomóc im działać bardziej efektywnie i być bardziej konkurencyjnymi. W pełni zautomatyzowana i zintegrowana technologia pomiaru i monitorowania może zapewnić kontrolę jakości bezpośrednio na etapie produkcji w fabryce przyszłości.

ZASTOSOWANIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W PRZEMYŚLE – NOWOCZESNE TECHNOLOGIE RODEM Z FILMÓW SCI-FI

W zastosowaniach produkcyjnych sztuczna inteligencja stanie się nowym standardem analizowania dużych zbiorów danych i przeprowadzania konserwacji predykcyjnej. Inteligentne technologie nie są nowe, ale stale się rozwijają w związku z przyszłością produkcji. Sztuczna inteligencja i jej poddziedzina, uczenie maszynowe (ML), zyskują coraz większą popularność w sektorze produkcyjnym. Przyjrzyjmy się bliżej sztucznej inteligencji (AI) i dowiedzmy się, w jaki sposób może ona poprawić wydajność produkcji.

Oprogramowanie komputerowe, analiza big data, światłowody, drony, rozpoznawanie obrazów, sztuczna inteligencja i wiele innych rozwiązań odgrywają obecnie ważną rolę w różnych gałęziach przemysłu. Krótko mówiąc, producenci z każdej branży – biotechnologii przemysłowej, farmaceutycznej, motoryzacyjnej, elektronicznej czy innych dóbr materialnych – polegają na robotyzacji i druku 3D, aby zachować konkurencyjność i zawęzić pętlę sprzężenia zwrotnego przy wprowadzaniu produktu na rynek. Wizje Przemysłu 4.0 obejmują w pełni inteligentną fabrykę, w której połączone w sieć maszyny i produkty współdziałają ze sobą za pomocą technologii IoT i nie tylko prototypują i montują określony zestaw produktów, ale także udoskonalają te produkty w oparciu o opinie i wkład konsumentów. Technologia produkcji to termin odnoszący się do szeregu nowoczesnych metod naukowych, produkcyjnych i inżynieryjnych, które pomagają w produkcji przemysłowej i różnych procesach produkcyjnych.

Źródło: kontrola-jakosci.pl. Foto: Freepik

ROTOMOULDING TO NASZA SPECJALNOŚĆ!

Firma Roto4mat wytwarza produkty metodą rotomouldingu oraz wykonuje formy zarówno stalowe jak i aluminiowe.

Pomagamy w realizacji projektu od samego początku aż po uruchomienie produkcji.

R4m

Roto4mat
ul.Wojska Polskiego 3, 39-300 Mielec
e-mail: biuro@roto4mat.pl
tel. +48 17 749 39 39, + 48 512 190 316, +48 508 235 571

Wytrzymałość mieszaniny skrobia termoplastyczna/polilaktyd

Jacek Garbarski, Mariusz Fabijański

Otrzymywanie nowych polimerów jest pracochłonne i kosztowne. Alternatywą jest wytwarzanie mieszanin polimerowych z dwu lub kilku polimerów. W ten sposób otrzymuje się materiały o unikatowych właściwościach łączących cechy polimerów biorących udział w tworzonej kompozycji. Ważnym elementem takiego procesu jest dobór odpowiedniego składu mieszaniny. Oprócz utrzymania odpowiednich parametrów wytrzymałościowych dużą rolę odgrywa cena końcowa materiału [1–5].

W trakcie procesu mieszania dochodzi do modyfikacji fizycznej, do której zalicza się zmiany w strukturze, wywołane przez wymuszoną orientację, tworzenie tzw. kompleksów polimerowych, zmiany stopnia dyspersji i struktury fazowej oraz zmiany interakcji międzycząsteczkowych. Wśród różnych metod sporządzania mieszanin polimerowych można wyróżnić wykonywanie ich w procesie ciągłym, w stanie uplastycznionym w typowych maszynach przetwórczych [6–8]. Tradycyjnie, wykorzystuje się do tego procesu wytłaczarki, najczęściej dwuślimakowe współbieżne [9, 10]. W trakcie tego procesu zachodzi mieszanie polimerów i wytworzenie granulatu do dalszego przetwórstwa. Obserwuje się tu wiele zmian właściwości związanych z mieszaniem dwóch różnych polimerów, takich jak rozpuszczalność, mieszalność, reakcje chemiczne oraz zmiana morfologii końcowego materiału. Proces mieszania może wpływać na właściwości mechaniczne końcowego materiału, takie jak wytrzymałość, wydłużenie i twardość. Dokładne zrozumienie tych aspektów jest kluczowe dla uzyskania zamierzonej jakości granulatu i końcowego produktu [11–14].

Inną metodą przygotowywania takich materiałów jest mieszanie poszczególnych składników we wtryskarce i otrzymanie gotowego wyrobu. Ten sposób przygotowania próbek różnych mieszanin skrobi termoplastycznej (TPS) i polilaktydu (PLA) zastosowano w prezentowanej pracy.

Tworzywa te należą do tzw. grupy polimerów biodegradowalnych. W ostatnich latach rynek tych materiałów przeżywa gwałtowny wzrost, którego tempo zwiększa się z roku na rok [15–18]. Jest to spowodowane głównie wymogami ochrony środowiska. Wśród polimerów biodegradowalnych na pierwszy plan w ostatnich latach wysunął się PLA. Ma on wiele zalet, wśród których najważniejszą jest możliwość przetwarzania metodami konwencjonalnymi. Jednak jego właściwości mechaniczne, w tym wytrzymałość, nie spełniają wielu oczekiwań. W związku z tym podejmowane są liczne wysiłki, aby polepszyć jego właściwości. Zazwyczaj dodaje się różne, sproszkowane komponenty, zarówno organiczne, jak i nieorganiczne [19–22].

Innym polimerem tego typu jest TPS, która ze swej natury jest nie tylko kompostowana jak PLA, ale też w pełni biodegradowalna w każdych warunkach naturalnych [23– 25]. Może być ona otrzymywana z kartofli lub z kukurydzy. Podobnie jak PLA materiał ten jest nazywany „podwójnie zielonym”, co oznacza, że jest produkowany z surowców odnawialnych i jest całkowicie biodegradowalny. TPS charakteryzuje się dużym stopniem homogeniczności i korzystnymi właściwościami mechanicznymi. Wyroby z niej wykonane wykazują dobrą stabilność kształtu w zastosowaniach praktycznych [26, 27]. TPS jest handlowo dostępna w postaci granulatu gotowego do przetwórstwa tradycyjnymi metodami, takimi jak wtryskiwanie i wytłaczanie. Przeznaczona jest do wykonywania opakowań, folii, toreb na zakupy i śmieci oraz wyrobów jednorazowego użytku, takich jak sztućce i talerze [28–30]. TPS otrzymuje się przez rozrywanie struktury warstwowej skrobi natywnej i przeprowadzanie struktury częściowo krystalicznej w materiał prawie całkowicie bezpostaciowy i homogeniczny. Krystaliczna budowa skrobi może być zniszczona przez połączone działanie czynników mechanicznych i cieplnych, co ma miejsce podczas wytłaczania [31– 33]. TPS ma wiele zalet. Przede wszystkim jest w pełni kompostowalna, nie zostawia żadnych toksycznych pozostałości. Jest również niedroga w porównaniu z polimerami syntetycznymi. Jej zastosowanie zależy od stosowanego plastyfikatora i od pochodzenia pod względem botanicznym. Do wad należy zaliczyć małą odporność na wilgoć i słabe właściwości mechaniczne [34, 35].

Prezentowana praca jest kontynuacją badań [36], w których przeprowadzono pilotażowe próby wykonania mieszanin TPS/PLA. Podjęto tu wstępną próbę sporządzania mieszanin PLA/TPS o różnym udziale składników, z zastosowaniem niestandardowego rozwiązania, w celu maksymalnego skrócenia całego procesu i otrzymania końcowego produktu w jednym procesie technologicznym. W związku z tym zaproponowano pominięcie dwuetapowego procesu przygotowania granulatu w wytłaczarce, a następnie wtrysku próbek. Zamiast tego za pomocą wtryskarki sporządzano zarówno same mieszaniny, jak i gotowe próbki, po wcześniejszym fizycznym wymieszaniu obu rodzajów granulatu w mieszalniku bębnowym.

Ze względu na pilotażowy charakter prowadzonych badań wyznaczono jedynie podstawowe fizykomechaniczne właściwości otrzymanych mieszanek polimerowych. Jednak zaobserwowano pewien mechanizm synergii pomiędzy oboma materiałami, gdyż uzyskane parametry były lepsze niż właściwości zarówno czystej TPS, jak i PLA.

Celem pracy była próba wyjaśnienia, na podstawie szczegółowej analizy krzywych rozciągania, zjawiska synergii połączonych w ten sposób dwóch różnych materiałów, które tworzą w rzeczywistości tzw. mieszaninę termodynamicznie niestabilną. W przyszłości uzyskane wyniki mogą pozwolić na opracowanie takich mieszanin o zadanych parametrach, do konkretnych zastosowań.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA – MATERIAŁY

W badaniach wykorzystano TPS o nazwie handlowej Envifill MB173 prod. Grupy Azoty (Polska) [37]. Materiał ten jest w pełni biodegradowalny i przeznaczony głównie do produkcji wyrobów za pomocą technologii wtrysku. Granulat jest w naturalnym kolo-

rze mlecznym. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe informacje o tym materiale.

PLA o nazwie handlowej Ingeo Biopolymer 3100HP zakupiono w firmie Nature Works (USA) [38]. Materiał ten może być przetwarzany metodą wtryskiwania i wytłaczania. Charakteryzuje się dobrą barierowością na tlen i małym skurczem przetwórczym. Przed przetwórstwem materiał powinien być suszony tak, aby jego wilgotność była nie większa niż 0,01%, ponieważ zawartość wody pogarsza właściwości i jakość gotowego wyrobu (pęcherze, zapadnięcia skurczowe). W tabeli 2 przedstawiono podstawowe dane o materiale.

Tabela 1. Właściwości TPS Envifill MB173 [37]

Parametr	Wartość
Gęstość, g/cm^3	1,25
Wskaźnik płynięcia (MFR) 210°C; 2,16 kg, g/10 min	30
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	50
Odkształcenie względne przy rozciąganiu, %	10
Udarność z karbem wg Charpy'ego, kJ/m^2	6
Temperatura mięknienia wg Vicata, °C	60
Temperatura przetwarzania, °C	165–200

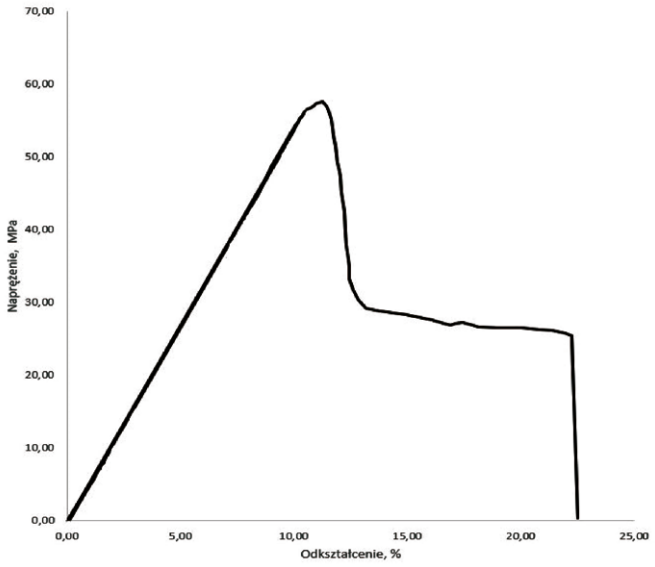
Tabela 2. Właściwości PLA Ingeo Biopolymer 3100HP [38]

Parametr	Wartość
Gęstość, g/cm^3	1,24
Masowy wskaźnik płynięcia (MFR) 210°C; 2,16 kg, g/10 min	24
Temperatura krystalizacji, °C	160–170
Temperatura przemiany szklistej, °C	55–65
Przezroczystość	przezroczysty
Granica plastyczności przy rozciąganiu, MPa	65
Odkształcenie względne przy rozciąganiu, %	2,2
Udarność wg Izoda, kJ/m	18,2
Wytrzymałość na zginanie, MPa	112
Temperatura przetwarzania, °C	180–205

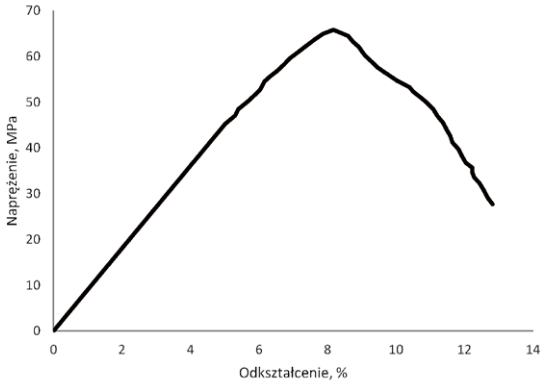
METODYKA BADAŃ

Do przygotowania próbek wykorzystano wtryskarkę ślimakową UT90 firmy Ponar Żywiec (Polska) serii UT do tworzyw termoplastycznych, z pięciopunktowym podwójnym dźwigniowym systemem zamykania formy oraz bezpośrednim napędem ślimaka wysokomomentowym silnikiem hydraulicznym. Ponadto stanowisko było wyposażone w urządzenia peryferyjne, takie jak forma wtryskowa z wymiennymi wkładkami, termostat, waga elektroniczna Darwag, suszarka KC 100/200 oraz młynek do rozdrabniania tworzyw. Z uwagi na znaczą chłonność wody przez oba materiały przed przystąpieniem do badań suszono je w temp. 80°C przez 8 h, zgodnie z zaleceniem producentów w celu usunięcia wilgoci, która mogłaby wpłynąć na jakość końcową gotowych próbek do badań, a tym samym zafałszować wyniki pomiarów. Następnie przygotowano próbki. Zastosowano następujące proporcje mieszanin: (i) czysta TPS, (ii) 75% TPS + 25% PLA, (iii) 50% TPS + 50% PLA, (iv) 25% TPS + 75% PLA i (v) czysty PLA.

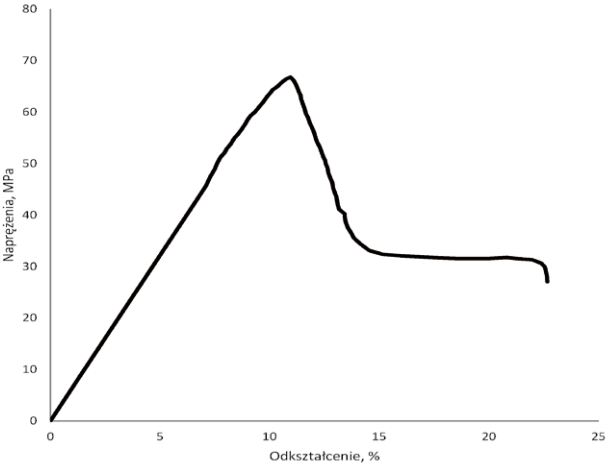
Granulaty w odpowiednich proporcjach wymieszano w mieszalniku bębnowym, a następnie przystąpiono do wykonania próbek, wykorzystując wtryskarkę do wymieszania granulatów w stanie stopionym. Bezpośrednie wykonanie próbek do badań wymusiło znalezienie pewnego kompromisu pomiędzy parametrami przetwórstwa TPS i PLA. Tworzywa te nieco inaczej się przetwarza i niezbędna była tu korekta nastaw poszczególnych parametrów technologicznych wtryskarki. Dodatkową trudnością było wykorzystanie układu plastyfikacji wtryskarki do wymieszania tworzyw i tu też konieczna była pewna modyfikacja parametrów. Po



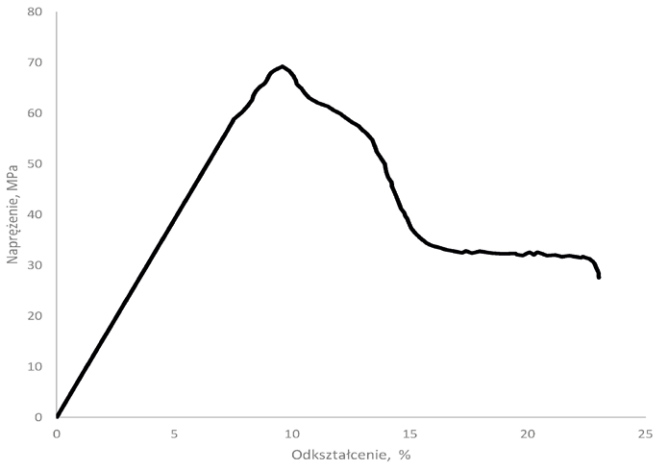
Rys. 1. Krzywa rozciągania statycznego dla czystej TPS



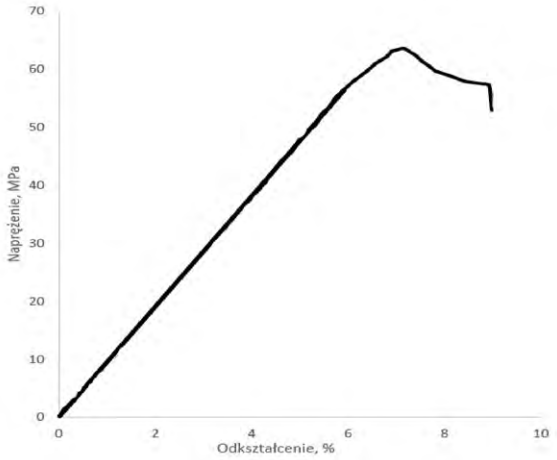
Rys. 2. Krzywa rozciągania statycznego dla mieszaniny 75% TPS + 25% PLA



Rys. 3. Krzywa rozciągania statycznego dla mieszaniny 50% TPS + 50% PLA



Rys. 4. Krzywa rozciągania statycznego dla mieszaniny 25% TPS + 75% PLA



Rys. 5. Krzywa rozciągania statycznego dla czystego PLA

ostatecznym ustaleniu parametrów technologicznych wykonano niezbędne próbki do badań. Ostatecznie próbki zostały wtryśnięte przy następujących parametrach: temperatura formy 25°C, ciśnienie wtrysku 120 bar, ciśnienie docisku 170 bar, czas wtrysku 8 s, czas chłodzenia 15 s i siła zamykania 757 kN.

Przed rozpoczęciem pomiarów wszystkie próbki były poddane procesowi klimatyzacji w stałej temp. 23°C i wilgotności 50% przez 48 h. Dla każdego z wymienionych materiałów (proporcji TPS/PLA) wykonano próby rozciągania statycznego w maszynie wytrzymałościowej Fu-1000e wyposażonej w elektroniczny pomiar siły rozciągającej, zgodnie z normami [39, 40]. Zastosowano stałą prędkość odkształcania względnego wynoszącą 0,3 1/min. Wykonano standardowe próbki (wiosełka) zgodnie z normą [40] o długości bazy pomiarowej l_o = 75 mm oraz o przekroju poprzecznym bazy pomiarowej 10 × 4 mm.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Na rys. 1–5 przedstawiono wyniki rozciągania statycznego. Wszystkie obserwowane na wykresach przebiegi miały podobny charakter. Po fazie liniowego (zakres sprężystości), a następnie nieliniowego wzrostu naprężenia następowało wyraźnie zaznaczone maksimum, które można uznać za wytrzymałość materiału. Po kolejnej fazie, łagodnego spadku naprężenia towarzyszącego szyjkowaniu próbki, następowało jej zerwanie. Na rys. 6 przedawniono zdjęcie poszczególnych próbek po procesie rozciągania. Maksima na wykresach w tym przypadku oznaczały zarówno granicę wymuszonej elastyczności R_e, jak i wytrzymałość materiału R_m. Odkształcenia względne odpowiadające tym

Rys. 6. Widok próbek po próbie rozciągania (1 - TPS; 2 - 75% TPS + 25% PLA; 3 - 50% TPS + 50% PLA; 4 - 25% TPS + 75% PLA; 5 - PLA)

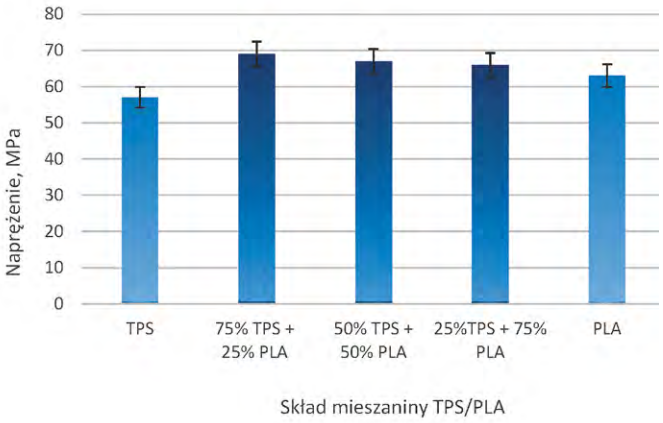
punktom oznaczały odkształcalność materiału. Moduł Younga wyznaczono jako tangens kąta nachylenia (rozumiany fizykalnie) krzywej rozciągania w zakresie prostoliniowym.

Dzięki przeprowadzonym testom uzyskano informacje na temat właściwości mechanicznych poszczególnych mieszanin. Określono sztywność, wytrzymałość na rozciąganie oraz wydłużenie. Wymienione elementy są charakterystyczne dla typowego wykresu rozciągania, a ich analiza dostarcza istotnych informacji dla projektantów i inżynierów materiałowych projektujących mieszaniny materiałowe.

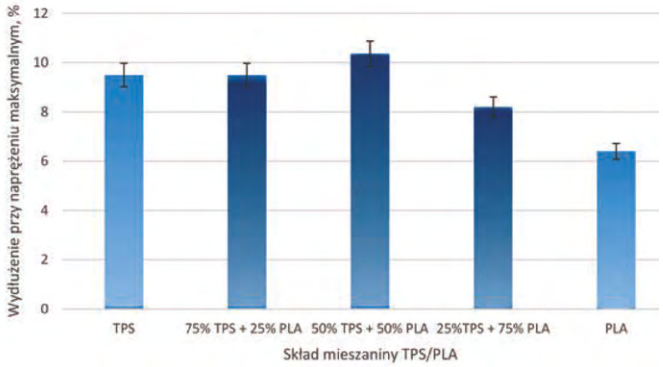
W tabeli 3 przedstawiono uzyskane wyniki w postaci liczbowej, a na rys. 7–9 w postaci wykresów słupkowych. Zarówno wytrzymałość, jak i odkształcenie (rys. 7 i 8) mieszanin TPS i PLA odznaczały się wyższymi wartościami w porównaniu z czystymi materiałami. Ten efekt synergii mógł być wynikiem różnic we właściwościach obu materiałów, które komplementowały się nawzajem w pewien sposób. Istnieje kilka możliwych wyjaśnień tych zjawisk. Prawdopodobnie podczas mieszania występowały korzystne interakcje międzyfazowe, takie jak adhezja między fazami TPS i PLA. To mogło prowadzić do zwiększenia wytrzymałości materiału. Idąc dalej, można potwierdzić poprawność przyjętej metody otrzymywania mieszanin, czyli procesu technologicznego. Kluczowym elementem potwierdzającym ten mechanizm mogą być badania morfologii. Synergia TPS i PLA otwiera nowe możliwości w projektowaniu mieszanin polimerowych.

Tabela 3. Wartości wytrzymałości, odkształcenia i modułu Younga dla badanych mieszanin TPS/PLA

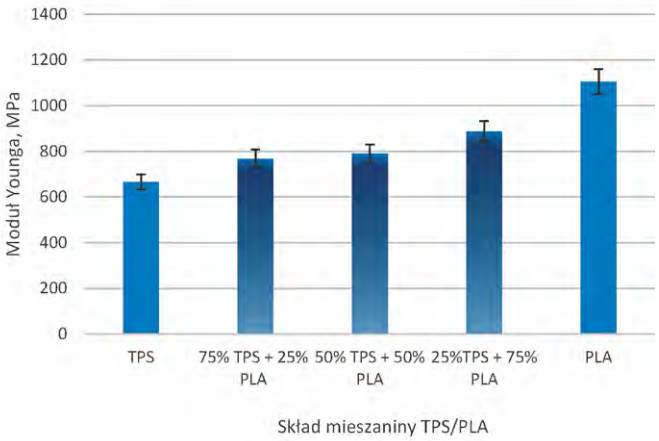
Skład mieszaniny	Naprężenie maksymalne, MPa	Odkształcenie przy naprężeniu maksymalnym, %	Moduł Younga, MPa
TPS	57,0	9,50	666,0
75% TPS + 25% PLA	69,0	9,50	769,0
50% TPS + 50% PLA	67,0	10,36	790,0
25%TPS + 75% PLA	66,0	8,20	888,0
PLA	63,0	6,40	1105,0



Rys. 7. Zależność wytrzymałości od proporcji składników TPS/PLA w mieszaninie



Rys. 8. Zależność odkształcenia od proporcji składników TPS/PLA w mieszaninie



Rys. 9. Zależność modułu Younga od proporcji składników TPS/PLA w mieszaninie

W przypadku modułu Younga (rys. 9) obserwowano obniżenie wartości w kierunku czystej TPS. PLA jest bardziej sztywny i mniej elastyczny niż TPS. Mieszanie tych dwóch polimerów może prowadzić do zmniejszenia modułu Younga PLA, a dodatek TPS do PLA powoduje generalnie zmniejszenie sztywności.

PODSUMOWANIE

Dodatek TPS w mieszaninie TPS/PLA przynosi korzyści we wszystkich badanych aspektach i wpływa na poprawę prawie wszystkich parametrów wytrzymałościowych. Badania potwierdzają również istnienie mechanizmu synergii końcowych właściwości materiału, co otwiera drzwi do dalszych badań nad tymi mieszaninami polimerowymi. Równocześnie otrzymywanie ich w przedstawiony sposób zwiększa zakres stosowania. Ważnym

REKLAMA

PLASTPOL | 2024 | MAY 21 – 24 | VISIT US AT OUR BOOTH D-68
Kielce Trade Fair | Zakładowa 1 | Kielce (PL)

elementem potwierdzającym poprawność przyjętego procesu technologicznego jest wykonanie próbek z pominięciem granulacji na wytłaczarce. Jest to skuteczne rozwiązanie, które ułatwia i znacząco skraca proces produkcyjny gotowych wyrobów.

Wyniki sugerują, że mieszaniny TPS/PLA mają potencjał do wytwarzania wyrobów o lepszych właściwościach mechanicznych w porównaniu z czystym PLA i TPS. Dalsze badania nad mikrostrukturą, interakcjami międzyfazowymi i innymi aspektami tych mieszanek mogą pomóc w pełniejszym zrozumieniu mechanizmów synergii i poprawić procesy produkcyjne.

LITERATURA

[1] A. Kmetty, T. Barany, J. Karger-Kocsis, Prog. Polym. Sci. 2010, 35, 1288, https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.07. 002.
[2] J. Karger-Kocsis, T. Barany, Compos. Sci. Technol. 2014, 92, 77, https:// doi.org/10.1016/j.compscitech.2013.12.006.
[3] I. Kruszelnicka, T. Sterzyński, Polimery 2022, 50, nr 5, 358, http:// polimery.ichp.vot.pl/index.php/p/article/view/1640.
[4] J.Y. Sun, J.J. Shen, S.K. Chen, M.A. Cooper, H.B. Fu, D.M. Wu, Z.G. Yang, Polymers 2018, 10, nr 5, 505, https://doi.org/10.3390/polym10050505.
[5] A.E. Chalykh, V.K. Gerasimov, T.F. Petrova, A.A. Shcherbina, Polymers 2024, 16, 68, https://doi.org/10.3390/polym 16010068.
[6] P. Rytlewski, K Moraczewski, R. Malinowski, M. Żenkiewicz, Compos. Interfaces 2014, 21, nr 8, 671, DOI: 10.1080/15685543.2014.927262.
[7] M. Fabijański, Przem. Chem. 2022, 101, nr 1, 65, DOI: 10.15199/62.2022.1.9.
[8] M. Fabijański, Polymers 2023, 15, 3878, https://doi.org/10.3390/ polym15193878.
[9] A. Nastaj, K. Wilczyński, Polymers 2020, 12, 149, https://doi.org/10.3390/ polym12010149.
[10] A. Nastaj, K. Wilczyński, Polymers 2023, 15, 1489, https://doi.org/10.3390/ polym15061489.
[11] J. Garbarski, M. Fabijański, Polish Tech. Rev. 2023, 3, 9, DOI: 10.15199/180.2023.3.2.
[12] M. Fabijański, J. Garbarski, Przem. Chem. 2023, 102, nr 8, 829, DOI: 10.15199/62.2023.8.10.
[13] M. Żenkiewicz, J. Richert, Polimery 2022, 53, nr 7, 591, https:// polimery. ichp.vot.pl/index.php/p/article/view/1348.
[14] P. Żochowski, M. Cegła, K. Szczurowski, J. Mączak, M. Bajkowski, E. Bednarczyk, R. Grygoruk, M. Magier, D. Pyka, M. Bocian, K. Jamroziak, R. Gieleta, P. Prasuła, Contin. Mech. Thermodyn. 2023, 35, nr 4, 1745, DOI:10.1007/s00161-023-01210-2.
[15] T.P. Haider, C. Völker, J. Kramm, K. Landfester, F.R. Wurm, Angew. Chem. Int. Ed. 2019, 58, 50, https://doi.org/10.1002/anie.201805766.
[16] R. Tejada-Oliveros, R. Balart, J. Ivorra-Martinez, J. Gomez-Caturla, N. Montanes, L. Quiles-Carrillo, Molecules 2021, 26, nr 1, 240, https:// doi.org/10.3390/molecules26010240.
[17] P. Rytlewski, U. Gohs, M. Stepczyńska, R. Malinowski, T. Karasiewicz, K. Moraczewski, Ind. Crops. Prod. Part A 2022, 188, 115587, https://doi. org/10.1016/j.indcrop.2022.115587.
[18] R. Tejada-Oliveros, S. Fiori, J. Gomez-Caturla, D. Lascano, N. Montanes, L. Quiles-Carrillo, D. Garcia-Sanoguera, Polymers 2022, 14, 1874, https:// doi.org/10.3390/polym14091874.
[19] N. Nomadolo, O.E. Dada, A. Swanepoel, T. Mokhena, S.A. Muniyasamy, Polymers 2022, 14, 1894, https://doi.org/10.3390/polym14091894.
[20] M. Fabijański, J. Compos. Sci. 2022, 6, nr 12, 387, https://doi.org/10.3390/ jcs6120387.
[21] A. Moldovan, S. Cuc, D. Prodan, M. Rusu, D. Popa, A.C. Taut, I. Petean, D. Bomboş, R. Doukeh, O. Nemes, Polymers 2023, 15, 2855, https://doi. org/10.3390/polym15132855.
[22] A. Gałęski, E. Piórkowska, M. Pluta, Z. Kuliński, R. Masirek, Polimery 2022, 50, 562, http://polimery.ichp.vot.pl/index.php/p/article/view/1664.
[23] Z. Żołek-Tryznowska, E. Bednarczyk, M. Tryznowski, T.A. Kobiela, Materials 2023, 16, 3320, https://doi.org/10.3390/ma16093320.
[24] F.S. Mosquera Rodríguez, A. Quintero Vélez, E. Córdoba Urrutia, H. Ramírez-Malule, J.H. Mina Hernandez, Polymers 2023, 15, 3952, https://doi.org/10.3390/polym15193952.
[25] J.B. Scharnowski, A. Rodriguez, A.K. Pal, T. Wang, M.R. Snowdon, M. Misra, A.K. Mohanty, Macromol. Mater. Eng. 2022, 307, 2100960, https://doi.org/10.1002/mame.202100960.
[26] T.G. Dastidar, A. Netravali, ACS Sustain. Chem. Eng. 2013, 1, 1537, https:// doi.org/10.1021/sc400113a.
[27] S. Kugler, Chemik 2010, 64, nr 7–8, 531.
[28] L.E. Velásquez-Castillo, M.A. Leite, V.J.A. Tisnado, C. Ditchfield, P.J. Sobral, I.C.F. Moraes, Foods 2023, 12, 576, https://doi.org/10.3390/ foods12030576.
[29] K. González, L. Iturriaga, A. González, A. Eceiza, N. Gabilondo, Eur. Polym. J. 2020, 123, 109415, https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.109415.
[30] T. Jiang, Q. Duan, J. Zhu, H. Liu, L. Yu, Adv. Ind. Eng. Polym. 2020, 3, 8, https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2019.11.003.
[31] B. Swierz-Motysia, R. Jeziórska, A. Szadkowska, M. Piotrowska, Polimery 2011, 56, 271.
[32] Z. Ni, J. Shi, M. Li, W. Lei, W. Yu, Polymers 2023, 15, 2382. https://doi. org/10.3390/polym15102382.
[33] Q. Ju, Z.P. Tang, H.D. Shi, Y.F. Zhu, Y.C. Shen, T.W. Wang, Int. J. Biol. Macromol. 2022, 219, 175, https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.232.
[34] R. Jeziórska, A. Szadkowska, M. Studziński, M. Chmielarek, E. Spasówka, Polymers 2023, 15, 1762, https://doi.org/10.3390/polym15071762.
[35] R. Jeziórska, A. Szadkowska, E. Spasówka, A. Lukomska, M. Chmielarek, Adv. Mater. Sci. Eng. 2018, 15, https://doi.org/10.1155/2018/4571368.
[36] M. Fabijański, J. Garbarski, Przem. Chem. 2023, 102, nr 9, 954, DOI: 10.15199/62.2023.9.14.
[37] Envifill MB137 (Data: 28/12/2023), Prospekt firmowy, https://oferta.gru- paazoty.com/upload/1/files/2022/envifill/m/envifill%20MB%20173.pdf.
[38] Ingeo™ Biopolymer 3100HP (Date: 28/12/2023), Prospekt firmowy, https:// www.natureworksllc.com/~/media/Files/NatureWorks/Technical- Documents/Technical-Data-Sheets/TechnicalDataSheet_3100HP_injec- tion-molding_pdf.pdf.
[39] PN-EN ISO 527-1:2020, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Cz. 1. Zasady ogólne.
[40] PN-EN ISO 527-2:2012, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Cz. 2. Warunki badań tworzyw sztucznych przeznaczonych do prasowania, wtrysku i wytłaczania.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny”, 2024, nr 103/3, s. 381-386.

dr inż. Mariusz FABIJAŃSKI
dr hab. inż. Jacek GARBARSKI, prof. PW
Zakład Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Warszawska

bridgepolymers

Zapraszamy na
targi PLASTPOL
Hala E stoisko 56

Netherlands: +31 (0)40 78 200 20
Poland +48 539 708 957
Spain +34 661 426 346
Romania +40 771 573 787
Turkey +90 532 266 88 67

info@bridgepolymers.eu

polypropylene | polyethylene | pla/ pbat | polystyrene | polycarbonate | pvc

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

recycled, post consumer, post industrial quality

Products can be used for Extrusion (cable & sheet), Injection Molding, Blow-Molding, film (cast & blown), Roto moulding, Thermoforming and Strapping.

Problematyka optymalnego doboru rurociągów z nowoczesnych kompozytów z tworzyw sztucznych w porównaniu z termoplastycznymi tworzywami sztucznymi

Florian Piechurski

Kompozyty z tworzyw sztucznych jako materiał konstrukcyjny zagościły w inżynierii środowiska ponad 50 lat temu. Zastosowanie tworzyw sztucznych, a zwłaszcza kompozytów, do produkcji rur używanych do budowy sieci kanalizacyjnych daje możliwość obniżenia kosztów.

W przypadku kanałów powinno się odnieść kryteria oceny do czasu, w jakim będą one eksploatowane. Z reguły oczekiwany czas użytkowania kanałów wynosi 50 lat. Należy zwrócić uwagę, że w polskich standardach Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast z 2000 r. [1] okres ten został przyjęty jako 25 lat. Określając wymagany czas niezawodnej eksploatacji, ocena rozwiązania technicznego kanału może odbywać się na podstawie badań długookresowych nowych produktów lub opierać się na badaniach funkcjonujących już kanałów.

Literatura przedmiotu [2, 3] wskazuje, że czynniki działające na eksploatowany kanał można podzielić na:

- zewnętrzne: obciążenia wytrzymałościowe – mechaniczne, agresywność chemiczna gruntu, wypór wody, przerastanie korzeniami, jak również oddziaływanie przez inne sieci i obiekty;
- wewnętrzne wynikają z warunków przepływu ścieków w trakcie eksploatacji kanałów, jak ścieranie (szczególnie piaskiem), działanie agresywnych substancji zawartych w ściekach i powstających w wyniku procesów biologicznych i biochemicznych.

Przy wyborze odpowiedniego rozwiązania należy uwzględnić brak pełnych możliwości oceny zmian w czasie w zakresie występowania czynników zewnętrznych i roboczych. Dla przykładu, w Polsce zmiany ustrojowe oraz nowe warunki ekonomiczne doprowadziły do spadku zużycia wody, a tym samym do zagęszczenia substancji w ściekach i powstawania osadów, które, zagniwając, prowadzą do zwiększenia agresji chemicznej (głównie siarczanowej). Analiza awaryjności z 2010 r. [3] wskazuje, że zdecydowana większość awarii w Polsce występuje w wodociągach i wynosi ok. 0,62 uszkodzeń na 1 km na rok. Badania sieci kanalizacyjnej wskazują na ich awaryjność w zakresie od 0,017 do 0,06 uszkodzeń na 1 km na rok w zależności od rodzaju kanalizacji. Awarie w kanalizacji stwarzają niebezpieczeństwo skażenia gruntu i wód gruntowych, zapadania się jezdni lub gruntu, jak również są przyczyną podtopień na dużą skalę w przypadku zatkania.

Zebrane dane [3] wskazują, że główne przyczyny awarii kanalizacji to:

- błędy projektowe,
- wadliwe wykonawstwo,
- niewłaściwa eksploatacja.

Badania na terenie Niemiec [3] dowodzą, że pomimo zastosowania materiałów dobrej jakości nadal istotnym problemem są rysy i spękania w kanałach (22,7%) oraz uszkodzenia połączeń rur (10,1%). Zastosowanie odpornych na korozję materiałów skutkuje bardzo dużym spadkiem awaryjności i praktycznie ją eliminuje. Polskie badania [3] wiążą się z niemieckimi i wskazują na główne przyczyny awarii jako zatkania: gromadzenie się osadów (26,7%), przerastanie korzeniami połączeń (17,4%) i pęknięcia (17,4%; rys. 1). Ujęte w publikacji [4] problemy wycierania dna kanału (ścieralność) i korozja mają miejsce we wszystkich stosowanych materiałach, a w przypadku rur z tworzyw mogą występować ponadnormatywne ugięcia (rys. 2), wgniecenia w ścianach, utrata stateczności, które mają wpływ na zagrożenie powstaniem nieszczelności kanału.

Występujące usterki powinny być wskazówką przy doborze materiałów, projektowaniu oraz w tracie budowy kanałów. W związku z powyższym główne cechy materiałów stosowanych do budowy kanalizacji to: wytrzymałość mechaniczna, odporność na korozję i abrazję, zdolność do samoczynnego usuwania osadów oraz wysoka szczelność połączeń.

Rury kompozytowe od czasu, kiedy pojawiły się na rynku, są konfrontowane z wyżej wymienionymi zagrożeniami. Dla przykładu, rury z TWS (ang. GRP, FRP) posiadają podstawową zaletę w postaci możliwości modyfikowania parametrów wytrzymałościowych i odporności chemicznej przez zmianę ilości i rodzaju surowców oraz indywidualną konstrukcję ścianki rury. Do najczęściej stosowanych rur kompozytowych należą rury z żywicy poliestrowej wzmocnionej włóknem szklanym, które są stosowane na terenie Europy według norm EN 14364 oraz EN 1796.

Obliczeniowe parametry techniczne rur z tworzyw sztucznych zostały zestawione w tabeli 1 według wytycznej ATV A 127 oraz norm materiałowych. W przypadku tworzyw sztucznych, w tym kompozytów, należy zwracać uwagę na zmianę ich parametrów w czasie pod wpływem obciążenia i temperatury.

Odpowiedni wybór kompozytowych rur kanalizacyjnych z GRP jest możliwy dzięki produkcji w wielu normatywnych klasach sztywności. Sztywność obwodowa jest miarą ugięcia – owalizacji rury pod wpływem obciążenia i wyrażana jest wzorem:

$$S = \frac{E \times I}{d_m^3}$$

gdzie: E – moduł elastyczności (MPa), d_m – średnica, I – moment bezwładności.

Należy pamiętać, że dobór wymaganej sztywności powinien opierać się na obliczeniach z przyjętymi na podstawie badań warunkami gruntowo-wodnymi oraz obciążeniami komunikacyjnymi.

Tabela 1. Obliczeniowe parametry wytrzymałościowe tworzyw sztucznych [12]

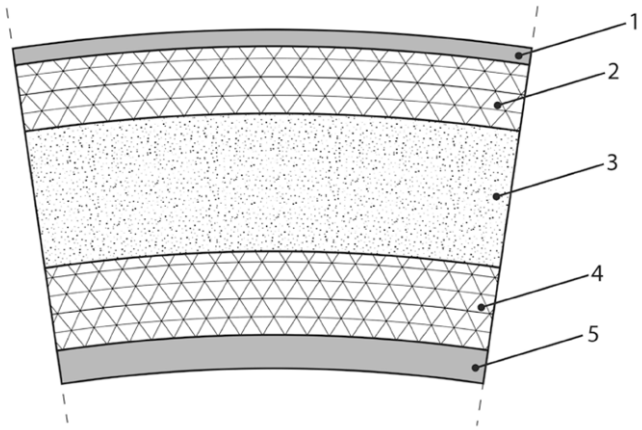
Obliczeniowe parametry wytrzymałościowe tworzyw sztucznych	Kompozyt GRP	PP	PE-HD	PVC-U
Krótkookresowa wytrzymałość na rozciąganie obwodowe [MPa]	133–169	39	21	90
Długookresowa (50-letnia) wytrzymałość na rozciąganie obwodowe) [MPa]	48–76	17	14	50
Krótkookresowy moduł Younga [MPa]	10000	1250	800	3000
Długookresowy (50-letni) moduł Younga [MPa]	5000	312	160	1500

Rys. 1. Deformacja spękanej rury o konstrukcji sztywnej [4]

Rys. 2. Ponadnormatywna deformacja rury z termoplastycznego tworzywa sztucznego [4]

W tabeli 2 przedstawiono przykładowe wymagania dotyczące sztywności 50-letniej dla rur z tworzyw sztucznych uzależnione od przykrycia i kategorii gruntów.

Proces produkcji rur GRP umożliwia osiągnięcie parametrów odpowiadających tradycyjnym wymaganiom normowym lub nawet dostosowanych do poszczególnych wymagań dla każdego indywidualnego projektu. Konstrukcje rur GRP (rys. 3) można schematycznie podzielić na warstwy konstrukcyjne – od drugiej



Rys. 3. Schemat budowy rury kompozytowej: 1. zewnętrzna warstwa zabezpieczająca; 2. zewnętrzna warstwa konstrukcyjna; 3. centralna warstwa konstrukcyjna; 4. wewnętrzna warstwa konstrukcyjna; 5. wewnętrzna warstwa zabezpieczająca

Tabela 2. Wstępny dobór sztywności rur na podstawie serii obliczeń według ATV A 127

Przykrycie [m]	Kategoria gruntów			
	G1	G2	G3	G4
> = 3	S_{50} 2500	S_{50} 2500	S_{50} 5000	S_{50} 5000
3 > h > = 7	S_{50} 2500	S_{50} 2500	S_{50} 5000	–
7 < h < = 14	S_{50} 2500	S_{50} 5000	–	–
14 > h > 16	S_{50} 5000	–	–	–
> 16	S_{50} 5000	–	–	–

do czwartej – które decydują o wytrzymałości mechanicznej oraz są zabezpieczone od wewnątrz warstwą nr 5 i nr 1 od zewnątrz.

Warstwa wewnętrzna (warstwa nr 5) odpowiedzialna jest za zabezpieczenie przed ścieraniem i korozją. Nie powinna być uwzględniana w długookresowych obliczeniach wytrzymałościowych. Warstwa ta może mieć grubość od 0,5 do kilku mm i może być wykonana z różnych żywic, np. poliestrowej, winyloestrowej, poliuretanowej.

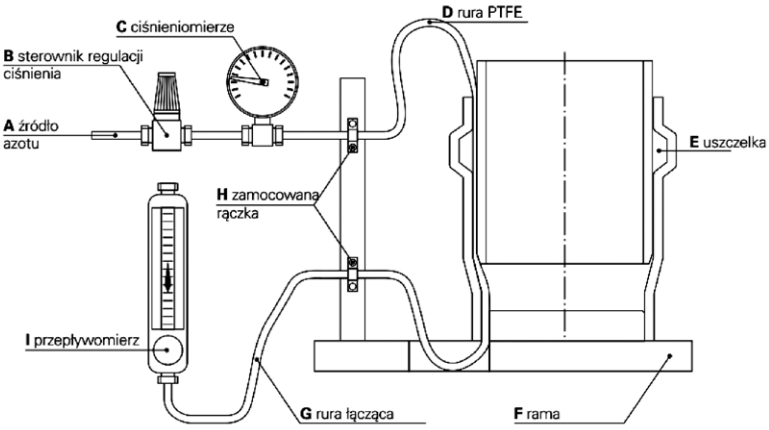
W przypadku kanalizacji konstrukcja rury z warstwą zabezpieczającą powinna być odporna na występujące agresywne substancje – zarówno chemiczne, biochemiczne, jak i gazowe. Bakterie rozkładające ścieki (m.in. *Thiobaccillus concretivorus* czy *Thiobaccillus ferrooxidans*) wytwarzają gazowy siarkowodór (H_2S), który w połączeniu z wilgotnym powietrzem tworzy kwas siarkowy (H_2SO_4), działający silnie korozyjnie na takie materiały, jak beton czy żeliwo. Rury kompozytowe z warstwami poliestrowymi posiadają pełną odporność na takie środowisko od pH 1. Zostało to potwierdzone w toku wieloletnich badań. Próbki rur

Tabela 3. Obliczeniowe wartości ścierania rur na podstawie obliczeń według [7]

	prędkość V [m/s]	Obliczeniowe wytarcie [mm]	
		GRP-PU	PVC
Kanalizacja sanitarna	2	0,04	0,08
	5	0,72	1,44
	8	3,36	6,72
Kanalizacja ogólnospławna	2	0,00	0,01
	5	0,05	0,10
	8	0,19	0,38
Kanalizacja deszczowa	2	0,04	0,09
	5	0,43	0,86
	8	0,72	1,44

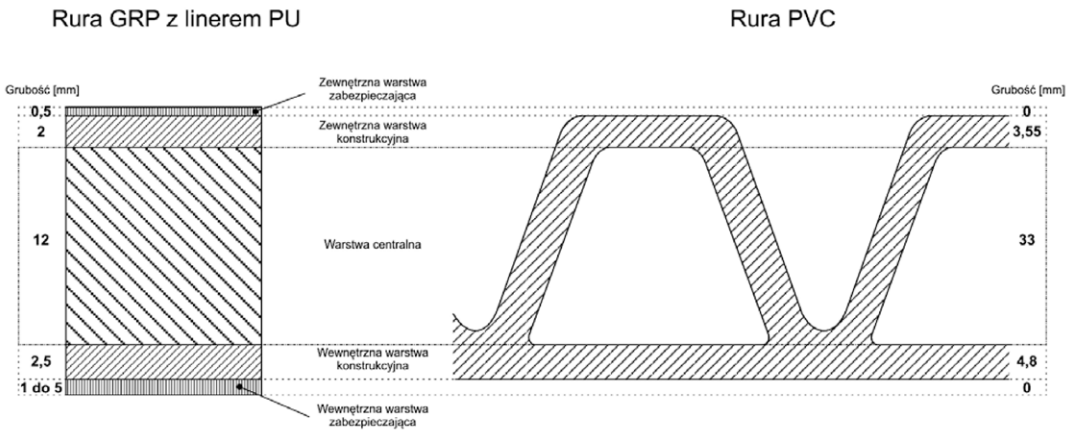
umieszczane są w kwasie siarkowym (H_2SO_4) z jednoczesnym obciążeniem powodującym odkształcenie rur przewyższające występujące w warunkach zabudowy w gruncie. Prowadzi się symulację warunków panujących w agresywnych chemicznie ściekach, ale w warunkach nadmiernego obciążenia. Dane te są następnie analizowane i ekstrapolowane. Wykorzystana metoda testowa ASTM D3681 została przyjęta jako standard przez Amerykańskie Stowarzyszenie Badań i Materiałów (ASTM) już w 1978 r. Ta sama procedura została także przyjęta w normach EN 1120 i ISO 10952. Dane do analizy pochodziły z 18 tys. próbek na bazie standardowych żywic poliestrowych w czasie 40 lat badań rur GRP produkowanych różnymi metodami. Badania wskazują, że okres eksploatacji tych konkretnych rur może wynosić więcej niż 150 lat (przy założeniu, że działające na rury naprężenia są mniejsze niż określona maksymalna wartość progowa).

Stosowanie wykładzin innych niż poliestrowe jako warstwy wewnętrznej powinno mieć uzasadnienie i najczęściej wiąże się z występowaniem w kanale bardzo dużych prędkości przepływu lub zwiększonej zawartości w ściekach materiałów ściernych. Odporność na ścieranie standardowych wykładzin poliestrowych

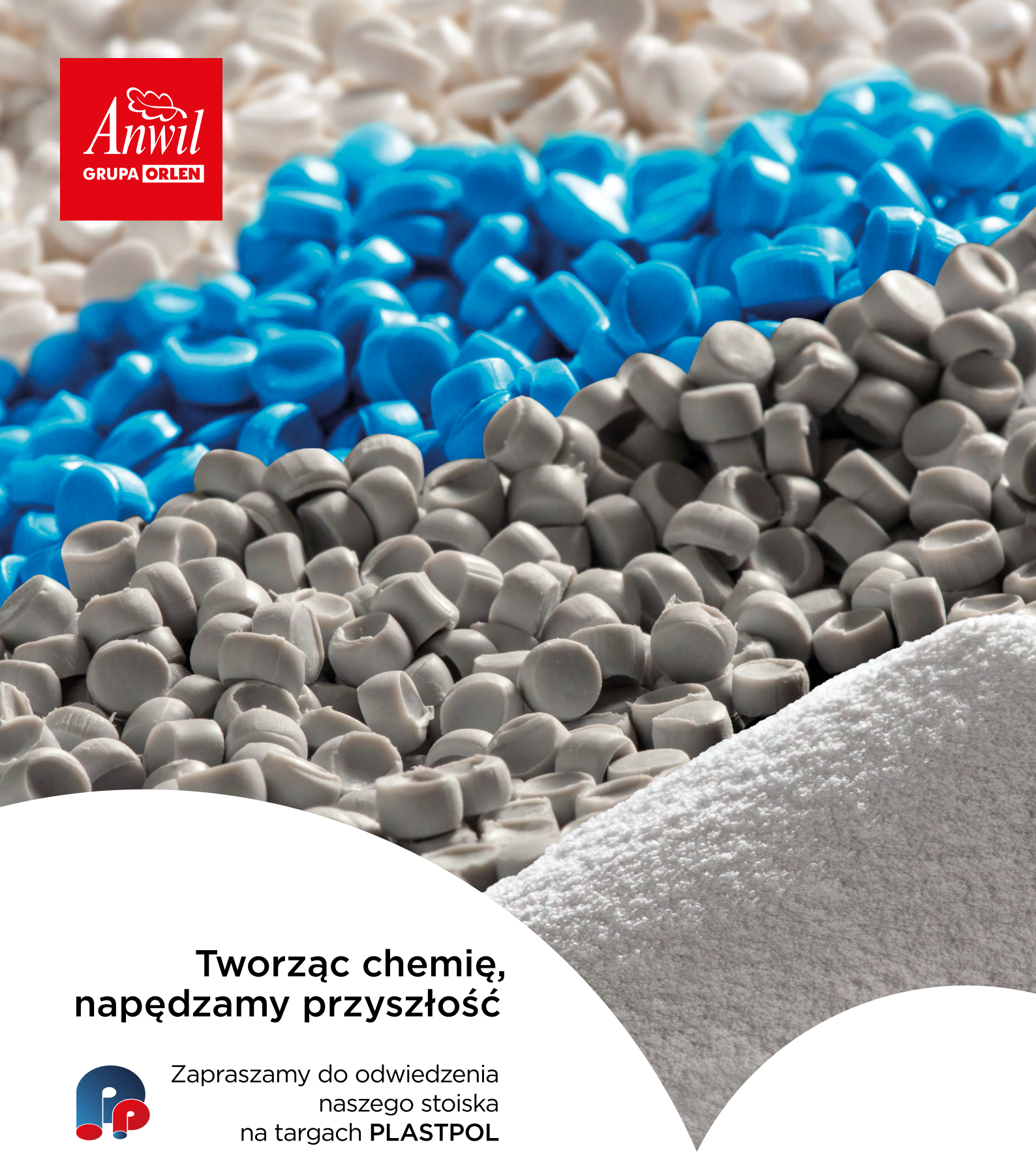


Rys. 5. Schemat badawczy wykorzystywany w czasie badania według EN 14741

jest wystarczająca w przypadku typowych warunków pracy kanalizacji. Wykładziny poliuretanowe stosowane są przy wysokich wymaganiach odporności na ścieranie. Odporność na ścieranie wykładzin poliuretanowych jest od dwu- do czterokrotnie wyższa niż rur PVC i przewyższa nawet PE-HD, co zostało potwierdzone w zastosowaniach do hydrotransportu w przemyśle wydobywczym [5], gdzie powszechnie występuje przepływ wody i zmielonych skał. W kanalizacji również występują sytuacje, w których odporność na ścieranie tradycyjnych materiałów może być niewystarczająca. Badania Politechniki w Lipsku [6] oraz analiza [7]



Rys. 4. Przekroje konstrukcji ścianek rur DN 900: kompozytowa rura GRP z wewnętrzną warstwą zabezpieczającą z żywicy poliuretanowej, rura z profilu PVC



Anwil
GRUPA ORLEN

Tworząc chemię, napędzamy przyszłość

Zapraszamy do odwiedzenia naszego stoiska na targach **PLASTPOL**

21–24.05.2024 | Kielce | Hala E – 38

polanvil creovil

Tabela 4. Określenie minimalnych spadków umożliwiających uzyskanie prędkości samooczyszczania

Spadek kanału i [%]	Średnica nominalna kanału DN [mm]	Napełnienie h/D	Prędkość rzeczywista [m/s]
0,040	1000	0,67	0,76
0,020	2000	0,67	0,78
0,012	3000	0,67	0,73
0,010	4 000	0,67	0,76

wskazują, że największe zagrożenie ścieraniem ścianek rur występuje w kanalizacji sanitarnej, a najmniejsze w ogólnospławnej.

Tabela 3 prezentuje obliczeniowe wyniki ścieralności rur DN 900 (PVC o ściance profilowej) w czasie 50 lat dla trzech typowych zastosowań, tj. kanalizacji: sanitarnej (średniodobowe napełnienie d/2), ogólnospławnej (napełnienie d/4 oraz 600 h pracy/r przy pełnym wypełnieniu podczas opadów), deszczowej (d = 1 całkowite napełnienie, 600 h/r pracy).

Dla prędkości przepływu 5 m/s w kanalizacji sanitarnej zabezpieczenie konstrukcji rury GRP powinno odbyć się przy użyciu wykładziny poliuretanowej o grubości minimum 0,72 mm. Natomiast przy prędkości 8 m/s wymagana jest już prawie czteromilimetrowa warstwa zabezpieczająca z PU. Wewnętrza warstwa konstrukcyjna rur PVC według rys. 4 [11] nie posiada żadnej warstwy zabezpieczającej i może ulec całkowitemu wytarciu przy 8 m/s, a w innych przypadkach wytarcie powinno być uwzględniane przy wykonywaniu obliczeń wytrzymałościowych kanału.

Rury kompozytowe mają zdolność do samooczyszczania nawet przy bardzo małych spadkach dzięki bardzo niskiej chropowatości, która według AWWA M45 wynosi k = 0,00518 mm. Producenci podają wartości od 0,001 mm dla wykładzin poliuretanowych do 0,03 mm. Badania poligonowe prowadzone w Pradze [9] po 20-letniej eksploatacji wskazały, że współczynnik Manninga wynosił n = 0,0075 i praktycznie nie uległ zmianie (uwzględniając dokładność pomiaru), ponieważ nowe rury posiadają laboratoryjny współczynnik 0,008–0,01. Na podstawie obliczeń hydraulicznych można wnioskować, że dopuszczalne minimalne spadki, przy których dochodzi jeszcze do samooczyszczania, wynoszą od 0,01% do 0,04% (tab. 4), co znacząco ogranicza koszty budowy z uwagi na możliwe mniejsze zagłębienie kanalizacji oraz koszty utrzymania sieci kanalizacyjnej przez eliminację potrzeby czyszczenia – płukania kanałów z osadów.

Dopełnieniem systemu rur kompozytowych powinien być system połączeń. Najbardziej przyjazne w montażu są połączenia za pomocą łączników – sprzęgieł. W przypadku każdego systemu łączniki powinny być badane nie tylko krótkookresowo w laboratorium czy na budowie na zwiększone ciśnienia próbne, lecz również w zakresie szczelności długookresowej.

W tym wypadku zalecane jest badanie według EN 14741 oceniające docisk uszczelek, który nie powinien być mniejszy niż 80% po 50 latach (rys. 5).

PODSUMOWANIE

Kanalizacyjne systemy rur kompozytowych na bazie żywic zbrojonych włóknem szklanym i piaskiem kwarcowym dają szerokie możliwości zastosowania do budowy kanałów o dużym zakresie średnic. Możliwa stosunkowa łatwa modyfikacja ich konstrukcji pozwala na znalezienie odpowiedniego rozwiązania dostosowanego do wymaganej wytrzymałości mechanicznej czy odporności na ścieranie przez stosowanie odpowiednich układów warstw konstrukcyjnych i zabezpieczających. Rury kompozytowe z uwagi na swoje właściwości posiadają zdolność samooczyszczania oraz wysoką odporność na agresywne środowisko ścieków. Niezbędnym uzupełnieniem rur powinien być system niezawodnych połączeń. Należy pamiętać, że ogromne zróżnicowanie parametrów technicznych rur kompozytowych pociąga za sobą konieczność uwzględnienia tego w procesie projektowania, zwłaszcza podczas obliczeń wytrzymałościowych. Materiały kompozytowe do produkcji systemów kanalizacyjnych wytwarzane są od ponad 60 lat i posiadają znormalizowane wymagania produktowe, co nie zmienia faktu, że potwierdzona jakość wytwarzanych produktów powinna być jednym z elementów przy wyborze każdego indywidualnego rozwiązania technicznego.

LITERATURA

[1] Standardy regulacji ekonomicznych, dostępności usług oraz metodologii ustalania opłat w sektorze wodociągowo-kanalizacyjnym. Urząd Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast. PZiTS, Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie. Warszawa 2000.
[2] Madryas C., Przybyła B., Wysocki L.: Badania i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych. DWE. Wrocław 2010.
[3] Kwietniewski M., Rak J.: Niezawodność infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej w Polsce. Polska Akademia Nauk. Warszawa 2010.
[4] Kuliczkowska E.: Przyczyny zapadania się nawierzchni ulicznych wskutek awarii przewodów kanalizacyjnych. Instal 2020, nr 2, s. 44–48.
[5] Mineral Processing Plant Design, Practice, and Control. Proceedings. Vol. 1. Eds. A.L. Mular, D.N. Halbe, D.J. Barratt. SME, 2002.
[6] Michael J.: Theoretische und versuchstechnische Ermittlung des Abriebs in Freispiegelleitung und ihre praktische Anwendung auf Abwasserleitungen. Dissertation A. Technische Hochschule Leipzig, 1988.
[7] Kuliczkowski A.: Rury kanalizacyjne. T. 1. Własności materiałowe. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej. Kielce 2002.
[8] EN 14741 Systemy przewodów rurowych i rur osłonowych z termoplastycznych tworzyw sztucznych. Połączenia do bezciśnieniowych zastosowań pod ziemią. Metoda określania długotrwałej szczelności połączeń z uszczelkami elastomerowymi przez oszacowanie nacisku uszczelki.
[9] AWWA M45 Rury wzmocnione włóknem szklanym – wytyczne projektowania. Wyd. 2, rozdz. 5. Hydraulika, s. 30.
[10] Pollerty J.: Opory przepływu w kanalizacyjnych rurach z gładką powierzchnią ścianki. Raport i badanie wykonane przez Politechnikę w Pradze – Laboratorium Ryzyka Ekologicznego.
[11] Chaallal O., Godat A.: Laboratory Tests to Evaluate Mechanical Properties and Performance of Various Flexible Pipes. Journal of Performance of Constructed Facilities 2013, Vol. 29, Issue 5, pp. 04014130.
[12] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 Statische Berechnung von Abwasserkanälen und leitungen.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne”, lipiec-sierpień 2020, s. 80-84.

dr inż. Florian PIECHURSKI
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska w Gliwicach

Plastoplan
Tworzywa

www.plastoplan.pl

Korozja: przyczyny i skutki – artykuł przeglądowy cz. 1

Alicja Matusiak, Ewa Zawadzka, Selim Oleksowicz

Korozja jest przedmiotem badań naukowych od ponad 150 lat [1]. Skutki korozji są poważnym problemem, z jakim od lat walczą naukowcy. Można je zaobserwować tuż po oddaniu materiału do użytku w środowisku kwaśnym lub wilgotnym [2]. Zjawisko polega na degradacji materiałów, zwykle metali, w wyniku reakcji chemicznej z otoczeniem, co powoduje awarię funkcjonalną elementu [3]. Korozja jest spontanicznym procesem chemicznym, zatem przebiega zgodnie z drugą zasadą termodynamiki, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, gdzie ΔG to zmiana energii swobodnej Gibbsa przy stałym ciśnieniu i temperaturze, ΔH to zmiana entalpii reakcji, ΔS to zmiana entropii, a T to temperatura bezwzględna wyrażana w K. Korozja jest procesem elektrochemicznym, w związku z czym obejmuje kilka reakcji przeniesienia elektronów. Energię swobodną Gibbsa wyraża się jako potencjał odwracalnej elektrody układu elektrochemicznego $\Delta G = \Delta$ nFE, gdzie n to liczba elektronów przeniesionych w reakcji elektrochemicznej, F jest stałą Faradaya, a E(V) jest odwracalnym potencjałem elektrody w stałej temperaturze i ciśnieniu [4].

W artykule omówiono zjawisko korozji, jej mechanizmów, metod ochrony przed nią, zagrożeń powodowanych przez to negatywne zjawisko oraz sposobów ich badań. Ważnym aspektem w temacie korozji jest ekonomia ze względu na ogromne straty finansowe, które generuje. Według danych na 2013 rok globalny koszt zniszczeń spowodowanych przez korozję szacuje się na 2,5 biliona dolarów, co stanowi równowartość 3,4% światowego produktu brutto. Szacuje się, że, stosując dostępne możliwości kontroli korozji, można uzyskać oszczędność od 15 do 35% kosztów korozji [5]. Oprócz skutków ekonomicznych, korozja spowodowała szereg uszkodzeń konstrukcyjnych, które miały poważne konsekwencje dla zdrowia i życia ludzi oraz otaczającego środowiska [1].

ZJAWISKO KOROZJI

Większość obecnie dostępnych źródeł naukowych skupia się na korozji występującej w metalach, które zazwyczaj pokrywane są ochronnymi powłokami polimerowymi. Z tego powodu tak ważne jest wykonywanie badań i analiz dotyczących korozji tworzyw sztucznych. Korozja polega na wymianie elektronów z anody na katodę w danym roztworze przewodzącym. Metal obecny na anodzie ulega utlenieniu, czyli uwolnieniu wolnych elektronów, podczas gdy metal katodowy przyjmuje elektrony, proces ten to redukcja. Metal o wyższym potencjale redukcyjnym działa jak anoda, natomiast metal o niższym potencjale działa jak katoda. Zatem korozja zachodzi w przypadku występowania oddzielnych obszarów, katodowych i anodowych, pomiędzy którymi przepływa prąd poprzez ośrodek przewodzący. Ze względu na występowanie na anodzie utleniania, powierzchnia metalu ulega zniszczeniu w wyniku połączenia się z tlenem. Z tego powodu korozja zawsze zachodzi na anodzie. Podczas reakcji na katodzie (redukcji) rozpuszczalny tlen przyjmuje elektrony z anody, tworząc jony OH^- oraz O^{2-} [3]. Reakcje te można zapisać za pomocą następujących równań chemicznych:

Reakcja utleniania: $A \rightarrow A^{n+} + ne^-$

Reakcja redukcji:

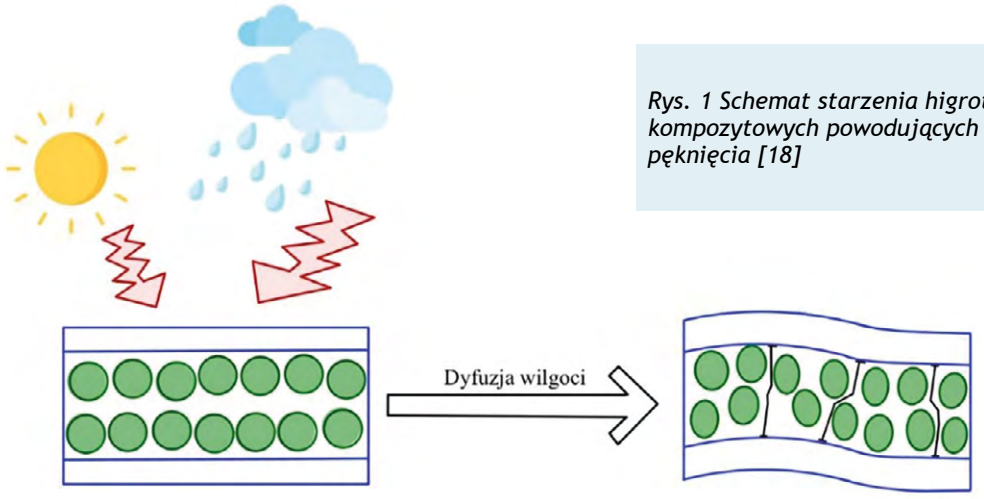
$$\frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- \text{ oraz } \frac{1}{2}O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$$

Mechanizmy tych reakcji są przedmiotem wielu badań [6 - 10]. Nazwa „korozja katodowa" sugeruje dwie kluczowe cechy tego procesu. Pierwsza to fakt, że ma charakter redukcyjny (katodowy), natomiast druga to zmiany morfologiczne materiału (korodowanie), na który wpływa. Należy zauważyć, iż korozja katodowa po raz pierwszy została opisana pod koniec XIX wieku, kiedy Fritz Haber zaobserwował chmury cząstek rozpraszające się z metali spolaryzowanych katodowo [11]. Podczas badań zauważono zwiększoną szybkość korozji w obecności kwasu octowego. Uzasadnieniem takiego zjawiska jest bezpośrednia redukcja kwasu octowego na powierzchni metalu. Kwas octowy jako słaby kwas ulega tylko częściowej dysocjacji w fazie wodnej. Oznacza to, że w roztworze wodnym są obecne zarówno jony octanowe (Ac-), jak i niezdysocjowany kwas octowy (HAc), a ich stężenie określa pH roztworu [12]. Reakcja dysocjacji kwasu octowego przebiega zgodnie z równaniem:

$$HAc_{(aq)} \rightleftarrows H^+_{(aq)} + Ac^-_{(aq)}$$

Należy pamiętać, że woda morska jest naturalnie agresywna chemicznie. Z tego powodu materiały konstrukcyjne stosowane w systemach transportu i przetwarzania wody morskiej (np. zakłady odsalania) w różnym stopniu są podatne na korozję. Największy wpływ na wytrzymałość konstrukcji ma rodzaj wykorzystanego materiału oraz warunki eksploatacyjne [13]. Morze południowe charakteryzuje się najgorszymi warunkami środowiska morskiego ze względu na wysoką temperaturę, dużą wilgotność oraz znaczne zasolenie. Synergia tych czynników bezpośrednio wpływa na proces korozji atmosferycznej metali, w szczególności na początkowe zachowanie korozyjne [14]. Wyróżniamy również korozję szczelinową, która zwykle jest zlokalizowana w szczelinach i miejscach, w których może występować przestój kondensatów, np. przy nitach, złączach czy miejscach kontaktowych [15].

Co istotne materiały poza korozją samą w sobie są również narażone na pochłanianie wilgoci, w wyniku czego są bardziej narażone na korodowanie. W celu analizy tego procesu wykonuje się testy mające na celu kontrolę jakości oraz pomiar pogorszenia się jakości materiałów, np. kompozytowych. Naukowcy powszechnie analizują wpływ pęcznienia kompozytów polimerowych wzmacnianych włóknem szklanym (GFRP) [16]. Absorpcja wody przez materiał powoduje degradację materiału, co znacząco wpływa na jego wydajność oraz żywotność. Analiza starzenia



Rys. 1 Schemat starzenia higrotermicznego materiałów kompozytowych powodujących pęcznienie osnowy i mikropęknięcia [18]

higrotermicznego (tj. przyspieszone starzenie w wyniku absorpcji wilgoci i zmiany temperatury) jest bardzo użyteczną techniką oceny trwałości, a także rozwoju kompozytów GFRP [17].

Należy pamiętać jak powszechnym problemem jest pęcznienie polimerów. Ma to związek z wilgotnością powietrza, co oznacza, że woda jest zawsze jednym z warunków środowiskowych. Kompozyty z osnową polimerową są stosowane w wielu zastosowaniach konstrukcyjnych, takich jak przemysł lotniczy, morski, inżynieria lądowa. Ze względu na miejsce swojej eksploatacji są często narażone na działanie pochłaniania znacznych ilości wody. Zaadsorbowana wilgoć w połączeniu z podwyższoną temperaturą powoduje szkodliwe skutki fizyczne i mechaniczne materiałów kompozytowych [18]. Przykładem takich szkodliwych skutków może być obniżenie odporności korozyjnej.

Absorpcja wody i pęcznienie, a także ich wpływ na korozję były przedmiotem licznych badań [19 - 22]. Powstające mikropęknięcia następnie ewoluują w trakcie eksploatacji materiału, co prowadzi do katastrofalnych uszkodzeń materiału. Z tego powodu wczesne wykrywanie pęknięć oraz mikropęknięć jest kluczowe i niezbędne dla zapewnienia niezawodności, opłacalności oraz bezpieczeństwa konstrukcji polimerowych. Problemem jest wykrywanie pęknięć i mikropęknięć oraz naprawa, która często opiera się na złożonych procesach. Defekty strukturalne i rozwarstwienia często tworzą się głęboko w strukturze materiału i właśnie to stwarza trudność wykrywania [23]. Temat ten był przedmiotem wielu badań [24 - 29]. SCC (*Stress corrosion cracking*) jest procesem, który polega na narastaniu pęknięć materiału (zwykle definiowane dla metali) w wyniku działania zarówno naprężeń rozciągających, jak i środowiska korozyjnego. Prowadzi do poważnych zniszczeń bez początkowo widocznych znaków [30]. W celu odpowiedniej analizy należy materiały polimerowe poddawać badaniom tożsamym z badaniami metali, a także testom porównawczym, do których należą mikroskopia, badania mechaniczne czy analiza termiczna. Występują liczne publikacje przedstawiające tego typu badania [31 - 36]. Istnieje również możliwość tworzenia modeli numerycznych przewidujących czas i stopień uszkodzeń powstających wskutek eksploatacji [37] [38].

SKUTKI KOROZJI

Starzenie się materiałów kompozytowych jest wszechobecnym problemem, który prowadzi do degradacji oraz obniżenia właściwości mechanicznych, skracania czasu eksploatacji konstrukcji i potencjalnego przedwczesnego rodzaju awarii [39]. Wcześniej opisane mikropęknięcia trudne do zauważenia są początkiem problemu. Znacznie bardziej wizualnym przykładem są awarie samolotów czy mostów. W 1988 roku Boeing 737podczas lotu z Hilo na Hawaje uległ awarii. Przyczyną wypadku było oderwanie górnej części kadłuba od płaszczyzny, co spowodowało otwór w kabinie pasażerskiej. Późniejsze badanie ocalałej konstrukcji samolotu wykazało obecność pęknięć zmęczeniowych. Uszkodzenie powstało na skutek tzw. poduszkowania. Produkty korozji gromadziły się wewnątrz materiałów, co spowodowało separację powierzchni, w wyniku czego doszło do wypadku [40]. Konstrukcje wykonane z żelbetonu również są narażone na negatywny wpływ korozji. Zjawisko karbonatyzacji (powodu występowania korozji) występuje, gdy dwutlenek węgla, powszechnie występujący w powietrzu, dostaje się do wewnętrznych partii betonu. Zachodzi reakcja z wodorotlenkami, np. wapnia, tworząc węglany, co obniża wartość pH [41]. W 2018 roku doszło do zawalenia się mostu Morandiego we Włoszech. Techniczny stan mostu pogorszał się od lat ze względu na zwiększoną eksploatację. Eksperci od 2009 roku rozważali rozbiórkę mostu ze względu na pękanie żelbetonu [42]. Zdaniem prof. inż. Jana Biliszczuka przyczyną katastrofy mogła być korozja lin nośnych. Ponadto należy pamiętać, że na powstawanie defektów strukturalnych podczas ekspozycji korozyjnej mogą mieć w dalszej perspektywie negatywny wpływ czynniki środowiskowe jak UV, temperatura czy wilgoć. W [43] został opisany wpływ promieniowania UV na zachowania korozyjne.

WNIOSKI

Korozja jest nieuniknionym procesem elektrochemicznym, podczas którego następuje wymiana elektronów. Powoduje zniszczenia elementów na dużą skalę. Najczęściej widoczne objawy to występowanie w materiale pęknięć, wżerów, pęcherzy lub innych artefaktów, a skutek to wyraźne pogorszenie parametrów eksploatacyjnych, co z kolei prowadzi do szeroko rozumianego stanu awarii. Ze względu na coraz większe wykorzystanie tworzyw sztucznych jako materiałów konstrukcyjnych, należy zintensyfikować badania polimerów w kierunku badań korozyjnych. Występuje wyraźne zapotrzebowanie na poszerzenie stanu wiedzy w tym zakresie oraz ustandaryzowanie metod kontroli jakości (i bezpieczeństwa) również dla zastosowań wtórnych – recyklatów do produkcji tworzyw oraz tworzyw i profili takie recyklaty zawierających.

LITERATURA

U autora.

inż. Alicja Matusiak, dr inż. Ewa Zawadzka, dr inż. Selim Oleksowicz
Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Elektrotechniki

Właściwości fizyczne mieszaniny polilaktyd/skrobia termoplastyczna

Mariusz Fabijański, Jacek Garbarski

Otrzymywanie nowych polimerów jest pracochłonne i kosztowne, a postęp w technologii polimerów sprawił, że jednym ze sposobów nadania istniejącym materiałom nowych właściwości jest sporządzanie ich mieszanin [1–3]. Kompozycje polimerowe są materiałami otrzymywanymi przez mieszanie lub łączenie różnych polimerów w odpowiednich proporcjach. Do rodzajów modyfikacji fizycznej zalicza się zmiany w strukturze wywołane przez wymuszoną orientację, tworzenie tzw. kompleksów polimerowych, zmiany stopnia dyspersji i struktury fazowej oraz zmiany interakcji międzycząsteczkowych ze względu na dodatek tzw. promotorów mieszalności [4].

Wśród metod sporządzania mieszanin polimerowych należy wyróżnić metodę ich wytwarzania w ciągłym procesie, w stanie uplastycznionym w typowych maszynach przetwórczych. Tradycyjnie używa się wytłaczarek dwuślimakowych współbieżnych. W ten sposób wytwarza się granulat do dalszego przetwórstwa. Ta metoda przygotowywania mieszanin nie pozostaje bez wpływu na właściwości gotowego wyrobu [4–6].

Mieszaniny polimerowe sporządza się również z polimerów biodegradowalnych. Ze względu na ochronę środowiska rynek tych materiałów przeżywa gwałtowny wzrost, którego tempo zwiększa się z roku na rok [7–10]. Wśród dostępnych polimerów biodegradowalnych polilaktyd (PLA) odgrywa wiodącą rolę. Ma on wiele zalet, a najważniejsza z nich to możliwość przetwarzania metodami konwencjonalnymi. Niestety, jego właściwości mechaniczne nie są zbyt dobre [11–17]. Dlatego podejmowane są liczne wysiłki, aby ulepszyć materiał pod tym względem. Najczęściej stosowaną metodą jest dodawanie różnych sproszkowanych dodatków, zarówno organicznych, jak i nieorganicznych [18–22]. Otrzymywane wyniki są dyskusyjne, jednak najistotniejszą wadą tego rodzaju podejścia jest utrata przez materiał jego pełnych właściwości biodegradowalnych [23– 25].

Wniosek był taki, że tylko dodanie komponentu lub innego polimeru, który byłby tak biodegradowalny jak polimer rodzimy, mogłoby spowodować polepszenie właściwości mechanicznych bez utraty biodegradowalności [26–35]. Takim materiałem może być skrobia termoplastyczna (TPS), która ze swojej natury jest nie tylko kompostowana jak PLA, ale w pełni biodegradowalna we wszystkich warunkach naturalnych i przemysłowych [35-40]. Może być ona otrzymywana z ziemniaków lub z kukurydzy. Podobnie jak PLA materiał ten jest nazywany „podwójnie zielonym". TPS charakteryzuje się dużym stopniem homogeniczności i korzystnymi właściwościami mechanicznymi. Wyroby z niej wykonane charakteryzują się dobrą stabilnością kształtu w zastosowaniach praktycznych [41–47].

Tabela 1. Właściwości skrobi termoplastycznej Envifill MB173 [52]

Parametr	Wartość
Gęstość, g/cm^3	1,25
Wskaźnik płynięcia (MFR) 210°C/2,16 kg, g/10 min	30
Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	50
Odkształcenie względne przy rozciąganiu, %	10
Moduł Younga, MPa	2600
Udarność z karbem wg Charpy'ego, kJ/m^2	6
Temperatura mięknienia wg Vicata, °C	60
Temperatura przetwarzania, °C	165–200

TPS jest handlowo dostępna w postaci granulatu gotowego do przetwórstwa tradycyjnymi metodami, takimi jak wtryskiwanie i wytłaczanie. TPS przeznaczona jest do wykonywania opakowań, ale również folii, toreb na zakupy i na śmieci oraz wyrobów jednorazowego użytku, takich jak sztućce i talerze [48–51].

W pracy podjęto wstępną próbę sporządzania mieszanin PLA/TPS. Zaproponowano ominięcie dwuetapowego procesu przez sporządzanie zarówno samej mieszaniny, jak i gotowych próbek za pomocą wtryskarki. Ze względu na pilotowy charakter prowadzonych badań wyznaczono jedynie podstawowe fizykomechaniczne właściwości otrzymanych mieszanek polimerowych.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA – MATERIAŁY

W badaniach wykorzystano skrobię termoplastyczną Envifill MB173 produkcji Grupy Azoty (Polska). Materiał ten jest w pełni biodegradowalny i przeznaczony głównie do produkcji wyrobów za pomocą technologii wtrysku. Granulat jest w naturalnym kolorze mlecznym. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe informacje o tym materiale. Wykorzystano polilaktyd Ingeo™ Biopolymer 3100HP firmy NatureWorks (USA). Materiał ten może być przetwarzany metodą wtryskiwania i wytłaczania. Charakteryzuje się dobrą barierowością dla tlenu i małym skurczem przetwórczym. Przed przetwórstwem materiał powinien być suszony tak, aby wilgotność była nie większa niż 0,01%, ponieważ zawartość wody pogarsza właściwości i jakość gotowego wyrobu (pęcherze, zapadnięcia skurczowe). Jego masowy wskaźnik płynięcia MFR (210°C/2,16 kg) wynosił 24 g/10 min [53]. Ze względu na zdolność do krystalizacji zaleca się stosować formę wtryskową o wyrównanej temp. 80–130°C. W tabeli 2 przedstawiono podstawowe dane dotyczące PLA.

METODYKA BADAŃ

Do przygotowania próbek do badań wykorzystano wtryskarkę ślimakową UT90 firmy Ponar Żywiec (Polska) serii UT do tworzyw termoplastycznych, z pięciopunktowym, podwójnym dźwigniowym systemem zamykania formy oraz bezpośrednim napędem ślimaka wysokomomentowym silnikiem hydraulicznym. Ponadto stanowisko było wyposażone w urządzenia peryferyjne, takie jak forma wtryskowa z wymiennymi wkładkami na poszczególne

Gryfilen®

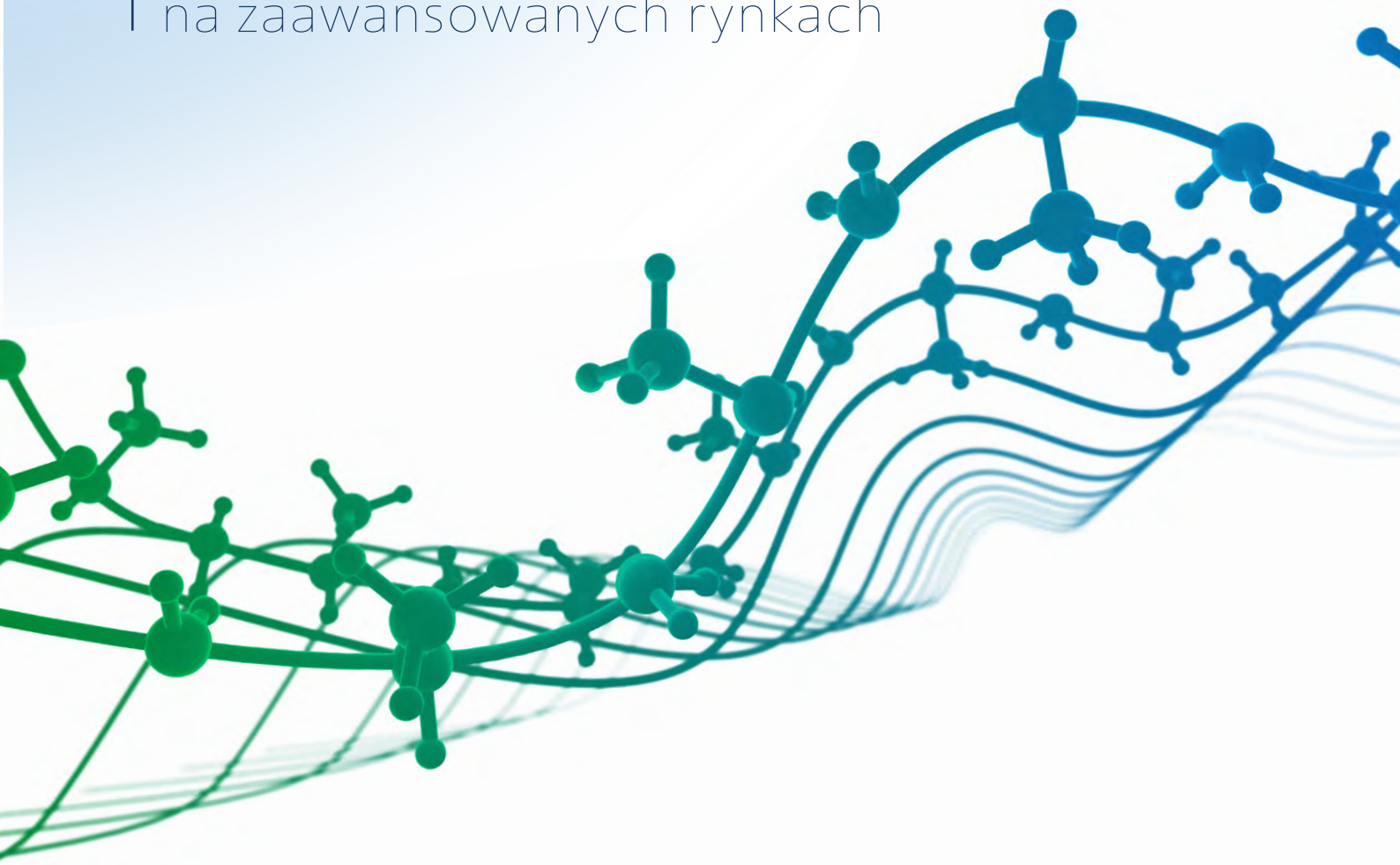
POLYPROPYLENE

GRUPA AZOTY

POLYOLEFINS

POLSKI PRODUKT

dla liderów przetwórstwa
na zaawansowanych rynkach



XXVIII Plastpol
21-24.05.2024

SPOTKAJMY SIĘ
Stoisko E-37

Tabela 2. Właściwości polilaktydu Ingeo Biopolymer 3100HP [53]

Parametr	Wartość
Gęstość, g/cm³	1,24
Masowy wskaźnik płynięcia (MFR) 210°C/2,16 kg, g/10 min	24
Temperatura krystalizacji, °C	160–170
Temperatura przemiany szklistej, °C	55–65
Przezroczystość	przezroczysty
Granica plastyczności przy rozciąganiu, MPa	65
Odkształcenie względne przy rozciąganiu, %	2,2
Udarność wg Izoda, kJ/m	18,2
Wytrzymałość na zginanie, MPa	112
Temperatura przetwarzania, °C	180–205

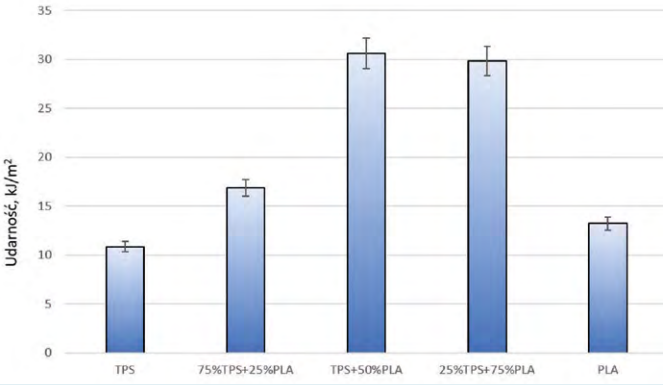
próbki, termostat, waga elektroniczna Darwag, suszarka KC 100/200 oraz młynek do rozdrabniania tworzyw.

Z uwagi na znaczą chłonność wody przez oba materiały przed przystąpieniem do badań suszono je w temp. 80°C przez 8 h, zgodnie z zaleceniem producentów w celu usunięcia wilgoci, która mogłaby wpłynąć na jakość końcową gotowych próbek do badań, a tym samym zafałszować wyniki pomiarów. Następnie przygotowano próbki z czystych materiałów PLA i TPS oraz ich mieszanin o następujących udziałach: 75% TPS + 25% PLA, 50% TPS + 50% PLA i 25% TPS + 75% PLA.

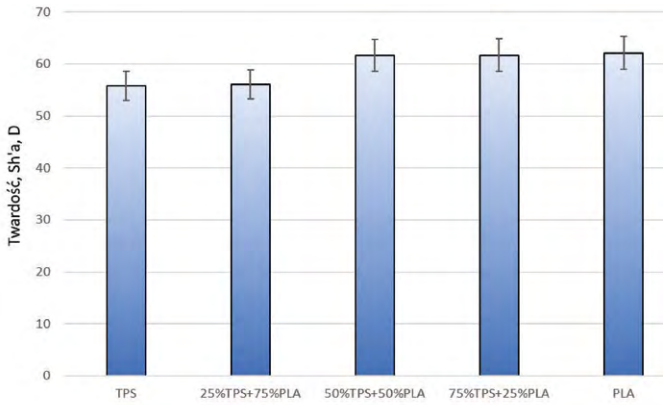
Granulaty w odpowiednich proporcjach wymieszano w mieszalniku bębnowym, a następnie przystąpiono do wykonania próbek, wykorzystując wtryskarkę do wymieszania granulatów w stanie stopionym. Bezpośrednie wykonanie próbek do badań wymusiło znalezienie pewnego kompromisu pomiędzy parametrami przetwórstwa PLA i TPS. Tworzywa te nieco inaczej się przetwarza i niezbędna była tu korekta nastaw poszczególnych parametrów technologicznych wtryskarki. Dodatkową trudnością było wykorzystanie układu plastyfikacji wtryskarki do wymieszania tworzyw i tu też konieczna była pewna modyfikacja parametrów. Po ostatecznym ustaleniu parametrów technologicznych wykonano niezbędne próbki do badań.

Przed rozpoczęciem pomiarów wszystkie próbki były poddane procesowi klimatyzacji w stałej temp. 23°C i wilgotności 50% przez 48 h. Udarność oznaczono metodą Charpy'ego wg normy [54], stosując młot wahadłowy firmy Wolfgang Ohst (Niemcy) z energią uderzenia 4 J. Do pomiaru wykorzystano próbki bez karbu. Twardość wyznaczono metodą Shore'a, zgodnie z normą [55], za pomocą elektronicznego twardościomierza Shore'a o skali 0–100 D firmy Xingweiqiang (Chiny).

Przeprowadzono także badanie chłonności wody przez próbki. Nasiąkliwość definiowana jest jako zdolność materiału do pochłaniania wody i może być obliczana jako masowa lub objętościowa. W pierwszym przypadku określana jest jako stosunek przyrostu masy próbki do masy próbki przed badaniem (na sucho).



Rys. 1. Zmiana udarności w zależności od składu mieszaniny TPS/PLA



Rys. 2. Zmiana twardości w zależności od składu mieszaniny TPS/PLA

Zważone próbki umieszczano na 24 h w wodzie o temp. 25°C, następnie wyjmowano je, osuszano i ponownie ważono. Proces ten powtórzono po 4 i 7 dniach. Metodykę pomiaru opracowano wg normy [56]. Nasiąkliwość obliczono ze wzoru:

$$n = (M_w - M)/M \cdot 100\%$$

w którym M_w oznacza masę próbki po określonym czasie moczenia w wodzie, a M początkową masę próbki przed moczeniem.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki pomiaru udarności przedstawiono w tabeli 3 oraz na rys. 1. Czysty TPS charakteryzował się udarnością na poziomie 10,88 kJ/m². Mieszaniny TPS i PLA uzyskały znacznie większe wartości udarności zarówno w porównaniu z czystym PLA, jak i czystym TPS. Pomiary dla każdego materiału powtórzono po 30 razy, aby otrzymać wartości średnie i mieć pewność, że na wynik nie wpłynął żaden inny czynnik zewnętrzny. Uzyskane wyniki okazały się nadzwyczaj ciekawe. Zaobserwowano, że mieszaniny PLA/ TPS wykazują o wiele większą udarność niż każdy z materiałów komponentowych osobno. Udarność mieszanin była wręcz dwukrotnie większa. Oznacza to, że materiały komponentowe bardzo silnie oddziałują na siebie wzajemnie i musi zachodzić tam pewien rodzaj synergii. Obecnie trudno jest wyjaśnić to zjawisko. Z pewnością będą konieczne dalsze badania w celu jego wyjaśnienia.

Podobnie jak w przypadku udarności, twardość również zmieniała się w zależności od składu mieszaniny. Wraz ze zwiększaniem

Tabela 3. Wyniki pomiarów udarności i twardości poszczególnych mieszanin

Materiał	TPS	75% TPS + 25% PLA	50% TPS + 50% PLA	25% TPS + 75% PLA	PLA
Udarność, kJ/m²	10,88±2,29	16,88±5,99	30,63±3,74	29,88±3,61	13,25±1,47
Twardość, Sh'a D	55,8±0,75	56,1±0,77	61,65±0,87	61,75±1,38	62,15±1,18

master colors

www.mastercolors.com.pl

ul. Wędkarzy 5, 51-050 Wrocław
tel.: +48 71 350 05 25, tel.: +48 71 350 05 26
biuro@mastercolors.com.pl

ROZWIĄZANIA DLA PRZEMYSŁU PRZETWÓRSTWA TWORZYW SZTUCZNYCH

MORETTO

single
first choice
in temperature control

LaborSave™ The Ultimate Sack Emptying Solution

BREYER
extrusion lines

CONTURA

EAS®
CHANGE SYSTEMS

ORIGINAL PALLMANN

gneuß

Buntfarbenfabrik
DEIFEL
GmbH & Co. KG

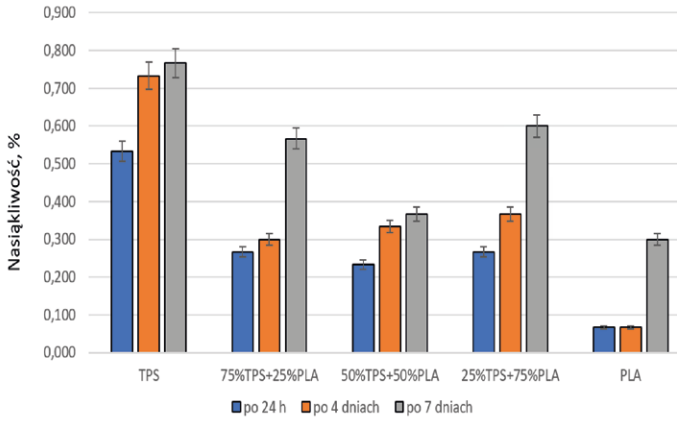
ZAPRASZAMY NA STOISKO C - 15 NA TARGACH PLASTPOL

Tabela 4. Wyniki nasiąkliwości poszczególnych mieszanin

Materiał	TPS	75% TPS + 25% PLA	50% TPS + 50% PLA	25% TPS + 75% PLA	PLA
Nasiąkliwość po 24 h, %					
1	0,80	0,30	0,30	0,30	0,00
2	0,60	0,30	0,20	0,30	0,00
3	0,70	0,20	0,20	0,40	0,20
Średnia	0,70	0,27	0,23	0,33	0,066
Nasiąkliwość po 4 dniach, %					
1	0,80	0,30	0,30	0,30	0,00
2	0,70	0,30	0,30	0,40	0,00
3	0,70	0,30	0,40	0,40	0,20
Średnia	0,73	0,30	0,33	0,37	0,066
Nasiąkliwość po 7 dniach, %					
1	0,80	0,40	0,30	0,50	0,30
2	0,70	0,50	0,40	0,70	0,20
3	0,80	0,80	0,40	0,60	0,40
Średnia	0,77	0,57	0,37	0,60	0,30

się zawartości PLA w mieszaninie, twardość zwiększała się. Wynika to z faktu, że PLA jest materiałem twardym i stosunkowo kruchym. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 3 oraz na rys. 2.

Kolejnym oznaczonym parametrem była chłonność wody, która w procesie biodegradacji polimerów biodegradowalnych ma kluczowe znaczenie, wpływając na niego, inicjując oraz przyspieszając go. Z drugiej strony cecha ta jest niekorzystna dla trwałości wyrobów. Konieczny jest tu kompromis pomiędzy biodegradacją a trwałością i oczekiwaniami w stosunku do gotowych wyrobów. Dlatego oznaczenie nasiąkliwości jest tu bardzo istotne. Końcowe wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 4 oraz na rys. 3. Czysty TPS charakteryzował się największą nasiąkliwością ze wszystkich badanych materiałów, która nie zmieniała się wraz z czasem nasiąkania. PLA zachowywał się zupełnie inaczej. Charakteryzował się najmniejszą nasiąkliwością, która jednak rosła z czasem. Takie zachowanie materiału w postaci gotowego wyrobu jest jego zaletą, gdyż proces biodegradacji powinien zajść dopiero po wykorzystaniu danego produktu, a więc po okresie użytkowania. Podobnie jak w przypadku udarności zaobserwowano pewną synergię pomiędzy TPS i PLA, ponieważ nasiąkliwość dla dwóch mieszanin była wyjątkowo duża po 7 dniach ekspozycji na wodę i osiągnęła wartość prawie tak dużą, jak nasiąkliwość czystej TPS.



Rys. 3. Zmiana nasiąkliwości poszczególnych tworzyw w zależności od składu i czasu ekspozycji na wodę

W przypadku nasiąkliwości, należy wziąć pod uwagę dwa aspekty, z jednej strony duża nasiąkliwość jest wadą, ponieważ wywołuje puchnięcie i niestabilność wymiarową wyrobów; z drugiej jednak strony duża nasiąkliwość jest zaletą, ponieważ może świadczyć o dużej skłonności i przydatności do procesu biodegradacji.

PODSUMOWANIE

Otrzymane wyniki eksperymentalne świadczą o tym, że TPS jako komponent mieszaniny TPS/PLA odgrywa pozytywną rolę we wszystkich badanych aspektach. Wyniki badań udarności pokazują, że kruchość czystego PLA (co było jego główną wadą) została usunięta, w rezultacie czego otrzymany materiał jest o wiele mniej podatny na pękanie niż czysty PLA. To samo można powiedzieć o twardości. TPS odznacza się mniejszą twardością niż PLA, a mieszaniny tych polimerów charakteryzują się większą twardością niż twardość czystej TPS. Również nasiąkliwość ulega zmianie wraz ze zmianą składu mieszaniny polimerowej.

Podsumowując, stwierdzono, że skrobię termoplastyczną można z powodzeniem mieszać z polilaktydem, a końcowe właściwości tak otrzymanego materiału wykazują pewien synergizm, który z powodzeniem może być przedmiotem dalszych badań. Uzyskane wyniki pozwalają też na stwierdzenie, że przyjęte rozwiązanie przetwórstwa z pominięciem procesu wstępnej granulacji mieszanin jest poprawne i można bezpośrednio oba tworzywa mieszać we wtryskarce i wytwarzać z nich gotowe wyroby.

LITERATURA

[1] J.E. Mark (red.), Physical properties of polymers handbook, Springer Science + Business, New York 2007.
[2] A. Kmetty, T. Barany, J. Karger-Kocsis, Prog. Polym. Sci. 2010, 35, 1288, https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.07.002.
[3] J. Karger-Kocsis, T. Barany, Compos. Sci. Technol. 2014, 92, 77, https:// doi.org/10.1016/j.compscitech.2013.12.006.
[4] F.P. La Mantia, Prog. Rubber Plast. Recycl. 2004, 20, nr 1, 11, https://doi. org/10.1177/147776060402000102.
[5] J.Y. Sun, J.J. Shen, D.K. Chen, M.A. Cooper, H.B. Fu, D.M. Wu, Z.G. Yang, Polymers 2018, 10, nr 5, 505, https://doi.

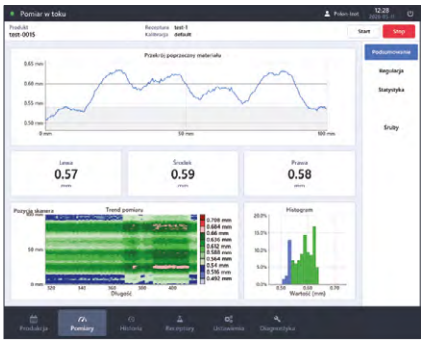
org/10.3390/polym10050505.
[6] R. Tejada-Oliveros, R. Balart, J. Ivorra-Martinez, J. Gomez-Caturla, Molecules 2021, 26, nr 1, 240, https://doi.org/10.3390/molecules26010240.
[7] L. Rajeshkumar, Biodegradable polymer blends and composites from renewable resources, Woodhead Publishing, Cambridge 2022, 527, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823791-5.00015-6.
[8] T.P. Haider, C. Völker, J. Kramm, K. Landfester, Angew. Chem. Int. Ed. 2019, 58, 50, https://doi.org/10.1002/anie.201805766.
[9] R. Tejada-Oliveros, S. Fiori, J. Gomez-Caturla, D. Lascano, N. Montanes, L. Quiles-Carrillo, D. Garcia-Sanoguera, Polymers 2022, 14, 1874, https:// doi.org/10.3390/polym14091874.
[10] N. Nomadolo, O.E. Dada, A. Swanepoel, T. Mokhena, S.A. Muniyasamy, Polymers 2022, 14, 1894, https://doi.org/10.3390/polym14091894.
[11] M. Fabijański, J. Compos. Sci. 2022, 6, 387, https://doi.org/10.3390/ jcs6120387.
[12] M. Fabijański, Przem. Chem. 2017, 96, nr 4, 894, DOI: 10.15199/62.2017.4.33.
[13] A. Moldovan, S. Cuc, D. Prodan, M. Rusu, D. Popa, A. C. Taut, I. Petean, D. Bomboş, R. Doukeh, O. Nemes, Polymers 2023, 15, 2855, https://doi. org/10.3390/polym15132855.
[14] A. Gałęski, E. Piórkowska, M. Pluta, Z. Kuliński, R. Masirek, Polimery 2005, 50, 562, https://polimery.ichp.vot.pl/index.

REKLAMA

TRAWERS PI-SCANPRO! Pomiar GRUBOŚCI, GRAMATURY I WILGOTNOŚCI on-line/in-line

Mierząc Oszczędzasz!

- Kontrola jakości on-line w produkcji tworzyw sztucznych
- Polski producent, wieloletnie doświadczenie
- Produkcja urządzeń seryjnych jak i na indywidualne zamówienia



Zapraszamy na Targi PLASTPOL 2024 i odwiedzenia naszego stoiska D-86

POLON-IZOT

POLON-IZOT Sp. z o.o.
02-495 Warszawa, ul. Michała Spisaka 31
tel. 22 724 74 64, fax 22 724 94 31
biuro@polonizot.pl, **www.polonizot.pl**

COLOR YOUR BRAND! We bring high quality coloring solutions.

Zapraszamy do odwiedzenia nas na Plastpolu 2024 stoisko E-32

75 Jahre 1949–2024

www.finke-colors.eu

Finke
Pigmente · Flüssigfarben · Masterbatche

php/p/article/view/1664.
[15] M. Fabijański, Przem. Chem. 2016, 95, nr 11, 2227, DOI: 10.15199/62.2016.11.15.
[16] K. Shi, G. Liu, H. Sun, Y. Weng, Polymers 2023, 15, 2807, https://doi. org/10.3390/polym15132807.
[17] X. Ge, M. Chang, W. Jiang, B. Zhang, R. Xing, C. Bulin, J. Appl. Polym. Sci. 2020, 137, 49354, https://doi.org/10.1002/app.49354.
[18] N. Vidakis, M. Petousis, A. Moutsopoulou, V. Papadakis, M. Spiridaki, N. Mountakis, C. Charou, D. Tsikritzis, E. Maravelakis, Polymers 2023, 15, 2786, https://doi.org/10.3390/polym15132786.
[19] M. Fabijański, Przem. Chem. 2022, 101, nr 1, 65, DOI: 10.15199/62.2022.1.9.
[20] M.E. Mendoza-Duarte, I.A. Estrada-Morena, E.I. Lopez-Martinez, A. Vega-Rios, Polymers 2023, 15, 305, https://doi.org/10.3390/polym15020305.
[21] T.F.D. Silva, F. Menezes, L.S. Montagna, A.P. Lemes, F.R. Passador, Mater. Sci. Eng. 2019, 251, 114441, https://doi.org/10.1016/j.mseb.2019.114441.
[22] R.R. De Oliveira, T.A. De Oliveira, L.R.C. Da Silva, R. Barbosa, T.S. Alves, L.H. De Carvalho, D.T. Rodrigues, Mater. Res. 2020, 24, 1, https://doi. org/10.1590/1980-5373-MR-2020-0372.
[23] M. Fabijański, Przem. Chem. 2019, 98, nr 8, 1246, DOI: 10.15199/62.2019.8.6.
[24] M. Samsuri, P. Purnama, Polymers 2023, 15, 2730, https://doi. org/10.3390/polym15122730.
[25] P. Zochowski, M. Bajkowski, R. Grygoruk, M. Magier, W. Burian, D. Pyka, M. Bocian, K. Jamroziak, Compos. Struct. 2022, 294, 115752, https://doi. org/10.1016/j.compstruct.2022.115752.
[26] M. Fabijański, Przem. Chem. 2019, 98, nr 4, 556, DOI:10.15199/62.2019.4.8.
[27] Z. Żołek-Tryznowska, E. Bednarczyk, M. Tryznowski, T.A. Kobiela, Materials 2023, 16, 3320, https://doi.org/10.3390/ma16093320.
[28] T.G. Dastidar, A. Netravali, ACS Sustain. Chem. Eng. 2013, 1, 1537, https:// doi.org/10.1021/sc400113a.
[29] L.E. Velásquez-Castillo, M.A. Leite, V.J.A. Tisnado, C. Ditchfield, P.J.D.A. Sobral, I.C.F. Moraes, Foods 2023, 12, 576, https://doi.org/10.3390/ foods12030576.
[30] K. González, L. Iturriaga, A. González, A. Eceiza, N. Gabilondo, Eur. Polym. J. 2020, 123, 109415, https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.109415.
[31] T. Jiang, Q. Duan, J. Zhu, H. Liu, L. Yu, Adv. Ind. Eng. Polym. 2020, 3, nr 8, https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2019.11.003.
[32] M. Fabijański, Przem. Chem. 2021, 100, nr 8, 750, DOI:10.15199/62.2021.8.5.
[33] R. Barreira-Pinto, R. Carneiro, M. Miranda, R.M. Guedes, Materials 2023, 16, 3913, https://doi.org/10.3390/ma16113913.
[34] Z. Ni, J. Shi, M. Li, W. Lei, W. Yu, Polymers 2023, 15, 2382, https://doi. org/10.3390/polym15102382.
[35] Q. Ju, Z.P. Tang, H.D. Shi, Y.F. Zhu, Y.C. Shen, T.W. Wang, Int. J. Biol. Macromol. 2022, 219, 175, https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.07.232.
[36] K. Ginjupalli, G.V. Shavi, R.K. Averineni, M. Bhat, N. Udupa, P.N. Upadhya, Polym. Degrad. Stab. 2017, 144, 520, https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.
2017.08.024.
[37] R. Fitzgerald, L.M. Bass, D.J. Goldberg, M.H. Graivier, Z.P. Lorenc, Aesthetic Surg. J. 2018, 38, 13, https://doi.org/10.1093/asj/sjy012.
[38] J. Tarique, S.M. Sapuan, K. Abdan, R.A. Ilyas, E.S. Zainudin, S.F.K. Sherwani, K.Z. Hazrati, International Conference on Sugar Palm and Allied Fibre Polymer Composites 2021, online, December 11, 2021, 180.
[39] R. Jumaidin, N. Ahmad Diah, R.H. Alamjuri, I. Ahmad Rushdan, F.A. Yusof, Polymers 2021, 13, 1420, https://doi.org/10.3390/polym13091420.
[40] P. Balakrishnan, M.S. Sreekala, M. Kunaver, M. Huskić, S. Thomas, Carbohydr. Polym. 2017, 169, 176, https://doi.org/10.1016/j.carbpol. 2017.04.017.
[41] N.H. M'sakni, T. Alsufyani, Polymers 2023, 15, 2148, https://doi. org/10.3390/polym15092148.
[42] Pat. pol. 207301 (2010).
[43] D.I. Park, Y. Dong, S. Wang, S.-J. Lee, H.J. Choi, Polymers 2023, 15, 1953, https://doi.org/10.3390/polym15081953.
[44] P. Stepaniak, S. Softić, S. Woźniak, M. Fabijański, K. Nowakowski, Przem. Chem. 2023, 102, nr 5, 473, DOI: 10.15199/62.2023.5.5.
[45] M. Fabijański, E. Spasówka, A. Szadkowska, Inż. Mat. 2020, 42, nr 2, 22, DOI: 10.15199/28.2020.2.
[46] R.P.H. Brandelero, M.V.E. Grossmann, F. Yamashita, Carbohyd. Polym. 2011, 86, 1344, https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.045.
[47] S. Mohanty, S.K. Nayak, Int. J. Plast. Technol. 2009, 13, 163, https://doi. org/10.1007/s12588-009-0013-3.
[48] R. Jeziórska, A. Szadkowska, M. Studziński, M. Chmielarek, E. Spasówka, Polymers 2023, 15, 1762, https://doi.org/10.3390/polym15071762.
[49] Zgł. pat. pol. 441782 (2022).
[50] B. Swierz-Motysia, R. Jeziórska, A. Szadkowska, M. Piotrowska, Polimery 2011, 56, 271.
[51] S. Agarwal, Eur. Polym. J. 2021, 160, 110788, https://doi.org/10.1016/j. eurpolymj.2021.110788.
[52] Karta produktu Envifill MB137 (06/06/2023), https://oferta.grupaazoty. com/upload/1/files/2022/envifill/m/envifill%20MB%20173.pdf.
[53] Karta produktu Ingeo™ Biopolymer 3100HP (06/06/2023), https://www. natureworksllc.com/~/media/Files/NatureWorks/Technical-Documents/ Technical-Data-Sheets/TechnicalDataSheet_3100HP_injection-molding_ pdf.pdf.
[54] PN-EN ISO 179-1:2010, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie udarności metodą Charpy'ego. Cz. 1. Nieinstrumentalne badanie udarności.
[55] PN-EN ISO 868:2005, Tworzywa sztuczne i ebonit. Oznaczanie twardości metodą wciskania z zastosowaniem twardościomierza (twardość metodą Shore'a).
[56] PN-EN ISO 62:2008, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie absorpcji wody.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny" 2023, nr 102/9, s. 954-958.

dr inż. Mariusz FABIJAŃSKI
dr hab. inż. Jacek GARBARSKI, prof. PW

Zakład Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Warszawska

Właściwości termomechaniczne kompozytu polietylenu z napełniaczem pochodzącym z przemiału dywaników samochodowych

Adam Gnatowski, Mateusz Chyra

Problemy dotyczące utylizacji i recyklingu elementów polimerowych znajdujących się w samochodach są aktualnym i istotnym problemem w przetwórstwie tworzyw sztucznych. W przeciętnym pojeździe znajduje się ogromna liczba przedmiotów wykonanych z tworzyw polimerowych. Należą do nich m.in. dywaniki samochodowe, które stanowią cenny potencjał do odzyskania np. poliamidu. W artykule przedstawiono wyniki badań próbek kompozytów polietylenu z dodatkiem 25% i 50% napełniacza pochodzącego z przemiału używanych dywaników samochodów różnych marek. Wykonano badania twardości, różnicowej kalorymetrii skaningowej DSC, badania wytrzymałości na rozciąganie oraz dynamicznych właściwości mechanicznych DMTA.

Zagadnienia związane z utylizacją i recyklingiem elementów wytworzonych z tworzyw polimerowych używanych w motoryzacji są bardzo istotnym zagadnieniem we współczesnym świecie. Związane jest to ze zwiększającą się ilością nowych samochodów, co powoduje generowanie odpadów samochodowych z wycofywanych z użytku starych pojazdów [1].

Celem recyklingu samochodowego jest ograniczenie oddziaływania przemysłu motoryzacyjnego na środowisko naturalne, czyli jak najmniejsze wykorzystanie nowych surowców, dzięki ponownemu wykorzystaniu już istniejących [2]. W ostatnich latach odnotowuje się stały wzrost recyklingu i odzysku energii kosztem składowania zużytych elementów [8]. Zjawisko to jest skutkiem wymagań prawnych, coraz większej świadomości obywateli oraz możliwości pozyskania środków finansowych i stworzenia nowych miejsc pracy [4, 5].

W literaturze spotykany jest podział recyklingu na trzy grupy:

- recykling produktowy - którego istotą jest ponowne wykorzystanie przedmiotów będących w dobrym stanie technicznym,
- recykling materiałowy - polegający na przetworzeniu elementów nie nadających się do użytku na surowce, które mogą być użyte powtórnie do produkcji nowych wytworów,
- odzysk energetyczny – poprzez który rozumie się zamianę przedmiotów (np. polimerowych) na energię cieplną [4, 6].

Istotą wytwarzania kompozytów polimerowych jest możliwość poprawienia ich właściwości termomechanicznych, obniżenie ceny finalnego produktu oraz zmniejszenie ilości odpadów pochodzących ze zużytych przedmiotów (np. samochodów) [3, 7].

W artykule przedstawiono wyniki badań kompozytów polietylenu z dodatkiem 25% oraz 50% napełniacza pochodzącego z przemiału dywaników samochodowych różnych marek.

Wykonano badania twardości, różnicowej kalorymetrii skaningowej, wytrzymałości na rozciąganie oraz dynamicznych właściwości mechanicznych.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Jako osnowy do wytworzenia kompozytów użyto polietylenu dużej gęstości o nazwie handlowej HOSTAEN GC 7260, produkcji firmy LyondellBasell. Jako napełniacz zastosowano przemiał pochodzący ze zużytych dywaników samochodowych różnych marek.

Dywaniki rozdrobniono przy użyciu młynka wolnoobrotowego Shini SG-2417-CE.

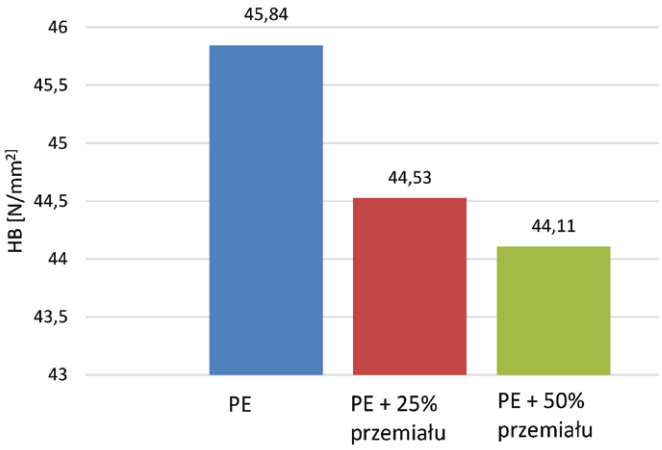
Próbki wykonano na wtryskarce Krauss Maffei KM 65-1600C1 ze ślimakiem o średnicy 30 mm, trzystrefowym, o stałym skoku na całej długości, stosunku L/D = 23 oraz siłą zamykania formy 650 kN. Optymalne właściwości badanych próbek uzyskano przy następujących parametrach wtrysku:

- ciśnienie wtrysku: 60 MPa,
- czas wtrysku: 0,6 s,
- ciśnienie docisku: 30 MPa,
- czas docisku: 28 s,
- czas chłodzenia 15 s,
- czas dozowania 6,6 s,
- temperatura formy: 40°C,
- temperatura stref cylindra: t_1=150°C, t_2=170°C, t_3=180°C, t_4=195°C, temp. dyszy: t_5=205°C.

Próbki o wszystkich składach wytworzono przy tych samych parametrach przetwórczych.

Badania twardości wykonano metodą wciskania kulki, przy obciążeniu pomiarowym równym 132 N.

Analizę różnicowej kalorymetrii skaningowej przeprowadzono na urządzeniu DSC Phox 204 PC firmy Netzsch. Pomiar wykonano w zakresie temperaturowym od 25°C do 200°C ze stałą prędkością nagrzewania wynoszącą 10°C na minutę. Wartości



Rys. 1. Wyniki pomiaru twardości metodą wciskania kulki

temperatur przemian fizycznych oraz stopień krystaliczności próbek wyznaczono za pomocą oprogramowania firmy Netzsch. Program ten umożliwia wyznaczenie pola powierzchni pomiędzy krzywą termograficzną a osią współrzędnych, w zakresie występowania refleksu endotermicznego. Przed wykonaniem badań DSC, próbki zważono przy użyciu wagi firmy SAR- TORIUS o dokładności 0,01 mg, z funkcją wewnętrznej kalibracji i możliwością zamknięcia przestrzeni pomiarowej. Waga próbek mieściła się w przedziale od 7 do 10 mg.

Wytrzymałość na rozciąganie zbadano na maszynie wytrzymałościowej firmy Inspekt Desk 20 firmy Hegewald&Peschke, przy stałej prędkości rozciągania równej 50 mm/min.

Badania dynamicznych właściwości mechanicznych przeprowadzono z wykorzystaniem urządzenia DMA 242 firmy Netzsch z użyciem uchwytu do trójpunktowego zginania próbki w kształcie belki o wymiarach 50x10x4 mm. Próbkę obciążano sinusoidalnie zmienną siłą z częstotliwością 1 i 10 Hz oraz ogrzewano z prędkością 3°C/min w zakresie temperatury od -130 do 130°C. Zarejestrowano: moduł zachowawczy E', moduł stratności E" oraz tangens kąta stratności tgδ.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Na rys. 1 przedstawiono wyniki badań twardości przeprowadzone metodą wciskania kulki.

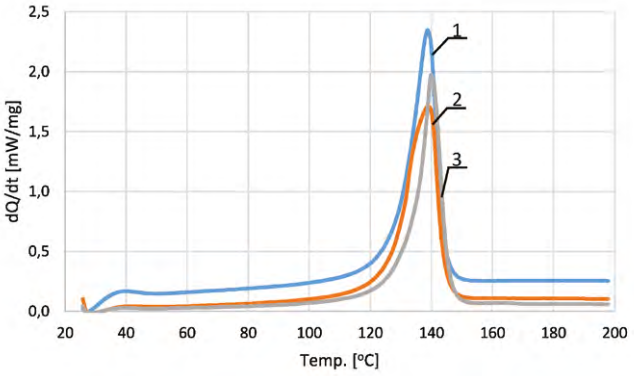
Zauważano, że dodatek przemiału z dywaników wpływa wprost proporcjonalnie na spadek twardości kompozytów. W próbkach z 25% dodatkiem napełniacza odnotowano zmniejszenie twardości o 1,31 MPa, natomiast w próbkach o składzie 50% czystego tworzywa i 50% przemiału spadek ten osiągnął 1,73 MPa.

W tabeli 1 oraz na rysunku 2 pokazano wyniki analizy metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej badanych kompozytów.

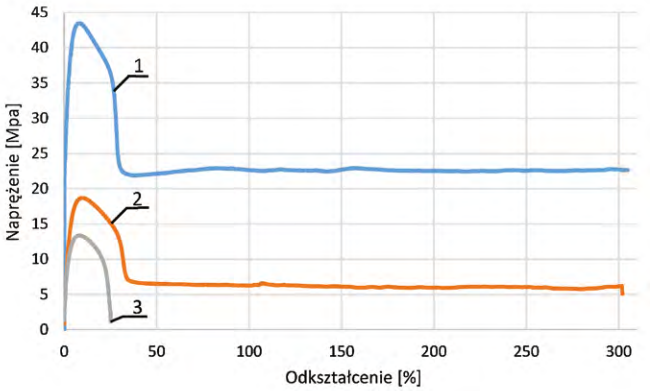
W badanych kompozytach nie zauważono istotnych zmian w wartościach temperatur topnienia. Dla próbki z 25% dodatkiem przemiału odnotowano niewielkie rozszerzenie zakresu temperatury topnienia oraz wzrost temperatury, w której topnienie fazy krystalicznej przebiega najszybciej. Z kolei w próbce z 50% dodatkiem napełniacza zauważono nieznaczne rozszerzenie zakresu temperatury topnienia oraz wzrost wartości temperatury najszybszego topnienia fazy krystalicznej.

Tabela 1. Wyniki badań metodą DSC

Tworzywo	Stopień krystaliczności [%]	Zakres temp. topnienia [°C]	Temp. topnienia maks. refleksu [°C]
PE	39,25	130,9 – 143,3	139
PE + 25% przemiału	37,79	129,3 – 144,2	139,5
PE + 50% przemiału	35,25	133,1 – 143,7	138,5



Rys. 2. Termogramy badanych próbek: 1 - PE, 2 - PE + 25% przemiału, 3 - PE + 50% przemiału



Rys. 3. Wyniki badań wytrzymałości na rozciąganie: 1 - PE, 2 - PE + 25% przemiału, 3 - PE + 50% przemiału

Dodatek napełniacza wpłynął na spadek stopnia krystaliczności próbek. Największą wartość odnotowano dla czystego polietylenu. W kompozycie o mniejszej zawartości napełniacza zauważono spadek o 1,46%, natomiast w próbce z 50% dodatkiem przemiału zarejestrowano zmniejszenie stopnia krystaliczności o 4%.

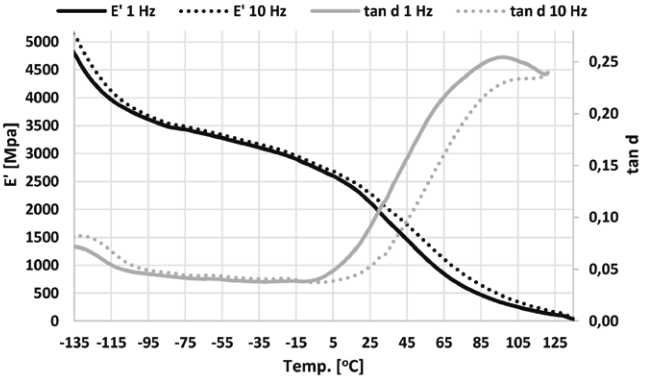
Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań statycznej próby rozciągania.

Dla próbek zawierających w składzie przemiał dywaników samochodowych odnotowano znaczący spadek właściwości wytrzymałościowych w porównaniu do próbek z czystego polietylenu. Dla nienapełnionego tworzywa zarejestrowano wartość wytrzymałości na rozciąganie równą 43,2 MPa, dla polietylenu z 25% dodatkiem przemiału 18,47 MPa, natomiast dla kompozytu napełnionego w 50% 13,3 MPa.

W próbkach napełnionych zarejestrowano znaczny spadek wydłużenia. Dla czystego polietylenu odnotowano najwyższą, wynoszącą 400% wartość. W próbce zawierającej 25% przemiału zarejestrowano spadek wydłużenia 100% w porównaniu do nienapełnionego tworzywa. Natomiast najmniejszą wartość wydłużenia równą 25% odnotowano dla polietylenu z 50% dodatkiem napełniacza.

Na rysunkach 4, 5 oraz 6 przedstawiono krzywe termograficzne otrzymane podczas badania metodą DMTA.

Analiza przeprowadzonych badań wykazuje, że dodatek przemiału z dywaników samochodowych powoduje zmniejszenie zarówno modułu zachowawczego, jak i tangensa kąta stratno-



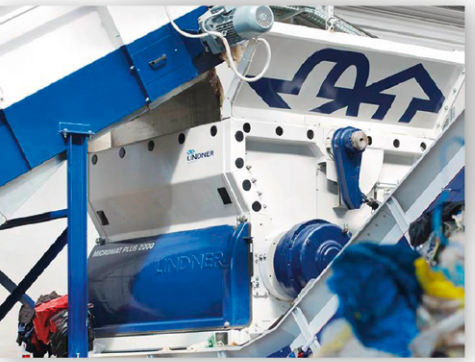
Rys. 4. Zależność modułu zachowawczego oraz współczynnika stratności mechanicznej od temperatury dla PE

26 YEARS

wende®
RECYCLINGTECH

Od 26 lat na rynku w branży maszyn do odpadów i surowców wtórnych.

Kompletne linie do recyklingu tworzyw sztucznych od renomowanych producentów.

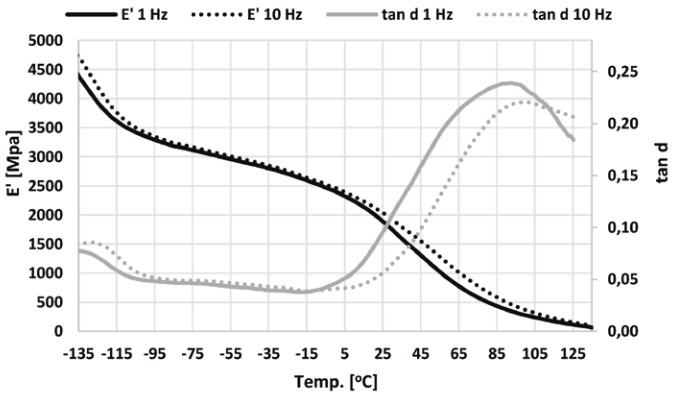


LINDNER WASHTECH · PAAL® · TRIA · EREMA® PLASTIC RECYCLING SYSTEMS · LINDNER · PELLENC ST WE CAN SORT IT

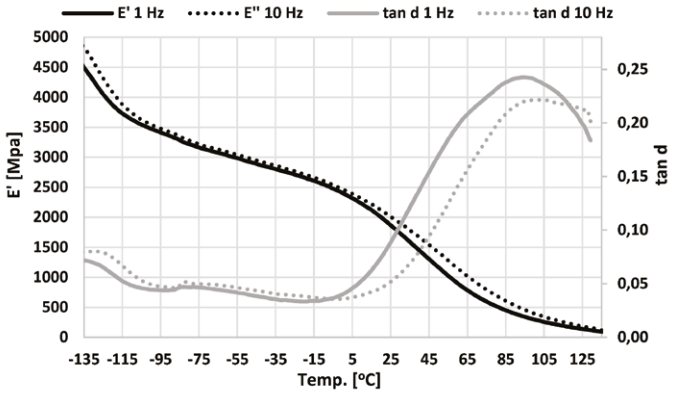
WENDE Recyclingtech s.c., Kościerzyce 41 E, 49-314 Kościerzyce, tel./fax: +48 77 416 96 66, wende@wende.pl, www.wende.pl

Dział sprzedaży: Łukasz Michalski, tel. +48 533 389 990, lukasz@wende.pl

Biuro Regionalne w Łodzi: ul. Wacława Kondka 6, 91-177 Łódź, Krzysztof Cuper, tel.: +48 501 282 926, kcuper@wende.pl



Rys. 5. Zależność modułu zachowawczego oraz współczynnika stratności mechanicznej od temperatury dla PE + 25% przemiału



Rys. 6. Zależność modułu zachowawczego oraz współczynnika stratności mechanicznej od temperatury dla PE + 50% przemiału

ści. Wartość modułu zachowawczego materiałów napełnionych uległa zmniejszeniu w całym zakresie przebiegu krzywej. Dla polietylenu z dodatkiem 25% przemiału w fazie zeszklenia odnotowano spadek o ok. 400 MPa, natomiast dla próbek napełnionych 50% o ok. 300 MPa, w porównaniu do czystego tworzywa. W zakresie fazy odkształceń wysoko elastycznych różnica nie jest już tak wyraźna. Przebieg krzywych zależności modułu zachowawczego od temperatury jest taki sam dla wszystkich badanych kompozytów. Nie zarejestrowano także większych różnic w wartościach. Wszystkie próbki mają również zbliżone wartości modułu zachowawczego E'.

Foto: Freepik

Z analizy przebiegu zmian tgδ odpowiednio dla częstotliwości 1 jak i 10 Hz wynika, iż badane materiały mają zbliżoną wartość temperatury zeszklenia. Wartości tgδ w funkcji temperatury również nie uległy większej zmianie. Jedynie powyżej 85°C. zauważono zmniejszenie się wartości tangensa kąta stratności dla próbek napełnionych.

WNIOSKI

Z przedstawionych badań wynika, iż rozdrobnienie zużytych dywaników samochodowych oraz dodawanie ich jako napełniacza do polietylenu daje możliwość uzyskania kompozytów o zadowalających właściwościach termomechanicznych. Badania twardości metodą wciskania kulki wykazały nieznaczny spadek twardości kompozytów z dodanym przemiałem w porównaniu do próbek z czystego polietylenu. Dla napełnionego polietylenu odnotowano nieznaczne zmniejszenie się stopnia krystaliczności oraz minimalne różnice wartości temperatury topnienia fazy krystalicznej. Odnotowano istotne pogorszenie wytrzymałości na rozciąganie wskutek dodatku napełniacza. Zauważono również zmniejszenie się wydłużenia próbek napełnionych w porównaniu do czystego polietylenu. W badaniach dynamicznych właściwości mechanicznych odnotowano spadek modułu zachowawczego próbek napełnionych jedynie w fazie szklistej. Z kolei wartość tangensa kąta stratności dla próbek kompozytowych uległa nieznacznemu zmniejszeniu dla wartości temperatury powyżej 85°C. Wtryskiwanie elementów z kompozytu polietylenu i rozdrobnionych używanych dywaników samochodowych daje szansę oszczędności nowego tworzywa oraz zmniejszenia ilości odpadów samochodowych.

LITERATURA

[1] Kozłowski M., Recykling tworzyw sztucznych w Europie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2006.
[2] Merkisz-Guranowska A., Recykling samochodów w Polsce, Instytut Technologii Eksploatacji, Poznań-Radom, 2007.
[3] German J., Podstawy mechaniki kompozytów włóknistych, Politechnika Krakowska, Katedra wytrzymałości Materiałów, Wydział Inżynierii Lądowej, Kraków 2001.
[4] Małuszyńska I., Bielecki B., Wiktorowicz A., Małuszyński M.J., Recykling materiałowy i surowcowy odpadów samochodowych, Inżynieria Ekologiczna, 2012, nr 28, s. 111–118.
[5] Romański L., Kowalczyk M., Ocena procesu odzysku wybranych odpadów pochodzących z eksploatacji pojazdów samochodowych na przykładzie przedsiębiorstwa Moto-Polis, Inżynieria Rolnicza, 2010, 2(120), s. 149–156.
[6] Mroziński A., Problemy recyklingu tworzyw polimerowych, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2010, 49, 5, s. 89–90.
[7] Gnatowski A., Influence of injection moulding condition and annealing on thermal properties, structure, color and gloss of composite polyamide 6 with glass beads, Composites Theory and practice, 2012, nr 2, s. 115–120.
[8] http://www.plasticseurope.pl/Document/tworzywa-sztuczne-–fakty- 2015.aspx?FolID=2.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w „Pracach naukowych Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa”, 2016, t. IV, s. 173-181.

dr hab. inż. Adam Gnatowski, prof. PCz,; dr inż. Mateusz Chyra
Katedra Technologii i Automatyzacji
Politechnika Częstochowska

SZUKASZ PROSZKU DO ROTOMOULDINGU?

ALLOY PLAST

ZOBACZ CO ALLOYPLAST
MOŻE ZROBIĆ DLA CIEBIE

- Pulweryzacja i wytłaczanie surowców.
- Recepturowanie surowców dla wymaganych właściwości.
- Analiza problemów w procesie: wytłaczania, pulweryzacji, formowania rotacyjnego.
- Sprzedaż surowców alternatywnych dla bierzącej produkcji.
- Serwis sprzedażowy i wsparcie techniczne.

NASZE OBSZARY DZIAŁANIA

1 **PULWERYZACJA** (MIELENIE)

2 **BARWIENIE TWORZYW** SZTUCZNYCH POPRZEZ WYTŁACZANIE

3 **MODYFIKOWANIE TWORZYW SZTUCZNYCH** POPRZEZ MIESZANIE BĄDŹ WYTŁACZANIE W CELU POPRAWY ICH WŁAŚCIWOŚCI

ALLOYPLAST Sp. z o.o. A = ul. TOROWA 107/111, 62-800 KALISZ, M = alloyplast@alloyplast.pl, T = +48 501 537 725
www.alloyplast.pl

REKLAMA

COLOR PLAST

od 1992 roku

koncentraty uniwersalne do zastosowania w szerokim spektrum towrzyw

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

monopigmenty – silnie skoncentrowane masterbatche o zawartości pigmentu powyżej 50%

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

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

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

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

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

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

Azelis, globalny dostawca usług w branży specjalistycznych dodatków chemicznych i składników żywności, z dumą informuje o podpisaniu umowy przejęcia firmy DBH Osthandelsgesellschaft mbH ("DBH"), dystrybutora substancji chemicznych w segmencie AM&A, działającego w Niemczech i Europie Środkowo Wschodniej (CEE), w tym w Polsce.

Przejęcie wzmacnia pozycję Azelis w segmentach rynku Advanced Materials & Additives (AM&A) a wartość dodana to przede wszystkim bogate portfolio produktów DBH, jej doświadczenie na niemieckim rynku dodatków do gumy i tworzyw sztucznych oraz partnerstwo z największymi zleceniodawcami.

Zapraszamy do kontaktu!
Azelis Poland Sp. z o.o. ul. św. Michała 43, 61-119 Poznań
sebastian.budniak@azelis.com; tel. +48 608 533 729

Innovation through formulation

visit **azelis.com**

azelis

DBH Osthandelsgesellschaft mbH
Now part of Azelis

Zagospodarowanie odpadów gumowych

Małgorzata Przybyłek, Jacek Przepiórka

RYNEK TWORZYW SZTUCZNYCH I GUMY

Szacuje się, że światowy rynek wyrobów z tworzyw sztucznych i gumy wzrósł z 1365,01 mld dolarów w 2022 r. do 1466,92 mld dolarów w 2023 r., przy złożonej rocznej stopie wzrostu (CAGR) wynoszącej 7,5%. Prognozy wskazują, że rynek tego typu wyrobów w 2027 roku osiągnie wartość ok. 1899,33 miliardów dolarów, przy CAGR na poziomie 6,7% [1].

Według autorów raportu największe znaczenie na światowym rynku tworzyw sztucznych i gumy, tj. 48% rynku, w 2018 roku wykazuje region Azji i Pacyfiku. Drugie miejsce, z udziałem 23% zajmuje Ameryka Północna. Natomiast najmniejszy udział ma Afryka. Wartość światowej produkcji maszyn z tworzyw sztucznych i gumy wyniosła 38,6 miliardów euro w 2021 r. Największy udział pod względem wartości produkcji miały Chiny z 35% udziałem, następnie Niemcy z 19,6% oraz Włochy z 7,1%.

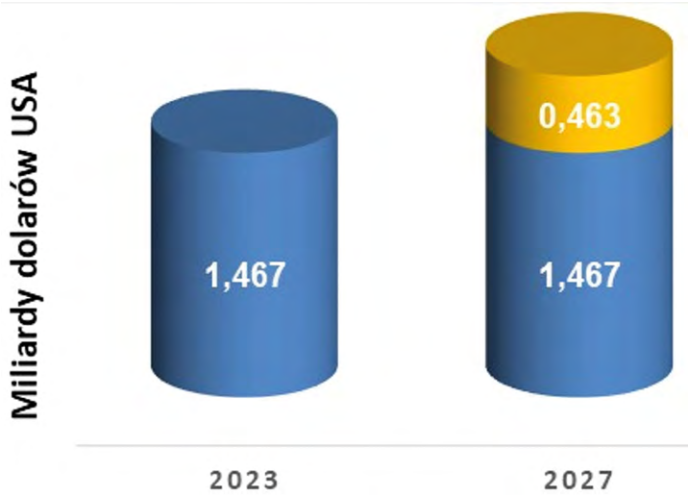
Spośród tworzyw sztucznych istotną grupę stanowią elastomery. Do grupy tej możemy zaliczyć zarówno tworzywa naturalne, takie jak kauczuk, jak i sztuczne – przykładem mogą być gumy. Guma, dzięki swym specyficznym właściwościom takim jak duża elastyczność, wytrzymałość mechaniczna, mała rozpuszczalność, dobre właściwości dielektryczne jest jednym z najważniejszych materiałów stosowanych w wielu branżach, tj.: branża lotnicza, samochodowa, maszynowa, chemiczna itp. Jest szeroko stosowanym materiałem, zarówno w postaci naturalnej, jak i syntetycznej.

Przemysł gumowy spełnia w gospodarce dwa zasadnicze zadania, tj. zaopatruje inne działy gospodarki w potrzebne elementy gumowe oraz jest producentem artykułów gumowych bezpośredniego i masowego użycia przez ludność. Firmy używają gumy do produkcji elementów do opakowań, opon i dętek, rękawic gumowych, gumek do ścierania, w klejach i powłokach, dyszach oraz jako elastyczny materiał w odzieży i nie tylko. Około 60% światowego zużycia kauczuku przypisuje się światowemu przemysłowi motoryzacyjnemu. W związku z tym guma jest ważnym materiałem ze względu na liczne zastosowania.

Rynek gumy można podzielić na kauczuk naturalny, który produkowany jest z lateksu pochodzącego z drzew kauczukowych (mimo że drzewo to rośnie w Ameryce, zdecydowana większość kauczuku naturalnego produkowana jest w Azji) oraz kauczuk syntetyczny (elastomer), który powstaje w procesie rafinacji ropy naftowej.

Na podstawie analizy rynku gumy i kauczuku, przeprowadzonej przez ekspertów Market Hub3, widać, że na całym świecie rośnie popyt na produkty z gumy i kauczuku. Prognozy wskazują, że wzrośnie on jeszcze o prawie 30%, w ciągu najbliższych dziesięciu lat. Produkcja tych wyrobów skupia się głównie w Azji Południowo-Wschodniej.

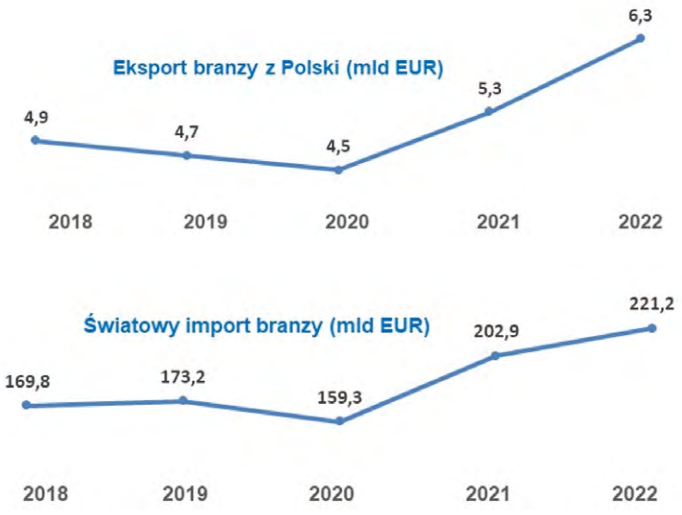
W 2019 r. sprzedaż wyrobów z gumy w Polsce przekroczyła



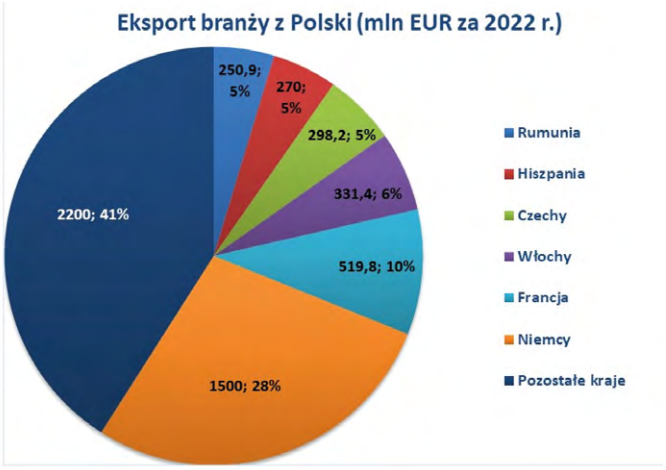
Rys.1. Rynek wyrobów z tworzyw sztucznych i gumy - prognozy. Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

85 miliardów złotych, co pozwoliło na zajęcie 10 miejsca wśród największych eksporterów na świecie (udział ok. 3%). Ponad milion ton artykułów z kauczuku wyeksportowano z Polski w 2020 r., natomiast w 2021 r. 1,1% eksportowanych towarów z Polski stanowiły towary tej branży [3].

Dane GUS wykazują, że w I kwartale 2022 roku, w Polsce średnia wzrostu produkcji sprzedanej w branży tworzyw sztucznych i gumy wyniosła blisko 28%. Ponadto zatrudnienie w tym sektorze wskazuje na stały wzrost.



Rys.2. Światowy obrót gumy i produktów z gumy w odniesieniu do Polski i świata w latach 2018 - 2022. Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]



Rys.3. Światowy obrót gumy i produktów z gumy w odniesieniu do Polski i świata w roku 2022. Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

ODPADY Z TWORZYW SZTUCZNYCH I GUMY

Dynamiczny wzrost produkcji tworzyw sztucznych, który obserwuje się od lat pięćdziesiątych XX wieku oraz zastosowanie wyrobów z nich produkowanych na szeroką skalę i wykorzystywanie powszechnie w wielu dziedzinach, doprowadziły do powstawania ogromnej ilości odpadów poużytkowych i poprodukcyjnych. Na świecie każdego roku odnotowuje się wzrost tego typu odpadów, pochodzących z różnych gałęzi gospodarki i przemysłu. Czas degradacji odpadów z tworzyw sztucznych sięga od 100 do 1000 lat, a składowanie ich na wysypiskach śmieci i w środowisku naturalnym jest niekorzystne. Zanieczyszczenie odpadami z tworzyw sztucznych stanowi poważne zagrożenie dla środowiska jako całości. Stwarza problemy zarówno dla dzikiej przyrody, jak i rodzaju ludzkiego. Do oceanów, każdego roku trafia od 6 do prawie 15 milionów ton odpadów z tworzyw sztucznych. Równocześnie naukowcy odkrywają coraz to nowe źródła przedostawania się tworzyw sztucznych do środowiska. Może to stanowić ogromne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, a także naszej planety.

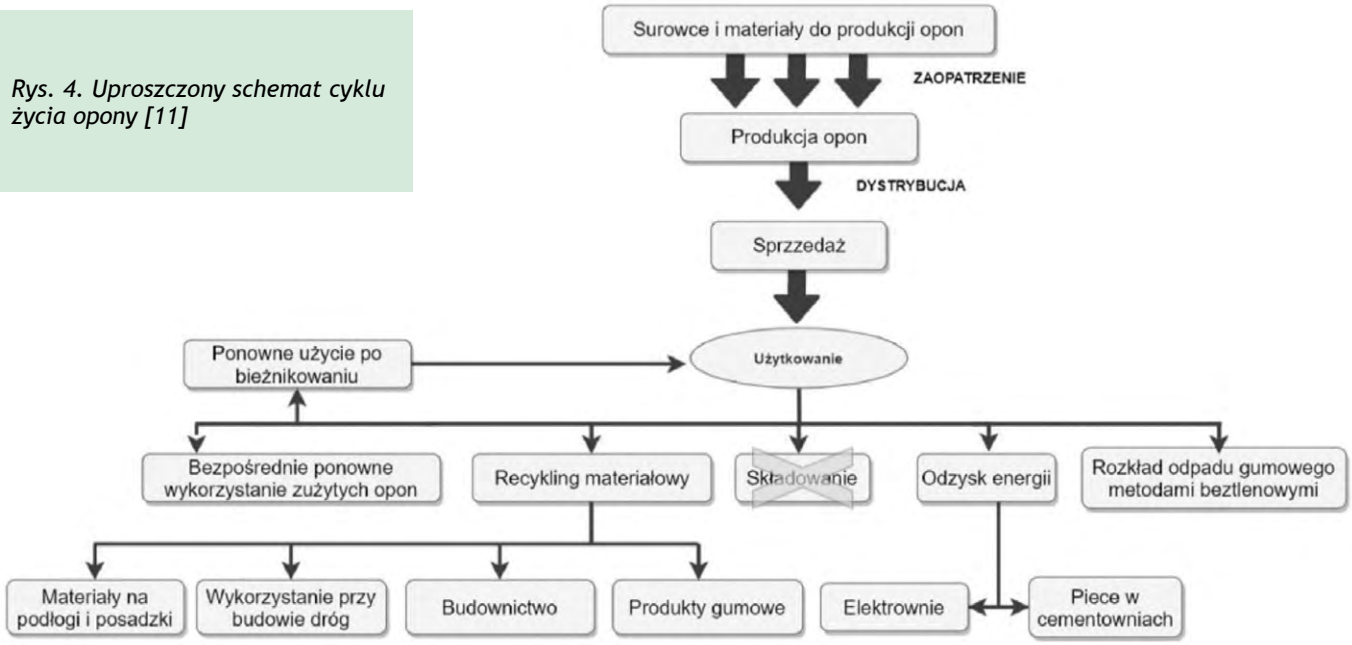
Spośród odpadów polimerowych, szczególny przypadek stanowią odpady gumowe, w tym opony. Szacuje się, że przemysł motoryzacyjny jest największym odbiorcą wyrobów gumowych. Guma jest wykorzystywana nie tylko do produkcji opon samochodowych, ale i innych elementów w samochodach, tj.: elementy zawieszenia, wycieraczki, węże, uszczelki w kabinie, komorze silnikowej czy silnikach i skrzyni biegów.

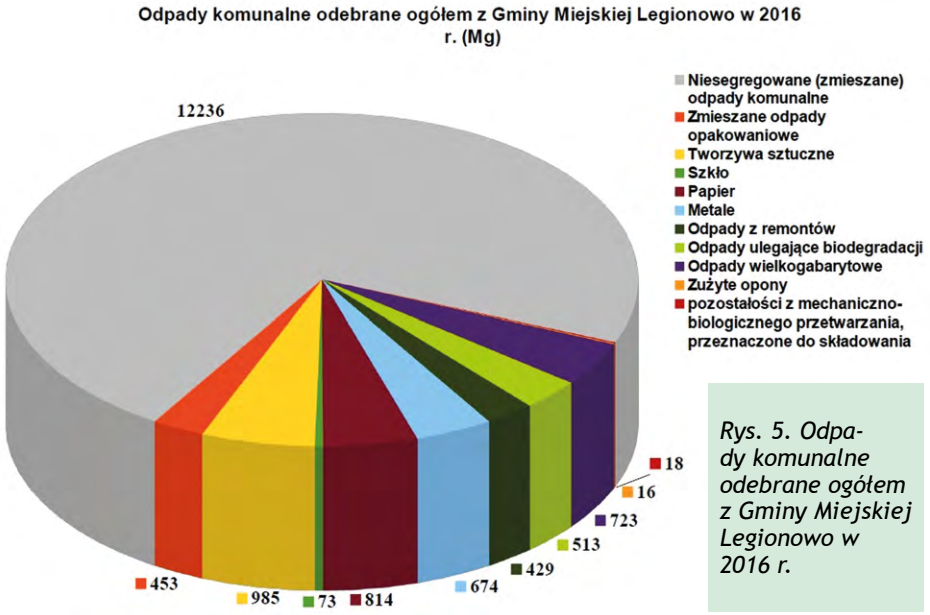
W 2022 roku na świecie wyprodukowano 85 milionów samochodów osobowych, dostawczych, ciężarowych i autobusów. Większość samochodów produkowana jest w Azji, co stanowi ponad połowę światowej produkcji. Największy udział mają w tym Chiny (27 mln szt. w 2022 r.). W Polsce natomiast liczba wyprodukowanych pojazdów w trzech kwartałach br. wyniosła ogółem 451 tys. pojazdów, tj.: o 34,6% więcej niż w roku 2022.

Dynamiczny rozwój różnych gałęzi motoryzacji zarówno w Polsce, jak i na świecie wiąże się ze wzrostem liczby zużytych opon. Odpady gumowe zalicza się do odpadów niebezpiecznych i uciążliwych, dlatego powinny zostać przetworzone.

W ostatnich latach obserwuje się wzrost liczby pojazdów na drogach, co powoduje wprowadzanie do obiegu nowych opon. W Polsce, w pierwszej połowie 2023 roku zarejestrowano 238,7 tys. nowych samochodów osobowych, tj.: o ponad 12% więcej w porównaniu z równoległym okresem 2022 roku. W pierwszych dwóch kwartałach 2023 roku Polacy kupili 102 tys. nowych pojazdów z napędami alternatywnymi, o 24% więcej niż rok wcześniej. Ponadto jak wynika z raportu firmy doradczej Bain & Company na rynku europejskim obserwuje się wzrost w tempie 5% rocznie sprzedaży samochodów używanych. W 2025 roku wartość europejskiego rynku aut używanych wzrośnie do 503 mld euro z 460 mld euro w 2022 r. Rynek ten urósł o ok. 60% na przestrzeni od 2016 do 2023 roku [9].

Rys. 4. Uproszczony schemat cyklu życia opony [11]





Rys. 5. Odpady komunalne odebrane ogółem z Gminy Miejskiej Legionowo w 2016 r.

W przypadku produkcji opon, rynek europejski odnotowuje od 2022 roku spadki dwucyfrowe w większości segmentów opon. Jednakże prezes zarządu Polskiego Związku Przemysłu Oponiarskiego, Jacek Pryczek, wskazuje, że stan ten jest tylko przejściowy i nie dotyczy opon do motocykli i SUVów, których sprzedaż jest na plusie. – Członkowie PZPO są przedstawicielami największych w Polsce i na świecie producentów opon. Reprezentują branżę zatrudniającą bezpośrednio w naszym kraju ponad 11 000 pracowników w 6 fabrykach i firmach handlowych. Codziennie z tych fabryk wyjeżdża ponad 135 tys. opon z napisem „made in Poland" do samochodów osobowych, ciężarowych, autobusów, czy maszyn rolniczych i przemysłowych.

Skrzyniarz w swojej pracy zaproponowała uproszczony schemat cyklu życia opony (rysunek 4) i wskazała, że: – Cykl życia opony, biorąc pod uwagę aspekty bezpieczeństwa i wytrzymałościowe, powinien trwać od 9 do 13 lat (uwzględniając okres produkcji, sprzedaży i eksploatacji. Po tym okresie guma traci swoje właściwości wytrzymałościowe i niszczeje. W związku z tym wszystkie opony po czasie ich użytkowania powinny zostać zutylizowane.

Obecnie nie istnieje oficjalna ewidencja zasobów zużytych opon, problem stanowi więc dokładne ich oszacowanie. Jednakże na przykładzie Gminy Miejskiej Legionowo można zobaczyć, jaki był udział odpadów gumowych w ogólnej liczbie odpadów komunalnych.

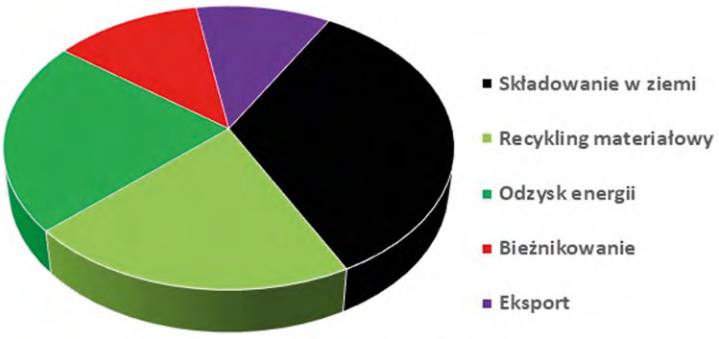
Z rysunku 5 wynika, że zużyte opony stanowią najmniejszy procent w ogólnej liczbie odpadów komunalnych, jednakże w skali całego kraju jest to już znacząca wartość. Jakóbiec i inni podają, że na całym świecie rocznie przybywa około 1 mld zużytych opon. W krajach UE ilość zużytych opon zwiększa się rocznie o ponad 2,5 mln t, a w Polsce o ok. 150 tys. t. i są to odpady do utylizacji.

KIERUNKI ZAGOSPODAROWANIA I WYKORZYSTANIA ODPADÓW GUMOWYCH

Od ponad 100 lat prowadzone są w licznych ośrodkach naukowych badania mające na celu zagospodarowanie odpadów gumowych. Podejmowane są prace badawcze w kierunku utylizacji opon poprzez regenerację, bieżnikowanie, spalanie i pirolizę oraz ich biodegradację. Jednakże problem ten nie został rozwiązany. Odpady gumowe i ich zagospodarowanie stanowią nadal istotny problem środowiskowy o skali globalnej (ponad 31 mln ton złomu gumowego) . Podstawą w dążeniu do zrównoważonego rozwoju jest troska o środowisko naturalne, która powinna stanowić nierozłączną część procesu projektowania nowych rozwiązań technologicznych (technologie prośrodowiskowe) i materiałowych.

Obecnie jednym z istotnych trendów na rynku gumy i kauczuku jest trend ekologiczny, który przejawia się „w potrzebie istnienia operacyjnych i zamkniętych cyklów w całym łańcuchu materiałowym". Ideą panującego trendu jest kompatybilność ze środowiskiem naturalnym, ochrona zasobów naturalnych oraz dążenie do maksymalnej redukcji odpadów. I tak np. Grupa Synthos, która jest znaczącym producentem na globalnym rynku kauczuków syntetycznych i prowadzi intensywne badania w tym obszarze, przyjęła strategię zrównoważonego rozwoju, która przewiduje m.in. do 2030 roku redukcję o 28% emisji gazów cieplarnianych oraz całkowite odejście od węgla do 2028 roku. Działania te pozwalają na wykorzystanie kauczuku styrenowo-butadienowego, który stanowi podstawę w produkcji zaawansowanych technologicznie opon o niskich oporach toczenia, co przyczynia się do obniżenia zużycia paliwa i emisji spalin. Innym przykładem ekologicznego trendu w tym obszarze są przedsięwzięcia firm Goodyear Tire & Rubber Company i Farmed Materials z Ohio, które to współpracują nad stworzeniem nowego źródła kauczuku naturalnego z określonego gatunku mniszka lekarskiego (mniszek kok-sagiz). Mniszek lekarski jest alternatywą dla kauczukowca naturalnego, można go zbierać co pół roku, natomiast kauczukowiec potrzebuje siedmiu lat, aby wytworzyć lateks. Ponadto mniszek może być uprawiany w bardziej umiarkowanym klimacie. Na ten moment badania w tym kierunków znajdują się w fazie testów, jednakże specjaliści widzą w nim potencjał i możliwość wykorzystania we wszystkich rodzajach opon [3].

Dynamiczny rozwój gospodarczy i motoryzacyjny jest przyczyną powstawania coraz większej ilości odpadów gumowych. Spośród nich opony samochodowe stanowią ok. 80% masy wszystkich odpadów gumowych. Kod „16 01 03" odnosi się do wywozu odpadów związanych ze zużytymi oponami i wskazuje, że wszystkie odpady, które są klasyfikowane jako zużyte opony, zaliczane są do tej kategorii i obejmują opony samochodowe, rowerowe, ciężarowe itp. Wywóz tych odpadów powinien odbywać się zgodnie z przepisami i wymogami dotyczącymi ochrony środowiska, które mają na celu odpowiednie ich przetworzenie lub utylizację.



Rys.6. Sposoby wykorzystywane do utylizacji odpadów. Źródło: opracowanie własne na podstawie [14]

Opony zużyte stanowią więc ogromny problem do zagospodarowania i można je podzielić na:

- opony częściowo zużyte, które z powodzeniem mogą być używane dalej bez konieczności renowacji,
- opony używane, nadające się do bieżnikowania, na które można nałożyć nowe bieżniki metodą wulkanizacji,
- opony zużyte, które przeznaczone są do recyklingu lub do wykorzystania jako paliwo, a także mogą być poddane rozkładowi metodami beztlenowymi.

Zgodnie z art. 122 ust. 1 pkt 5 ustawy z 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2016, poz. 1987 ze zm.) „zakazuje się składowania na składowisku odpadów opon i ich części, z wyłączeniem opon rowerowych i opon o średnicy zewnętrznej większej niż 14 000 mm". W Polsce: opony objęte są, wprowadzonym w 2002 r., systemem rozszerzonej odpowiedzialności producenta, polegającym na wyznaczeniu producentom i importerom opon celów w zakresie odzysku (tj. praktycznie w drodze recyklingu lub odzysku energii) i recyklingu (ponownego wykorzystania) opon pod rygorem ponoszenia przez nich tzw. opłaty produktowej. Zgodnie z przepisami ustawy nowelizowanej producenci i importerzy mają obowiązek zapewnić odzysk i recykling opon na poziomie odpowiednio 75% dla odzysku i 15% dla recyklingu (który zalicza się na poczet odzysku) w stosunku do ilości opon wprowadzanych do obrotu. W przypadku niezrealizowania obowiązku, wprowadzający zobowiązani są do uiszczenia opłaty produktowej, czyli kary finansowej w wysokości 2200 zł za każdą brakującą tonę.

Zużyte opony potrzebują ok. 100 lat, żeby uległy rozkładowi, w związku z tym ważne jest wprowadzenie mechanizmów, pozwalających na ich ponowne wykorzystanie. Spośród sposobów powszechnie wykorzystywanych do utylizacji tego typu odpadów wymienia się recykling materiałowy, odzysk energetyczny, bieżnikowanie, eksport [11].

Istotnym obszarem zagospodarowania odpadów gumowych jest ich recykling materiałowy i odzysk energetyczny.

Recykling materiałowy to chemiczny lub/i fizyczny proces polegający na powtórnym wykorzystaniu odpadów do wytworzenia nowego produktu, często o takim samym lub podobnym przeznaczeniu. Struktura chemiczna materiału odpadowego podczas recyklingu mechanicznego nie zmienia się, zostaje on rozdrobniony i oczyszczony w celu otrzymania recyklatu lub regranulatu o określonej jakości. Rozdrobniona guma to wartościowy surowiec, jednakże jej właściwości uzależnione są od rodzaju gumy, stopnia rozdrobnienia, sposobu modyfikacji i gęstości.

Recyklat może być dodawany do nowych mieszanek gumowych jako organiczny napełniacz oraz do kompozycji polimerowych w postaci pyłu, miału lub granulatu gumowego. Z reguły materiały wytworzone z udziałem recyklatu charakteryzują się gorszymi właściwościami wytrzymałościowymi niż tworzywa pierwotne. Jednakże tego typu rozwiązania znajdują szerokie zastosowanie, np. jako wypełniacz do budowy dróg, placów zabaw i bieżni, jako komponent w produkcji nowych opon, barier ochronnych, autostrad i barier dźwiękochłonnych oraz jako izolacje fundamentów budynków [13].

Pomimo że recykling materiałowy nie rozwiązuje w 100% problemu związanego z utylizacją zużytych opon, to jednak zadawalające są doniesienia, że z każdym rokiem poddajemy recyklingowi więcej opon niż przewiduje ustawa. I tak np. w 2017 poziom odzysku zużytych opon wynosił 80,7%, z czego 35,4% zostało poddane recyklingowi materiałowemu.

Odzysk energetyczny zachodzi podczas termicznego rozkładu gumy, z jednoczesnym odzyskiwaniem wydzielającego się ciepła, ze względu na bardzo wysoką kaloryczność opon. W ter-

Recovery Green
RECYCLING SUROWCE Sp. z o.o.

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

PP

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

Granulat wynikowy lub barwiony na czarno
1. MFR 5/8
2. MFR 10/12
3. MFR +/- 10% MFR 15

HDPE

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

Regranulat wynikowy/czarny
1. <0,5 MFR
2. <1.0 MFR
3. >1.2 MFR

Granulaty posiadają certyfikat EuroCertPlast i są w 100% PCR

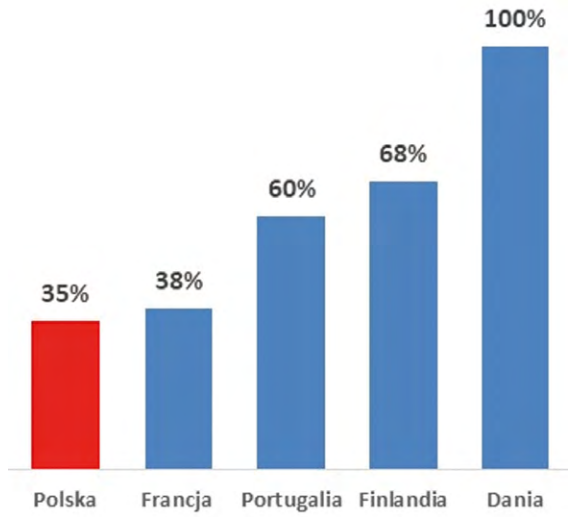
Możemy modyfikować regranulaty według życzenia klienta oraz możliwości naszego zakładu.

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

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

tel. +48 530 371 385, e-mail: biuro@rgr.zone

www.rgr.zone



Rys. 7. Ilość opon poddawanych recyklingowi materiałowemu w wybranych krajach Unii Europejskiej. Źródło: opracowanie własne na podstawie [14]

micznych metodach utylizacji wykorzystuje się zjawiska takie jak: spalanie, piroliza i zgazowanie.

Ze względu na wysokie nakłady inwestycyjne oraz duży stopień niebezpieczeństwa wykorzystanie zjawiska pirolizy w procesach technologicznych utylizacji zużytych opon nie jest obecnie rozpowszechnione, natomiast technologia oparta na zjawisku zgazowania odpadów gumowych znajduje się obecnie w fazie badań eksperymentalnych, które prowadzone są na szeroką skalę w Japonii i USA.

W przypadku pozyskiwania energii, podczas spalania odpadów gumowych w temperaturze ok. 2000°C wykorzystywane są piece bezdymne, wyposażone w odpowiednie filtry, które mają zatrzymać tlenki siarki i azotu oraz powstające pyły. Podczas spalania odpadów gumowych wydziela się alfa benzopiren, który wykazuje niebezpieczne działanie rakotwórcze. Ponadto powstające tlenki azotu, dwutlenek siarki oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne niekorzystnie działają na układ oddechowy, układ krążenia oraz układ nerwowy człowieka. Spalaniu towarzyszy także powstawanie dużej ilości gazu cieplarnianego, jakim jest dwutlenek węgla. Jak widać jest to bardzo niebezpieczna metoda, która wymaga odpowiednio przystosowanych instalacji do prowadzenia procesu spalania.

Energia pozyskiwania w procesie spalania odpadów gumowych jest wykorzystywana jako paliwo podstawowe albo uzupełniające w przemyśle cementowym, papierniczym, energetyce [22].

W Polsce jest obecnie 9 spalarni odpadów, we Francji natomiast działa 128 dużych zakładów termicznej utylizacji odpadów, w Niemczech 66, a w Szwajcarii 30. Ogumienie w Polsce, w dużym stopniu podlega odzyskowi energetycznemu, jednakże projekty instalacji do przekształcania odpadów w procesie obróbki termicznej cały czas budzą wiele kontrowersji wśród społeczeństwa i władz lokalnych.

PODSUMOWANIE

Szukając sposobów na maksymalne zagospodarowanie odpadów gumowych, należy kierować się podejściem ekologicznym i prowadzić działania dążące do utrzymania środowiska naturalnego w jak najlepszym stanie.

Nowe technologie związane z produkcją wyrobów gumowych, jak i technologie utylizacji gumy powinny uwzględniać zasady zrównoważonego rozwoju i zgodnie z podejściem ekonomicznym przyczyniać się do obniżenia kosztów produkcji przy maksymalnym zużyciu surowców wtórnych.

LITERATURA

[1] Raport dotyczący globalnego rynku wyrobów gumowych 2023 https://www.researchandmarkets.com/reports/5781128/plastics-rubber-products-global-market-report#rela0-4829610 (dostęp 08.11.2023).
[2] Światowy rynek tworzyw i gumy w latach 2019-2022 https://imch.pl/wiadomosci/swiatowy-rynek-tworzyw-i-gumy-w-latach-2019-2022/ (dostęp 08.11.2023).
[3] Rynek gumy i kauczuku https://markethub.pl/rynek-gum-w-polsce/ (dostęp 08.11.2023).
[4] Gajewski M. [1997], Chemia i technologia elastomerów, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom.
[5] Rabek Jan F. [2013], Polimery. Otrzymywanie, metody badawcze i zastosowania, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
[6] Walkowska K. [2021] Produkcja ważniejszych wyrobów przemysłowych w lutym 2021 roku, GUS, Warszawa.
[7] Joint Report on Management of Plastic Waste in Europe April 2022 https://www.nik.gov.pl/plik/id,25757,vp,28530.pdf (dostęp 08.11.2023).
[8] Raport kwartalny KPMG w Polsce i PZPM Branża motoryzacyjna. Edycja Q4/2023.
[9] Europejski rynek samochodów używanych https://autoexpert.pl/artykuly/europejski-rynek-samochodow-uzywanych (dostęp 08.11.2023).
[10] Sprzedaż opon na rynek na półmetku 2023 https://autoexpert.pl/artykuly/sprzedaz-opon-na-rynek-na-polmetku-2023 (dostęp 08.11.2023).
[11] Skrzyniarz M. [2020] Cykl życia odpadów gumowych na przykładzie zużytych opon samochodowych Gospodarka Materiałowa i Logistyka Material Economy and Logistics Journal nr 9.
[12] Analiza stanu gospodarki odpadami komunalnymi w Gminie Miejskiej Legionowo za rok 2016 https://legionowo.pl/a/analiza-stanu-gospodarki-odpadami-komunalnymi-w-gminie-miejskiej-legionowo-2016 (dostęp 08.11.2023).
[13] Jakóbiec, J., Żmuda, W., Budzyń, S., Wysopal, G. [2011] Recykling energetyczny zużytych opon. Autobusy Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 10, 205-2011.
[14] Sposoby zagospodarowania odpadów gumowych https://www.plastech.pl/wiadomosci/Sposoby-zagospodarowania-odpadow-gumowych (dostęp 08.11.2023).
[15] Karbonizat ze zużytych opon samochodowych w procesie spiekania rud żelaza https://www.itpe.pl/blog/2023/09/21/karbonizat-ze-zuzytych-opon-samochodowych-procesie-spiekania-rud-zelaza/ (dostęp 08.11.2023).
[16] Art. 122 ust. 1 pkt 5 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (tj.Dz.U. z 2022 r. poz. 699 ze zm.).
[17] Szlezyngier W., Brzozowski Z. [2015] Tworzywa sztuczne Tom II, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów.
[18] Bakar M, Przybylek M., and others, 2021 Effect of Mixing Conditions and Montmorillonite Content on the Mechanical Properties of a Chloroprene Rubber, Mechanics of composite materials, Volume 57, Issue 3, p.387-400.
[19] Przybyłek M., Rostkowska W, i inni, [2018] Recykling nanokompozytów elastomerowych Przetwórstwo Tworzyw, 5, 55-22.
[20] Aylon, E., Fernandez-Colino, M., Navarro, R., Murillo, R., Gracia, T., Mastral, A. M. [2018], Waste Tire Pyrolysis: Comparison between Fixed Bed Reactor and Moving Bed Reactor. Industrial & Engineering Chemistry Research, 47.
[21] Recykling i drugie życie opon. http://eko.org.pl (dostęp 08.11.2023).
[22] Ćwięczek M. [2002] Wpływ procesu zgazowania odpadów

gumowych na emisję zanieczyszczeń do środowiska, Prace Naukowe GIG Górnictwo i Środowisko 4/2002.
[23] ULOTKA- Master_Smog https://www.ekomaster.tychy.pl (dostęp 08.11.2023).
[24] Spalanie w Polsce i na świecie https://spalarnie-odpadow.pl/spalarnie-w-polsce-i-na-swiecie/ (dostęp 08.11.2023).

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w monografii pokonferencyjnej „W kierunku gospodarki w obiegu zamkniętym Możliwości i wyzwania", 2024, s. 108-115.

dr inż. Małgorzata Przybyłek, dr inz. Jacek Przepiórka

Uniwersytet Radomski im. Kazimierza Pułaskiego
Wydział Inżynierii Chemicznej i Towaroznawstwa

REKLAMA

Chaos i dezorientacja na rynku opakowań. Monomateriałowe opakowania z tworzyw sztucznych czy EKO rozwiązania bazujące na celulozie?

Michał Malka

Być EKO to jedno z bardziej chwytliwych haseł dzisiejszych czasów, służące do uzyskania odpowiednich celów rynkowych, marketingowych, a w szczególności finansowych. Mocno wpływające na społeczeństwo, tj. konsumentów, terminy stosowane w określaniu przynależności struktur opakowaniowych do tych utożsamianych jako ekologiczne, stają się kreatywną formą wywierania wpływu na wybór produktu przez konsumenta.

Rys. 1. Zróżnicowane rodzaje opakowań stosowane dla wybranych grup produktowych. Archiwum własne z dokumentacji zdjęciowej rozeznania struktur opakowaniowych stosowanych dla wybranych grup produktowych

Zakorzeniona w społeczeństwie przynależność surowców naturalnych, takich jak kruszywa czy drewno, oraz ich pochodne do grupy materiałów ekologicznych, pozornie kreuje wszelkie opakowania z nich wytworzone jako przyjazne środowisku. Przeciwnie jest z surowcami kopalnymi, m.in. węglem, ropą naftową czy gazem, określanymi jako główne czynniki negatywnego wpływu na ekosystem. Marketing dezinformacji, a dokładniej przekaz wyselekcjonowanych treści, wywołuje u społeczeństwa określone efekty w postaci podejmowania decyzji czy wytworzenia poglądu na prezentowany temat. Przykładem może być powszechnie przedstawiany przez National Geographic Polska, „wierzchołek góry odpadów z tworzyw sztucznych" w morzach i oceanach. Natomiast należy zadać sobie pytanie, czy tak naprawdę problemem są tworzywa sztuczne, czy jednak mentalność społeczeństwa, które nie potrafi gospodarować odpadami lub, co gorsza, woli je świadomie wyrzucać w sposób niekontrolowany? Odbiorcy wszelkich form przekazu medialnego faszerowani są informacjami o nieustannym wywieraniu negatywnego wpływu tworzyw sztucznych na środowisko, co tym samym kreuje ich tożsame podejście do opakowań wykonanych z plastiku.

CHAOS I DEZORIENTACJA RYNKU OPAKOWAŃ

Chaos i dezorientacja wydają się być bardzo dobrymi słowami określającymi obecną sytuację rynku opakowań. To pierwsze tyczy się głównie braku standaryzacji rodzajów struktur opakowaniowych przeznaczonych do pakowania konkretnych dóbr, zaś drugie do manipulacji konsumentami w kontekście wyboru rozwiązań określonych jako ekologiczne lub przyjazne środowisku, tym samym nie wpływających w teorii negatywnie na ekosferę.

Co prawda, Unia Europejska zwróciła uwagę na powszechnie panującą praktykę firm i organizacji, które używają fałszywych lub wprowadzających w błąd reklam, deklaracji oraz działań sugerujących, że ich działalność i produkty są bardziej ekologiczne, czyli przyjazne środowisku, niż ma to miejsce w rzeczywistości. Parlament Europejski podjął działania w celu zwalczania zjawiska tzw. *greenwashingu* oraz zapewnienia konsumentom większej ilości informacji na temat trwałości i poziomu ekologiczności kupowanych produktów. Jest to proces długotrwały, którego działania weryfikacyjne z pewnością nie wyeliminują praktyki nieuczciwej konkurencji grającej marketingowymi hasłami, mającymi na celu pozyskanie klientów i kreowanie swojego „przyjaznego" podejścia do ochrony środowiska naturalnego.

Głównie mowa jest o nadużyciach w stosunku do papieru, który coraz powszechniej wykorzystywany, kreuje wrażenie wysokiego poziomu ekologiczności wśród konsumentów. Zamiana wszystkich jednomateriałowych kubeczków, talerzyków, słomek czy opakowań pomocniczych szybko rotujących z tworzyw sztucznych na rozwiązania wykorzystujące włókna celulozowe budzi wśród specjalistów z branży opakowań niemałą konsternację. Również nie rozwiązuje problemu gospodarowania odpadami oraz ich utylizacji. Dodatkowo warto zaznaczyć, że wskazane lobby papierowe wkracza do coraz szerszego spektrum struktur opakowaniowych, m.in. butelek. Z pozoru wydaje się oczywiste, że jest to ekologiczne rozwiązanie, które trafi jako makulatura do ponownego przetworzenia, co jest znane nam od lat. Jednak przyglądając się dokładniej, możemy zauważyć zarówno na papierowych kubeczkach, jak i innych opakowaniach bazujących na papierze, informację o zawartości plastiku, co definiuje ich przynależność do grupy odpadowej tzw. zmieszanej – czarny pojemnik.

Zatem należy zadać sobie pytanie, czy opakowania oparte

na papierze są rzeczywiście ekologiczne? Czy proces ich produkcji, w uwzględnieniu całego łańcucha procesu wytwórczego jest mniej energochłonny i mniej emisyjny dla środowiska? Czy są one podatne na recykling, czy jedynie na utylizację poprzez spalanie? Szczególnie biorąc pod uwagę fakt, że większość z tych opakowań jest pokryta lakierem, warstwą polietylenu lub innego tworzywa poprzez wykorzystanie procesu powlekania ekstruzyjnego. Technologia wykorzystywana do uszlachetnienia papieru w celu uzyskania szczelności, a przede wszystkim możliwości wykonania zgrzewów po uformowaniu do wymaganego kształtu oraz ochrony przed rozmiękaniem, powoduje, że tworzywo sztuczne jest trudne do odseparowania i praktycznie nie nadaje się do recyklingu mechanicznego z powodu zbyt dużego zanieczyszczenia włóknami celulozowymi nazywanymi przez recyklerów kontaminacją. Już najmniejsze ilości włókien papieru w procesie regranulacji mechanicznej powodują blokowanie wytłoczyny w ekstruderze na filtrach zanieczyszczeń i niebezpieczny wzrost ciśnienia. Podobnie dzieje się podczas przetwórstwa z rozdmuchem recyklatów tworzyw sztucznych zanieczyszczonych papierem, gdzie dodatkowo pojawiają się problemy z utrzymaniem stabilności balona foliowego, a najmniejsza kontaminacja powoduje jego zerwanie, tzn. zatrzymanie procesu produkcyjnego i kosztowny zarówno finansowo, jak i odpadowo ponowny start.

GOSPODARKA CYRKULARNA NADZIEJĄ DLA RYNKU TWORZYW

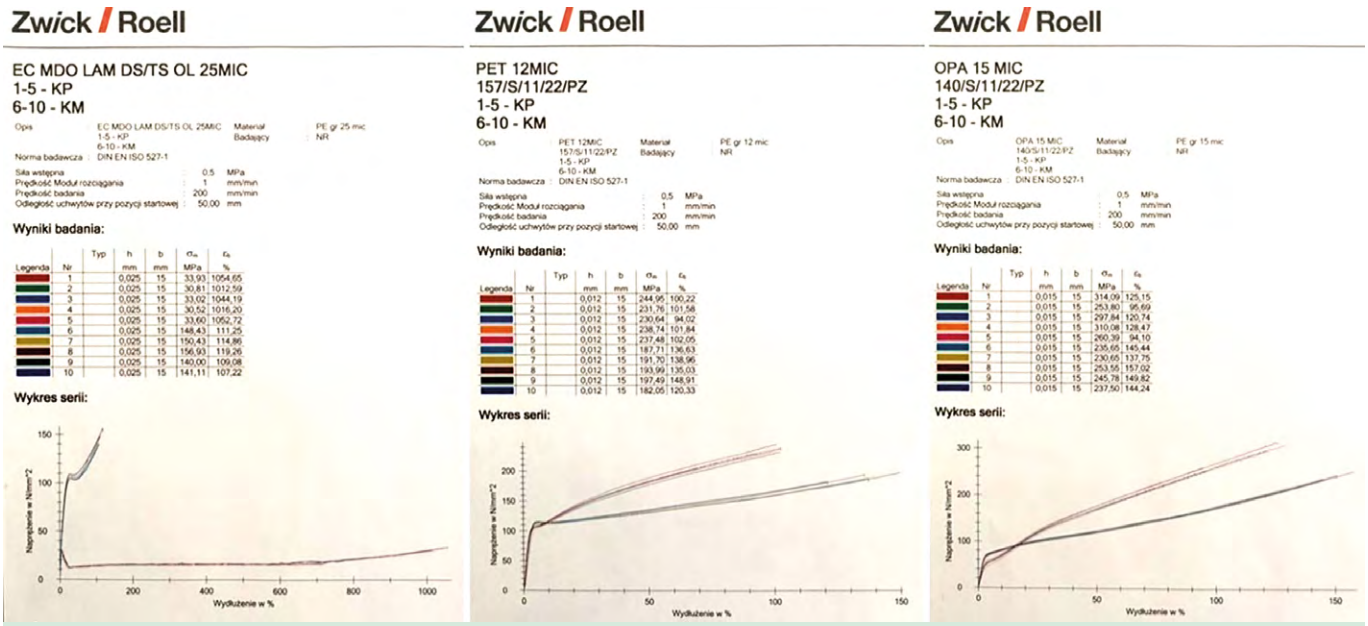
W gospodarce o obiegu zamkniętym pokładane są coraz większe nadzieje do uporządkowania sytuacji z wzrastającą ilością odpadów generowanych przez człowieka. Zwiększający się konsumpcjonizm odciska swoje znaczące piętno na środowisku naturalnym, co jest mocniej zauważalne i odczuwalne w naszym bliskim otoczeniu. Nader często można usłyszeć lub przeczytać o innowacyjnych i bardzo zaawansowanych technologicznie nowych inwestycjach w instalacje do recyklingu chemicznego czynionych przez największe koncerny tworzywowe, ale ich sprawność pozostaje tematem tabu.

Od około 5 lat w Polsce można zaobserwować dużą dynamikę rozwoju recyklingu mechanicznego (m.in. poprzez coraz większą obecność recyklerów na targach Plastpol w Kielcach), który jest jedną z prostszych, zdecydowanie tańszych, szczególnie na poziomie inwestycyjnym, i mniej emisyjnych form procesowania odpadów poprzez przetworzenie odpadów i wytworzenie nowych produktów – w tym przypadku tzw. recyklatów. Powstało wiele firm specjalizujących się w tej formie przetwórstwa wybranych grup odpadowych z opakowań kończących fazę cyklu wykorzystania konsumenckiego, które nie tylko dają drugie życie materiałom, ale też znacząco zwiększają ich jakość poprzez stosowanie nowoczesnych form separacji zanieczyszczeń pozostających na etapie konsumenckim.

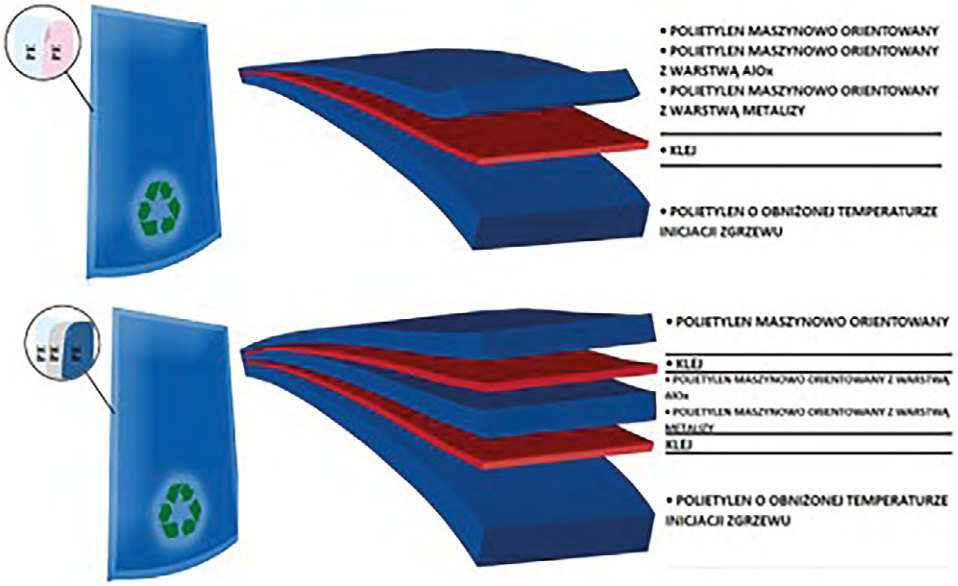
Nadmienić należy, że efektywność i skuteczność recyklingu mechanicznego ograniczana jest przez ilość i jakość zbieranych odpadów, która dalej wpływa na techniczne oraz ekonomiczne możliwości ponownego wykorzystania. Dlatego też wielką reformację gospodarki opakowaniowej należy rozpocząć od genezy źródła problemu, która leży w wcześniej wspomnianym chaosie wywołanym brakiem standaryzacji rodzajów struktur opakowaniowych przeznaczonych do pakowania konkretnych dóbr. Przykładem mogą być produkty chemii gospodarstwa domowego (rys. 1), które zapakowane są w bardzo różnorodne rozwiązania opakowaniowe takie jak:

- poliestrowo - polietylenowe,
- poliamidowo - polietylenowe,
- polipropylenowo - polietylenowe,
- poliestrowo – polietylenowe z warstwą metalizowaną,
- poliestrowo – aluminiowo - polietylenowe,
- polietylenowe,
- polipropylenowe,
- papierowo-polietylenowe,
- i inne.

Zasadnym jest stopniowe eliminowanie struktur wielomateriałowych na rzecz monomateriałowych z dużym naciskiem na natychmiastowe dla wszystkich produktów niewymagających barierowości na gazy. W większości przypadków tych pierwszych, poliester czy poliamid stosowany jest głównie ze względu na zapewnienie wysokich parametrów mechanicznych, sztywności czy większej stabilności do procesu druku fleksograficznego lub rotograwiurowego. Aktualnie możliwe jest zastąpienie ich poprzez wykorzystanie folii polietylenowej maszynowo orientowanej bezpośrednio w procesie rozdmuchu, która swoimi parametrami mechanicznymi i optyczno-fizycznymi przypomina PET i PA (rys. 2)



Rys. 2. Badania porównawcze parametrów mechanicznych folii MDO PE, PET, PA. Opracowanie własne



MDO FILM - jest warstwą zewnętrzną laminatu mono-materiałowego, musi zapewnić odpowiednią ochronę termiczną opakowania w kontakcie z szczękami zgrzewającymi oraz odpowiednie parametry wytrzymałości mechanicznej.

LTS FILM - specjalna folia o obniżonej temperaturze inicjacji zgrzewu, gwarantuje niższe temperatury zgrzewania z właściwym transferem ciepła przez całą strukturę opakowaniową.

Rys. 3. Propozycja monostruktur firmy Ela Wyrób Folii i Opakowań. Opracowanie własne

(folia polietylenowa maszynowo orientowana wyprodukowana została w firmie Ela Wyrób Folii i Opakowań na linii Alpine Hosokawa ze stacją maszynowego orientowania umożliwiającą krotność orientowania od 1 do 10).

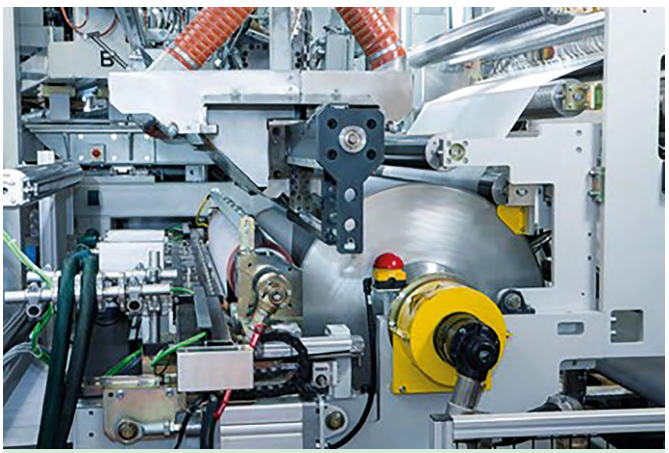
Pomimo zauważalnych różnic w naprężeniach zrywających dla kierunku poprzecznego folii MDO PE w stosunku do PET i PA, nie są one znaczące w laminatach monotworzywowych PE/PE, gdzie folią zgrzewalną można sterować te parametry mechaniczne struktury opakowaniowej. Również poziom krotności rozciągania wpływa na zmianę tych parametrów, co może jedynie przybliżyć je do pierwotnych rozwiązań.

Zgodne z kierunkiem gospodarki o obiegu zamkniętym są również struktury polipropylenowe, ale w porównaniu z foliami polietylenowymi charakteryzują się one mniejszymi możliwościami kontrolowania parametrów i dodatkowych funkcjonalności. Nie podlega wątpliwości, że jednak dla pewnego spektrum opakowań są one dedykowane.

W portfolio firmy Ela Wyrób Folii i Opakowań dla rozwiązań monotworzywowych dostępne są dwa rozwiązania zarówno w strukturze duplex, jak i triplex z możliwymi właściwościami barierowymi (rys. 3). Warto podkreślić, że opracowana folia polietylenowa maszynowo orientowana nie jest uszlachetniana w warstwie zewnętrznej polipropylenem w celu zwiększenia odporności termicznej, co ma miejsce w wybranych produktach konkurencyjnych. Teoretycznie dwa materiały z tej samej grupy poliolefin, przy odpowiednich udziałach, spełniają przepisy maksymalnego zastosowania 5% innych materiałów w strukturze monomateriałowej, ale ma to znaczący wpływ na jakość recyklatu i późniejsze jego przetwórstwo. Warto nadmienić, że zwiększanie odporności temperaturowej polietylenu maszynowo orientowanego nie jest konieczne ze względu na możliwość oklejenia szczęk zgrzewających linii formująco-pakujących (przystosowanych do PA lub PET o znacznie wyższej odporności termicznej niż MDO PE) specjalną taśmą teflonową lub oddania ich do procesu powleczenia teflonem. Znaczącym jest również użycie w laminacie folii polietylenowej o obniżonej temperaturze inicjacji zgrzewu, co gwarantuje właściwy transfer ciepła do zainicjowania szczelnego zgrzewu i ochrony wierzchniej warstwy opakowania przed degradacją termiczną.

We wskazanym powyżej rozwiązaniu monotworzywowym uwzględniony jest proces łączenia dwóch lub trzech folii przy wykorzystaniu laminacji klejowej bezrozpuszczalnikowej i użyciu odpowiednich żywic oraz utwardzaczy, których udział w strukturze jest zdecydowanie mniejszy niż 1% masy gotowego opakowania. Kleje nie zaburzają procesu regranulacji mechanicznej, a jakość recyklatu jest na wyższym poziomie niż udział polipropylenu w strukturze monopolietylenowej.

Natomiast przyszłością dla opakowań polietylenowych lub polipropylenowych jest proces laminacji ekstruzyjnej, który nadal nie zyskał dużej popularności, wręcz nie widnieje wśród technologii wspierających struktury opakowaniowe w myśl idei GOZ. Laminacja ekstruzyjna jest bardzo ciekawą technologią, w której pomiędzy dwa materiały wstęgowe wytłaczana liniowo jest cienka warstwa uplastycznionego, wręcz do poziomu płynności, tworzywa. Permanentne połączenie dwóch folii wstęgowych przy wykorzystaniu tego procesu za pomocą polipropylenu (dla rozwiązań monomateriałowych polipropylenowych) lub polietylenu (dla rozwiązań monomateriałowych polietylenowych) warstwą adhezyjną od 2 mikrometrów wzwyż, w zależności od aspektów technicznych używanych podłoży, pozwala na uzyskanie rozwiązania w 100% z tego samego materiału, co czyni takie rozwiązania w pełni recyklingowalne. Warto także nadmienić, że głowice tego typu maszyn wyposażone w jeden lub więcej ekstruderów ze specjalnymi separatorami warstw pozwalają na pełne sterowanie parametrami mechanicznymi i funkcjonalnymi wytłaczanego tworzywa. Dodatkowo użycie różnych materiałów



Rys. 4. Linia do laminacji ekstruzyjnej firmy SML. Źródło: www.sml.at

z tej samej grupy poliolefin umożliwia otrzymanie wielu konfiguracji charakterystycznych dla nich. Producentem takich maszyn jest austriacka firma SML (rys. 4), której maszyny pierwotnie używane były do powlekania papieru tworzywem sztucznym.

Dla struktur opakowaniowych wymagających wysokiego poziomu barierowości, folia polietylenowa maszynowo orientowana, podatna jest na proces metalizacji lub napowietrzania tlenkami aluminium. Należy wskazać znaczną przewagę pod kątem stabilności tego rozwiązania nad nowymi strukturami polietylenowymi współwytłaczanymi z EVOH przeznaczonymi do procesu orientowania. Warstwa metalizy lub napowietrzone tlenki aluminium są warstwami uszlachetniającymi strukturę folii polietylenowej po maszynowym orientowaniu, co oznacza, że nie ulegną one degradacji lub deformacji poprzez m.in. nierównomierne zorientowanie. W przypadku orientowania folii polietylenowej z współwytłaczanymi innymi materiałami, takimi jak EVOH czy specjalne kleje, które są niezbędne do związania warstwy tego materiału z polietylenem, należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość wystąpienia delaminacji międzywarstwowej, spowodowanej różnorodnymi współczynnikami rozciągliwości. Dotychczas nie opublikowano stosownych badań dowodzących, że polimer kopolimerowy służący do stworzenia bariery dla tlenu i wilgoci nie traci swoich parametrów przy tak dużej zmianie grubości poprzez zorientowanie (1-10-krotne pocienienie względem pierwotnie wytłaczanej masy tworzywa w stosunku do procesu maszynowej orientacji).

KONKLUZJA

Na globalnym rynku opakowań bezustannie pojawiają się nowe rozwiązania technologiczne, często oparte na różnych surowcach i półproduktach. Niestety, nie zawsze są one w pełni przetestowane, czego konsekwencją mogą być niewymierne rezultaty dążenia do ochrony środowiska naturalnego. Rzetelne podejście do zmian wymaga przeprowadzenia wielu testów maszynowych oraz weryfikacji procesów technologicznych. Należy dokładnie zbadać uzyskane rezultaty w całym łańcuchu dostaw, aby określić możliwości i potencjalne zagrożenia przed przystąpieniem do pełnego wdrożenia struktury opakowaniowej. Choć proces ten jest kosztowny, a sukces nie zawsze gwarantowany, dla świadomego i odpowiedzialnego przedsiębiorstwa jest to jedyny sposób na opracowanie rozwiązań, których odpowiedzialność nie kończy się na etapie wprowadzenia na rynek. Należy również określić, jak postępować z produktem po zakończeniu jego użytkowania, aby jak najbardziej ograniczyć zużycie surowców pierwotnych na rzecz wtórnych, zgodnie z ideą gospodarki o obiegu zamkniętym.

mgr inż. Michał Malka

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej

REKLAMA

PLASMAQ
Recycling Systems

Kompletne, energooszczędne linie do recyklingu, idealnie dopasowane do potrzeb

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

Przygotowanie
Kluczowy etap polegający na otwarciu bel materiału i usunięciu większych zanieczyszczeń

Mycie
Usuwanie pozostałych zanieczyszczeń, takich, jak papier, drewno, piasek, inne tworzywa, metal itd.

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

tel.: +48 505 348 946
www.plasmaq.pt
comercial.pl@plasmaq.pt

Inwestycja w sztukę: obrazy rodziny Laabs na Targach Plastpol

Na nadchodzącej wystawie "Tworzywa Sztuczne i Sztuka" podczas targów Plastpol w Kielcach, od 21 do 24 maja 2024 roku, dr Magdalena Laabs z Laabs Art Gallery z Niemiec zaprezentuje unikalne połączenie technologii i artystycznej wrażliwości. Jako właścicielka firmy Rolbatch, specjalizującej się w technologiach recyklingu i przetwórstwa tworzyw sztucznych, Magdalena wykracza poza granice typowej działalności inżynieryjnej, integrując swoje pasje do malarstwa i pisania.

Podobnie jak renesansowy Leonardo da Vinci jest przykładem współczesnego uniwersalizmu, łącząc swoje techniczne i naukowe zainteresowania z głęboką miłością do sztuki. To interdyscyplinarne podejście pozwala jej na kreowanie dzieł, które są zarówno innowacyjne, jak i emocjonalnie rezonujące.

Jej najnowsze obrazy, w tym portret Kubańczyka myjącego butelki PET w Hawanie, który został przez nią sfotografowany w 2016 roku, a następnie namalowany w 2024 roku, przedstawiają kontrast pomiędzy europejskim życiem pełnym stresu i pośpiechu, a spokojnym istnieniem ludzi w innych częściach świata. Podczas budowy linii technologicznych przetwarzających 3 tony butelek PET na godzinę, Magdalena zatrzymała się na chwilę refleksji. Wizyta na Kubie, gdzie nic się nie marnuje i wszystko jest wykorzystywane ponownie, ukazała jej model gospodarki obiegu zamkniętego w praktyce.

ARTYSTYCZNE I BIZNESOWE SUKCESY

W grudniu 2023 roku Magdalena Laabs i Adam Laabs zostali laureatami prestiżowego konkursu Artista d'Europa w Mediolanie. W styczniu ich prace były eksponowane w renomowanej galerii Antonio Battaglia również w Mediolanie. Luty przyniósł ekspozycję 80 prac Magdaleny i Adama w Laabs Art Gallery, znajdującej się w okolicach Berlina. W marcu twórczość pary była prezentowana podczas wydarzenia Top Woman Experience w Warszawie. Kolejne miesiące również obfitują w wydarzenia artystyczne z udziałem ich dzieł: w kwietniu i maju ich obrazy będą wystawiane w galerii w Paryżu. Przez cały maj odbywać się będzie wystawa ich prac w Świnoujściu w zaprzyjaźnionej Galerii „El Papa Hemingway", prowadzonej przez panią Elżbietę Jańczak. Pani Elżbieta jest znawczynią sztuki i bardzo kreatywną osobą, która zarządza kawiarnio-galerią, będącą popularnym miejscem spotkań. Ich prace zostaną również zaprezentowane ponownie w Warszawie podczas corocznej Gali Top Woman.

Od końca maja 2024 roku prace Magdaleny i Adama Laabs będą prezentowane w nowo otwartym klubie Havana Libre w Świnoujściu, który znajduje się naprzeciwko hotelu Hilton. Klub jest prowadzony przez Janusza Sawickiego. Zarówno Laabsowie, jak i Sawicki, mają słabość do kubańskich klimatów, które klub Havana Libre stara się odtworzyć, będąc jakby Starą Havaną w pigułce. Dla tych unikalnych miejsc powstanie specjalna seria obrazów, które oddadzą ducha i atmosferę Kuby. Ta seria będzie nie tylko świadectwem ich artystycznej wrażliwości, ale również hołdem dla bogatej kultury i tradycji kubańskiej.

SZTUKA JAKO INWESTYCJA

Obrazy olejne są dzisiaj uważane za doskonałą lokatę kapitału. W przeciwieństwie do wielu innych form inwestycji, dzieła

sztuki, zwłaszcza te wykonane techniką olejną, nie tylko zachowują swoją wartość, ale często zyskują na wartości z biegiem czasu. Dzięki swojej unikalności oraz trwałości, obrazy olejne przyciągają kolekcjonerów i inwestorów, którzy widzą w nich nie tylko estetyczną wartość, ale także możliwość długoterminowego wzrostu kapitału.

Dodatkowo, Magdalena Laabs prowadzi wraz z siostrą cioteczną biuro nieruchomości w Hiszpanii, pomagając w łatwym nabyciu atrakcyjnych nieruchomości pod hiszpańskim słońcem. Jeśli interesuje cię nabycie nieruchomości w Hiszpanii i potrzebujesz wsparcia w tym zakresie, Magdalena jest osobą, z którą warto się skontaktować. Oprócz działalności w branży nieruchomości, maluje także obrazy olejne na zamówienie deweloperów do dekoracji rezydencji oraz oferuje reprodukcje tych dzieł.

Zaproszenie na wystawę "Tworzywa Sztuczne i Sztuka" to okazja dla wszystkich uczestników targów do doświadczenia tego, jak sztuka może inspirować innowacje w technologii oraz jak

technologia może wnosić nowe perspektywy do sztuki. Wspólnie z rodziną Magdalena Laabs tworzy dzieła, które nie tylko pokazują piękno świata, ale także oferują przemyślenia o zrównoważonym rozwoju i przyszłości naszej planety.

Podczas targów Plastpol, oprócz wystawy obrazów, odbędzie się przedsprzedaż polskiej wersji książki "Success Mindset - The Key to Achieving Your Goals", napisanej wspólnie z legendą rozwoju osobistego Brianem Tracy. Książka ta, która zostanie wydana w językach polskim, niemieckim, włoskim, hiszpańskim, francuskim i chińskim, podaje 23 sprawdzone zasady pomagające osiągnąć zamierzone cele, czerpiąc z różnych dziedzin wiedzy

i doświadczeń życiowych. To zbiór wiedzy, który jest odzwierciedleniem samej Magdaleny – osoby, która nieustannie poszukuje nowych horyzontów zarówno w nauce, jak i w sztuce.

ROLBATCH: TWÓJ POMYSŁ NA BIZNES

Odkryj możliwości, jakie niesie ze sobą branża tworzyw sztucznych z firmą Rolbatch Laabs! Zaawansowane technologie recyklingu oraz przetwórstwa tworzyw firmy są zaprojektowane z myślą o efektywności, niezawodności oraz spełnieniu wymogów ekologicznych.

W Rolbatch Laabs estetyka łączy się z funkcjonalnością, tworząc rozwiązania, które nie tylko są efektywne, ale także zrównoważone. Wytłaczarki, linie technologiczne do wytłaczania folii, granulatów, kompozytów oraz linie do recyklingu butelek PET to przykłady, jak można przekształcić odpady w wartościowe surowce. Maszyny umożliwiają nie tylko regranulację tworzyw, ale także wprowadzenie technologii *bottle to bottle*, co jest krokiem w stronę zamkniętego obiegu materiałów w gospodarce.

Na targach Plastpol firma Rolbatch Laabs zaprezentuje również szeroką gamę urządzeń laboratoryjnych niezbędnych w codziennej pracy zakładów przetwarzających tworzywa sztuczne. W ofercie znajdą się plastometry, które służą do badania wskaźnika płynięcia MFI (MFR o MVR), a także inne urządzenia takie jak gęstościomierze i wilgotnościomierze. Te narzędzia są bardzo użyteczne w monitorowaniu i zapewnianiu jakości procesów produkcyjnych, co jest kluczowe dla efektywności i spełniania wymogów technicznych.

Dzięki pasji do innowacji i zamiłowaniu do sztuki, Rolbatch Laabs jest na czele działań na rzecz bardziej zrównoważonego świata. Oferuje nie tylko zaawansowane technologie, ale również wspiera swoich klientów na każdym etapie – od projektowania i wdrażania systemów recyklingu po szkolenia i serwis.

www.rolbatch-laabs.de www.LaabsArtGallery.com

PLASTPOL 2024. 600 firm i hale pełne pracujących maszyn, nowości i premier

Najnowocześniejsze wtryskarki i wytłaczarki, nowatorskie technologie wykorzystujące ogniwa fotowoltaiczne, najnowsze surowce i usługi z całego świata, a także dyskusje o wyzwaniach w branży przetwórstwa tworzyw sztucznych i gumy już od 21 do 24 maja w Targach Kielce. Warto już teraz zarejestrować swój udział w targach Plastpol i poznać rewolucyjne rozwiązania.

Targi Plastpol to jedno z największych w Europie wydarzeń dla branży przetwórstwa tworzyw sztucznych i gumy. – Ponad 600 firm z blisko 30 krajów, przede wszystkim z Europy, Azji i Bliskiego Wschodu zaprezentuje najnowsze rozwiązania – mówi Kamil Perz, dyrektor projektu Plastpol w Targach Kielce. Tysiące maszyn, przede wszystkim wysokotechnologiczne wytłaczarki, wtryskarki do tworzyw sztucznych, roboty, całe linie produkcyjne, systemy zarządzania produkcją, urządzenia do recyklingu tworzyw sztucznych zwiedzający poznają w pracy na żywo. Hale Targów Kielce zamienią się ponownie w pracującą fabrykę. Imponująca będzie oferta surowców, granulatów i recyklatów. Kolejne przedsiębiorstwa oferować będą profesjonalne usługi, związane m.in. z dystrybucją, logistyką i transportem.
– Priorytetową kwestią jest energooszczędność. Stąd tak wiele nowych rozwiązań, które będą prezentowane na Plastpolu odpowiada na potrzebę minimalizacji zużycia prądu. Wpisują się one także w dążenie do zrównoważonego rozwoju firm – podkreśla Kamil Perz.

NOWOŚCI I PREMIERY DLA BRANŻY W KIELCACH

Wittmann Battenfeld pokaże najnowszą wtryskarkę EcoPower DC wraz z robotem WX142 DC, które do swej pracy wykorzystują prąd stały DC. Poznamy rozwiązanie wykorzystujące do zasilania przyjazną energię na przykład z ogniw fotowoltaicznych. Także na stoisku Wittmann Battenfeld polską premierę będzie miał robot serii PRIMUS z najnowszym sterowaniem R9.

Europejską premierę na targi Plastpol szykuje Arburg. Zaprezentuje wtryskarkę elektryczną Allrounder 720 E Golden Electric. W pracy na żywo goście przyjrzą się też hybrydowej wtryskarce Allrounder 470 H Comfort, która wyprodukuje 0,5-litrowe kufle do piwa w cyklu trwającym 31 sekund.

Kolejne przedsiębiorstwo o mocnej pozycji na światowym rynku, Sumitomo (SHI) Demag, zaprezentuje innowacyjną technologię w dziedzinie efektywności energetycznej oraz precyzyjnego przetwórstwa tworzyw sztucznych. Jest to energooszczędne, kompletne gniazdo produkcyjne oparte na wtryskarce w pełni elektrycznej z serii IntElect2 180/570-250.

Najnowsze urządzenie zaprezentuje także TMA Automation. Nowy robot do obtrysku insertów połączony z IML i montażem zintegrowany z wtryskarką zwiedzający zobaczą na stoisku firmy Engel. Zaś propozycją od Engel będą najnowszej generacji maszyny marki WINTEC. Wśród nich będzie model t-win, serwo-hydrauliczna maszyna dwupłytowa, której projekt bazuje na wieloletnim doświadczeniu firmy w branży i jest ukierunkowany na maksymalizację efektywności oraz niezawodności produkcji wtryskowej.

Jedno z największych stoisk na Plastpolu przygotowuje firma Muehsam wraz z GM Color. Wśród nowości będą depaletyzery i maszyny elektryczne. Kolejne nowatorskie rozwiązania zaprezentują Wadim Plast oraz Dopak.

NAJNOWSZE GRANULATY I RECYKLATY W TARGACH KIELCE

Istotne miejsce w Targach Kielce zajmą także przedsiębiorstwa oferujące surowce do przetwórstwa, jak granulaty polietylenowy i polipropylenowy, barwniki, recyklaty. Wśród tej grupy wystawców z szeroką ofertą będą polskie firmy, m.in. Azoty i Anwil. Nowością w ofercie ML Polyolefins będą standaryzowane serie recyklatów polipropylenowych TECHFIN, dostępne w kolorze czarnym i szarym, z możliwością modyfikacji MFI do 30. Co istotne, dzięki zaawansowanej technologii produkcji, procesom homogenizacji i odgazowania, materiał charakteryzuje się powtarzalnością i stabilnością parametrów technicznych. Kolejna firma, Permedia, zaprezentuje dodatki procesowe PFAS-free do przetwórstwa tworzyw sztucznych niezawierające związków per- i polifluorowanych oraz siloksanów. Z kolei Polimarky w czasie Plastpolu będą świętować 40-lecie działalności. Przedsiębiorstwo zajmuje się compoundingiem, dostarczając materiały dla klientów z najróżniejszych branż w Polsce i Europie.

Podczas kieleckich targów nie braknie europejskich i światowych liderów dystrybucji. Będą m.in. Brenntag – dostawca pełnego zakresu surowców, dodatków oraz palety usług dodanych, Bedeko Europe – producent i dystrybutor komponentów, Nexeo Plastics – dystrybutor żywic termoplastycznych i mieszanek.

WIEDZA, KONFERENCJE, DYSKUSJE W CZASIE PLASTPOL

Wystawie pełnej oferty dla branży towarzyszą konferencje podejmujące kluczowe kwestie. Targi Kielce we współpracy z serwisem internetowym tworzywa.pl organizują Seminarium Techniczne PLASTECH INFO pod hasłem „Monitorowanie i optymalizacja parametrów procesowych w technologiach przetwórstwa tworzyw sztucznych". Fundacja PlasticsEurope Polska przygotowuje konferencję otwarcia targów „Przemysł tworzyw sztucznych w Polsce i Europie". Eksperci przedstawią aktualne dane dotyczące bieżącej sytuacji polskiej branży tworzyw na tle Europy w oparciu o najnowsze raporty branżowe oraz dane Głównego Urzędu Statystycznego. Fundacja przygotowuje też wystawę „The Plastics Transition", w myśl hasła „Jak zmieni się system tworzyw sztucznych w Europie do 2050 roku?". Kolejne wartościowe spotkanie w czasie Plastpolu zostanie przeprowadzone pod hasłem „Zrównoważone podejście do zielonej transformacji w materiałach polimerowych".

CZAS ZAREJESTROWAĆ SWÓJ UDZIAŁ W TARGACH PLASTPOL

– Warto być z nami od 21 do 24 maja w Targach Kielce i poznać odpowiedzi na wyzwania branży – zaprasza Kamil Perz. By wziąć udział w Międzynarodowych Targach Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy Plastpol, warto już teraz zarejestrować się na wydarzenie na stronie plastpol.com i kupić bilet.

Plastpol potrwa od 21 do 24 maja 2024 w Targach Kielce.

Rejestracja dla wystawców na:
https://www.targikielce.pl/plastpol

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

tworzywa.pl

RAZEM

TWORZYMY TEN ŚWIAT

PREZENTUJMY
tworzywa w sposób zgodny z ich prawdziwą naturą i przeznaczeniem

ENTERIO s.c. | 35-328 Rzeszów, ul. Miodowa 24 | T. +48 17 8611890 | F. +48 17 7173533 | E. info@tworzywa.pl