

Tworzywa Sztuczne Przemysle

Zapraszamy na targi PLASTPOL,
Hala A, Stoisko 157.

ISSN 2082-6877

DWUMIESIĘCZNIK

TWORZYWA POLIMEROWE W NAUCE I PRAKTYCE

REKLAMA

ZAPRASZAMY NA TARGI PLASTPOL

BCD
POLYMERS

bridge
polymers

Cool®

GRUPA
AZOTY
POLYOLEFINS

Plastoplan
Tworzywa

Rossi
Habasit Group

SIEROSŁAWSKI
GROUP **SG**
50th

STORK IMM

Wittmann

www.freepik.com

Webinar „badanie MFI”
ROLBATCH Academy



Wdrożenie technologii wyłaczania
& recyklingu tworzyw sztucznych

Plastometry do badania wskaźnika MFI

Rolbatch Dr Laabs
i ROLBATCH Academy
zapraszają na branżowe
kursy i webinery

DR. LAABS



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.



Dystrybucja

Oferta produktów

**Tworzywa
techniczne**

**Tworzywa
specjalne**

Blendy

**Standardowe
tworzywa
sztuczne**

**Elastomery
termo-
plastyczne**

Kompoundy

Masterbacze

**Granulaty
czyszczące**

Plastoplan Polska specjalizuje się w dystrybucji tworzyw sztucznych renomowanych producentów. Wykwalifikowany zespół oferuje pełny serwis – opiekę począwszy od wizji do produkcji seryjnej. Nasza firma z prywatnym kapitałem, na bazie doświadczenia mierzonego w dziesiątkach lat, spełnia potrzeby klientów w oparciu o własne i wynajmowane magazyny, logistykę i doskonale wyposażone laboratoria. Plastoplan Polska jest częścią grupy kapitałowej Hromatka Group, jednej ze znaczących na europejskim rynku tworzyw sztucznych grup dystrybucyjnych.

MASZYNY I URZĄDZENIA

- 6** Właściwości wytrzymałościowe elementów z polilaktydu
- 10** Mieszalnik granulatu z potencjałem
- 12** Dozowniki HETHON – precyzyjne podawanie proszków, granulatów, barwników, ziaren
- 14** Dozowniki wagowe inne niż inne
- 16** Ważna rola serwisu w chłodnictwie
- 22** Specjalność firmy EI-term
- 24** Przekładnie ROSSI – sprawdzone rozwiązania do napędu wyłaczarek
- 26** Magazyny silosowe do tworzyw sztucznych
- 28** Darmowe chłodzenie, czyli free-cooling*
- 30** Bez odpowiedniej wiedzy drukarka 3D będzie bezużyteczna w przemyśle
- 32** Nasze serce bije dla Twojej formy
- 34** Obróbka skrawaniem wybranych modeli wytwarzanych z tworzyw polimerowych
- 40** Nowoczesne metody pomiaru tworzyw sztucznych
- 44** Powtarzalność wyglądu tworzyw sztucznych

EKOLOGICZNE TWORZYWA

- 46** Rosti rozwija świadomość i technologie w aspekcie ekologicznych tworzyw

WTRYSKARKI I WTRYSK TWORZYW

- 48** Grupa WITTMANN na targach Plastpol w Kielcach
- 51** BISTAR – producent wyrobów z tworzyw sztucznych
- 52** Koncepcja FULL SERVICE SUPPLY i wielkogabarytowa produkcja detali z tworzyw sztucznych
- 54** Technologie MuCell® i InduMold w produkcji wysokiej jakości detali samochodowych z tworzyw polimerowych
- 62** Nadzorowanie procesu wtryskiwania tworzyw termoplastycznych z wykorzystaniem wielowymiarowych kart kontrolnych
- 70** Sumitomo (SHI) Demag na Plastpol 2023
- 72** Wdrożenie produkcji w zakresie połączeń termoplast–kompozyt węglowy na podstawie symulacji numerycznych
- 79** Energia elektryczna – wyciągać wnioski
- 80** Kolejna edycja Seminarium Technicznego Plastech Info na PLASTPOL-u
- 81** Phillips Plastics – dbamy o szczegóły

SPIS TREŚCI

MAJ/CZERWIEC 2023 r.

NARZĘDZIOWNIA

- 82** Kolejna edycja sympozjum technicznego Plastech już za nami!
- 84** System zdalnego odczytu liczników
- 86** Potrzebujesz wykwalifikowanego pracownika? Potrzebujesz specjalisty?
- 87** Servomold – serwo-automatyka dla form wtryskowych
- 88** Wymienniki płytowe w branży tworzyw sztucznych

TWORZYWA I GUMA

- 92** Przegląd prac nad bioaktywnymi foliami tworzywowymi modyfikowanymi pochodnymi guanidyny
- 96** Właściwości mechaniczne elementów drukowanych z polilaktydu o strukturze porowatej
- 102** Wpływ na trwałość i użyteczność eksploatowanej powłoki gumowej instalacji odsiarczania spalin
- 106** Nowe centrum biznesowe Huntsman
- 107** Nowatorski aktywator jako zamiennik DPG poprawiający właściwości fizykomechaniczne wulkanizatów
- 114** Najwyższej jakości wyroby silikonowe i gumowe w zasięgu Twojej ręki
- 116** Nowoczesne materiały kompozytowe – cz. 1

RECYKLING

- 122** Plastometri i MFI – jak ich używanie pozwala oszczędzać w przemyśle tworzyw sztucznych
- 123** Wytwarzanie i badanie mieszanin poli(tereftalanu etyleny) i poliwęglanu (PET/PC) z odpadowych butelek PET i płyt CD

TARGI I KONFERENCJE

- 132** Imponujące rozmiary targów PLASTPOL

Tworzywa Sztuczne
Przemysle

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.

Adres redakcji

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

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.

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 inż. **Marta Piątek-Hnat**
prof. nadzw. dr hab. inż.
Andrzej Pus
prof. dr hab. inż. **Janusz Sikora**
dr inż. **Lukasz Wierzbicki**
dr inż. **Piotr Żach**

ELEKTRYCZNE WTRYSKARKI JSW

DOSTĘPNE Z MAGAZYNU

W magazynie posiadamy kilkadziesiąt wtryskarek
o sile zwarcia od 50 T do 850 T

*Zapraszamy na targi PLASTPOL,
Hala F, Stoisko 15.*



W celu przygotowania oferty
prosimy o kontakt:

Piotr Janasik

tel. 609 110 601

piotr.janasik@wadim.com.pl

Elisabeth Wlazło

tel. 609 216 200

elisabeth.wlazlo@wadim.com.pl

Piotr Klaczyński

tel. 661 197 797

piotr.klaczynski@wadim.com.pl



JSW

The Japan Steel Works, LTD.

Wpływ obróbki cieplnej na właściwości wytrzymałościowe elementów wytworzonych przyrostowo z polilaktydu przeznaczonego do obróbki cieplnej

Właściwości wytrzymałościowe elementów z polilaktydu

Kamila Łuka, Mariusz Dębski, Janusz Kluczyński, Bogdan Kozik

W artykule przedstawiono etapy oraz wyniki badań elementów modelowych wykonanych z polilaktydu metodą przyrostową FFF/FDM. Omówiono, w jaki sposób utworzone zostały elementy poddane badaniom, proces obróbki cieplnej, a także jak zmieniły się właściwości materiału w wyniku obróbki. Celem badań była analiza zmian właściwości wytrzymałościowych PLA w wyniku obróbki cieplnej oraz dyskusja czy właściwości te są zbliżone do właściwości ABS bez modyfikacji lub też lepsze – jak podają producenci tego typu materiałów.

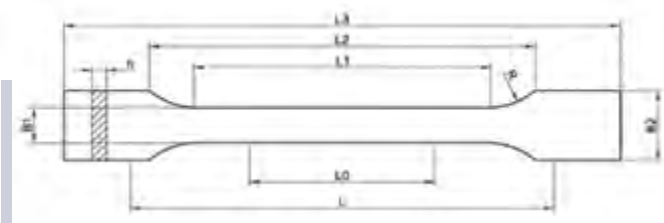
Tworzywa sztuczne mogą być poddawane obróbce cieplnej, która opiera się na wygrzewaniu w danym nośniku oraz schłodzeniu do temperatury pokojowej. Nośnikiem może być powietrze, woda, olej itd. Proces ten skutkuje zmianami w strukturze polimerów, a co za tym idzie modyfikacjami właściwości użytkowych. Na rodzaj i wielkość tych zmian ma głównie wpływ temperatura oraz czas wygrzewania, szybkość chłodzenia, a także właściwości ośrodka wygrzewającego.

W artykule badaniom poddany został materiał PLA (polilaktyd). Właściwości opisujące go są uwarunkowane składem stereochemicznym jednostek powtarzalnych oraz ich ułożeniem wzdłuż łańcucha poliestru [1–4].

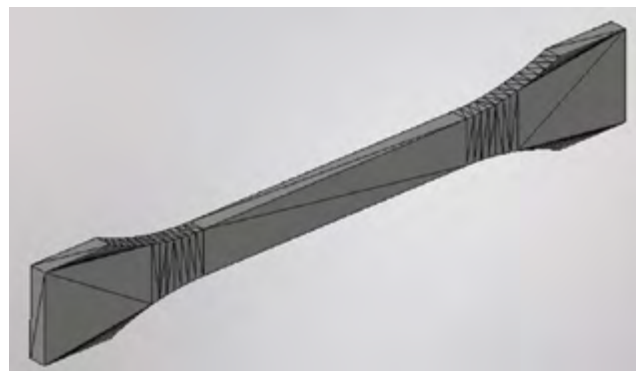
PRZYGOTOWANIE PRÓBEK

Badania wytrzymałościowe zostały przeprowadzone zgodnie z obowiązującą normą dla próby rozciągania PN-EN ISO 527:1998, pt. Tworzywa sztuczne. Oznaczenie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Do badań zerwania wykorzystano uniwersalną próbkę typu 1BA (rys. 1). Wszystkie wymiary wykorzystanej do badań kształtki przedstawiono w tabeli 1.

Model próbki został zaprojektowany w środowisku Inventor Professional, a następnie zapisany do formatu STL (rys. 2),



Rys. 1. Uniwersalna kształtka do badania wytrzymałości na rozciąganie



Rys. 2. Model STL próbki do rozciągania statycznego

Tabela 1. Wymiary kształtki (Typ 1BA)

Wymiary kształtki	Wartości
L3 - długość całkowita	75 mm
L1 - długość części ograniczonej liniami	40 mm
R - promień	30 mm
L2 - odległość między szerokimi równoległymi usytuowanymi częściami	58 mm
B2 - szerokość na końcach	10 mm
B1 - szerokość wąskiej części	5 mm
H - zalecana grubość	2 mm
L0 - długość pomiarowa	25 mm
L - początkowa odległość między uchwytami	62 mm



Rys. 3. Urządzenie drukujące MakerBot Replicator 2

który daje możliwość zaimplementowania geometrii kształtki do programu dedykowanemu urządzeniu drukującemu. Przygotowanie procesu wydruku oraz podział modeli 3D na warstwy zostało zrealizowane przy użyciu oprogramowania MakerBot Desktop.

Po ustawieniu parametrów procesu wytwarzania próbki zostały wydrukowane na urządzeniu MakerBot Replicator 2 pracującym w technice FFF/FDM (rys. 3).

Przygotowano dwie partie próbek (jedną z nich przeznaczono do obróbki cieplnej), które wykonano w trzech różnych konfiguracjach:

- 10 obrysów konturu, wypełnienie 100%, temperatura dyszy drukującej 215°C;
- 1 obrys konturu, wypełnienie 100%, temperatura dyszy drukującej 215°C oraz ułożeniu ścieżek pod kątami 0° i 90°, które były układane naprzemiennie. Miało to na celu zmianę kierunku powstających naprężeń (wskutek gradientu temperatur) w drukowanych naprzemiennie warstwach;
- 1 obrys konturu, wypełnienie 100%, temperatura dyszy drukującej 215°C oraz ułożeniu ścieżek pod kątami 45° i -45°, które były układane naprzemiennie. Miało to na celu zmianę kierunku powstających naprężeń (wskutek gradientu temperatur)

w drukowanych naprzemiennie warstwach, a także sprawdzenie, jak ustawienie pod kątem 45° wpływa na wytrzymałość statyczną próbki.

Gotowe kształtki (rys. 4) zostały poddane obróbce cieplnej (wyrzewananiu) w celu zmiany struktury materiału z amorficznej na częściowo krystaliczną. Proces przygotowania próbek przebiegał w następujący sposób:

- piec został nagrany do temperatury 115°C;
- wykonano pomiary temperatury w różnych miejscach pieca, aby sprawdzić, czy temperatura jest jednakowa w komorze grzewczej;
- próbki umieszczono w piecu, następnie wygrzewano przez 15 minut w zadanej temperaturze; kontrolując parametry procesu;
- wygrzane próbki zostały wystudzone w temperaturze otoczenia.

PRZEPROWADZENIE BADAŃ I ANALIZA WYNIKÓW

Próba statycznego rozciągania wykonanych próbek została przeprowadzona na maszynie wytrzymałościowej INSTRON 5967 (rys. 5).

Dla konfiguracji pierwszej (10 obrysów konturu) wyniki z prób rozciągania w zależności od zastosowania obróbki cieplnej przedstawiono w tabeli 2 oraz obliczono wartości średnie waz



Rys. 4. Wytworzone próbki do badań

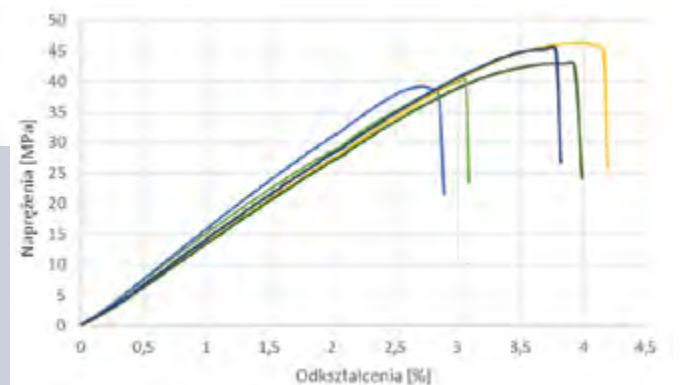


Rys. 5. Maszyna wytrzymałościowa INSTRON 5967

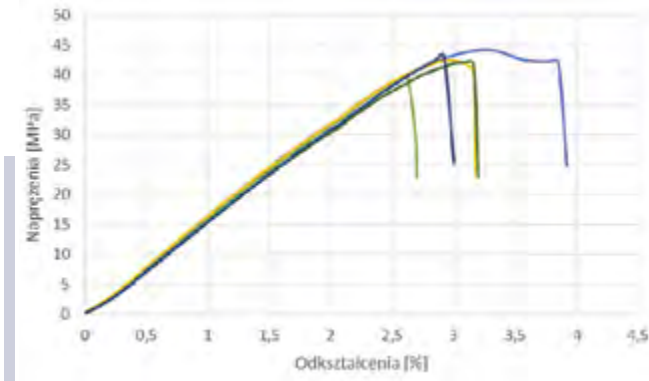
Tabela 2. Zestawienie wyników przeprowadzonych badań dla pierwszej konfiguracji

	Naprężenia [MPa]		Odształcenia [%]	
	PLA	PLA*	PLA	PLA*
Próbka 1	40,19	39,77	3,06	2,69
Próbka 2	39,19	44,24	2,85	3,85
Próbka 3	46,35	42,44	4,16	3,15
Próbka 4	43	42,12	3,93	3,16
Próbka 5	45,36	43,31	3,78	2,92
Średnia	42,82	42,38	3,56	3,15
Odchylenie standardowe	3,12	1,67	0,57	0,43

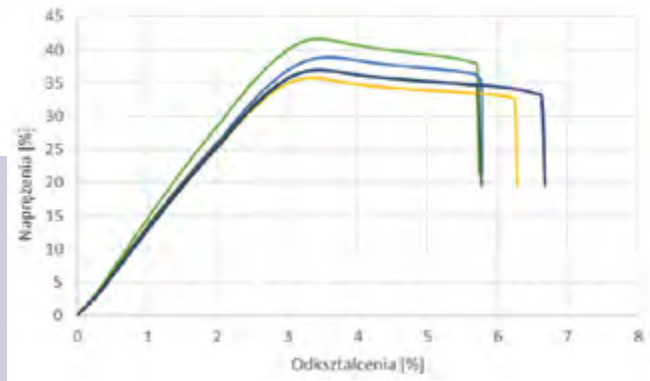
PLA* - PLA po obróbce cieplnej



Rys. 6. Wykres statycznej próby rozciągania dla PLA nie obróbenego cieplnie w pierwszej konfiguracji



Rys. 7. Wykres statycznej próby rozciągania dla PLA po obróbce cieplnej w pierwszej konfiguracji



Rys. 8. Wykres statycznej próby rozciągania dla PLA nie obrabionego cieplnie w drugiej konfiguracji

Tabela 3. Zestawienie wyników przeprowadzonych badań dla drugiej konfiguracji

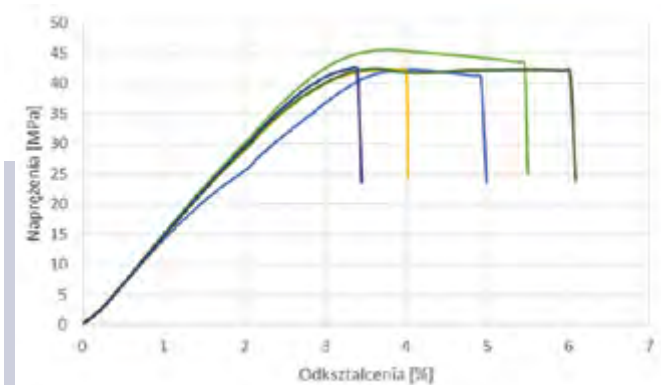
	Naprężenia [MPa]		Odkształcenia [%]	
	PLA	PLA*	PLA	PLA*
Próbka 1	41,66	45,55	5,71	5,46
Próbka 2	38,9	42,3	5,77	4,92
Próbka 3	35,77	42,33	6,25	4
Próbka 4	37	42,41	5,71	6,02
Próbka 5	37	42,47	6,63	3,39
Średnia	38,07	43,01	6,01	4,76
Odchylenie standardowe	2,3	1,42	0,41	1,07

PLA* - PLA po obróbce cieplnej

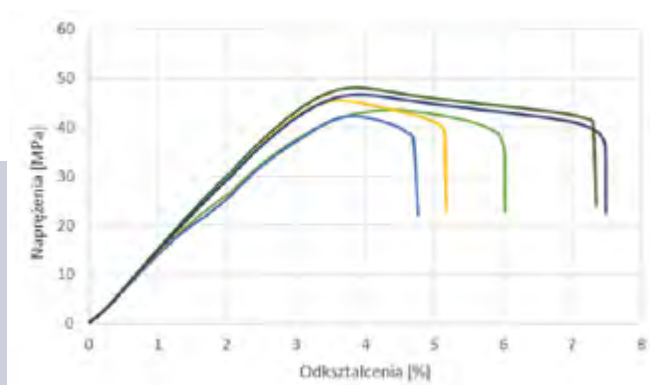
Tabela 4. Zestawienie wyników przeprowadzonych badań dla trzeciej konfiguracji

	Naprężenia [MPa]		Odkształcenia [%]	
	PLA	PLA*	PLA	PLA*
Próbka 1	43,6	48,04	6,02	5
Próbka 2	42,32	49,61	4,7	4
Próbka 3	45,51	47,62	5,15	5,02
Próbka 4	48,13	48,91	7,3	4,93
Próbka 5	46,71	48,68	7,48	4,54
Średnia	45,25	48,57	6,13	4,7
Odchylenie standardowe	2,33	0,77	1,25	0,44

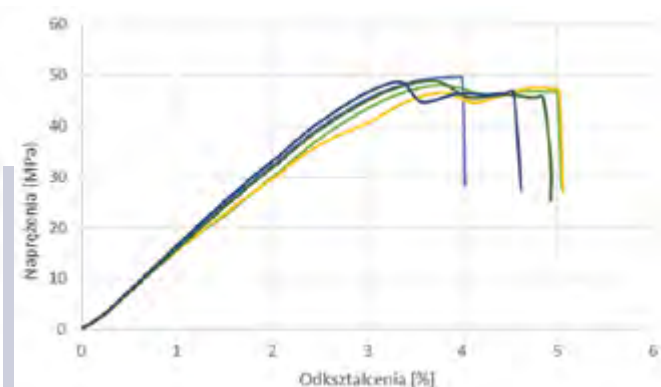
PLA* - PLA po obróbce cieplnej



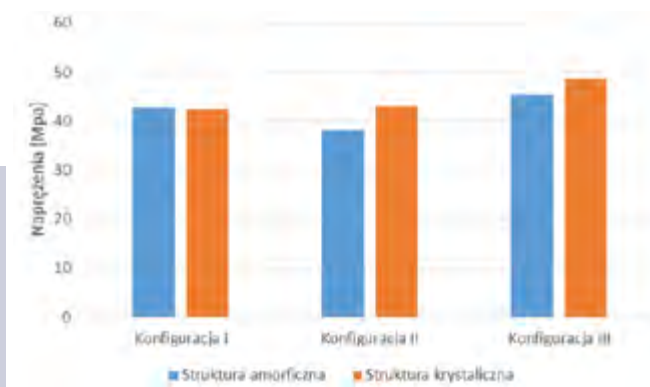
Rys. 9. Wykres statycznej próby rozciągania dla PLA po obróbce cieplnej w drugiej konfiguracji



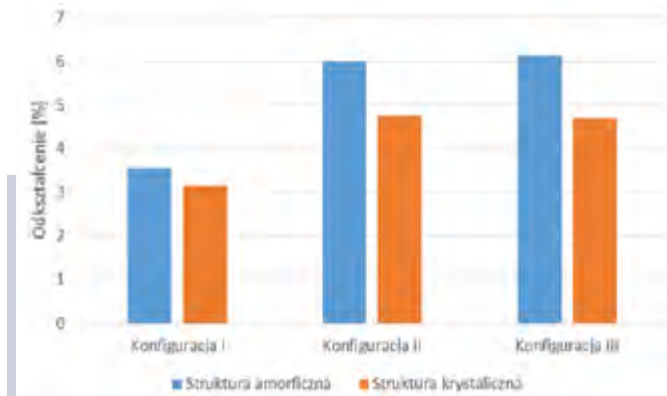
Rys. 10. Wykres statycznej próby rozciągania dla PLA nie obrabionego w trzeciej konfiguracji



Rys. 11. Wykres statycznej próby rozciągania dla PLA po obróbce cieplnej w trzeciej konfiguracji



Rys. 12. Wpływ obróbki cieplnej na wartości naprężeń rozciągających elementów wytworzonych techniką MEM



Rys. 13. Wpływ obróbki cieplnej na wartości odkształceń elementów wytworzonych techniką MEM

z odchyleniem standardowym. Na podstawie otrzymanych wyników pomiarowych wykreślono zależność naprężenia w funkcji odkształcenia (rys. 6, rys. 7).

Analiza otrzymanych wyników wskazuje, że obróbka cieplna nie wpłynęła na wytrzymałość drukowanych elementów. Wartości naprężeń i odkształceń w obu przypadkach są zbliżone. Powodem tego jest równoległe ułożenie włókien, które zapewnią maksymalną wytrzymałość rozpatrywanej kształtki.

W związku z tym zmiana struktury na częściowo krystaliczną [3] nie wpłynęła na wytrzymałość na rozciąganie, a jedynie w niewielkim stopniu zmniejszyła udarność badanych próbek.

Wyniki badań dla konfiguracji drugiej (ułożenie ścieżek pod kątami 0° i 90°) przedstawiono w tabeli 3. Natomiast wykresy zależności naprężenia w funkcji odkształcenia pokazano na rysunkach 8 i 9.

W przypadku drugiej konfiguracji można zaobserwować wzrost wytrzymałości na rozciąganie próbek poddanych obróbce cieplnej na poziomie 13% oraz 20% spadek odkształcenia w stosunku do próbek nieobróbionych termicznie. Redukcja przemieszczeń świadczy o zmniejszeniu udarności po przejściu ze struktury amorficznej na częściowo krystaliczną.

Wyniki przeprowadzonych badań dla ostatniej konfiguracji (ułożenie ścieżek pod kątami 45° i -45°) przedstawia tabela 4. Natomiast na rysunkach 10 i 11 pokazano wykresy zależności naprężenia w funkcji odkształcenia.

W ostatniej próbie badane kształtki zachowują podobną tendencję co w drugiej konfiguracji. Zwiększenie wartości wytrzymałości na rozciąganie zanotowano na poziomie 7%, natomiast spadek odkształcenia wynosił 23%.

Przedstawione wyniki badań były powtarzalne, co świadczy o poprawnie wykonanej statycznej próbie rozciągania. Na ich podstawie

można wnioskować, że zmiana struktury z amorficznej na częściowo krystaliczną wpływa na wzrost wytrzymałości na rozciąganie badanego tworzywa (za wyjątkiem równoległego ułożenia włókien) oraz zwiększa jego kruchość, co skutkuje zmniejszeniem udarności i jest to zgodne z dostępnymi opracowaniami naukowymi [1, 3]. Na rysunkach 12 i 13 przedstawiono średnie zestawienia naprężeń oraz odkształceń dla każdej poddanej badaniom konfiguracji.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że zwiększenie stopnia krystaliczności tworzywa sztucznego PLA powoduje:

- wzrost wytrzymałości na rozciąganie oraz sztywności (modułu sprężystości);
- spadek udarności;
- zwiększenie kruchości materiału;
- zwiększenie przezroczystości;
- większą tendencję do skurczu i paczenia się.

Ponadto badania dowodzą, że źródła producentów wymagają w wielu przypadkach weryfikacji. Niniejsze opracowanie może być również bodźcem do wprowadzenia certyfikacji tego typu materiałów przeznaczonych do wytwarzania przyrostowego.

LITERATURA

[1] K. Kolar: Modyfikacja polimerów, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1992.
 [2] S. Xie, S. Zhang, F. Wang, H. Liu, M. Yang: Influence of annealing treatment on the heat distortion temperature of nylon-6/montmorillonite nanocomposites, Polym. Eng. Sci., 2005, vol. 45, nr 9, s. 1248-1253.
 [3] <https://www.plastech.pl/wiadomosci/Tworzywa-sztuczne-czesciowo-krystaliczne-i-amorficzne-3214>.
 [4] http://www.im.mif.pg.gda.pl/download/materiały_dydaktyczne/inzynieria_polimerow/4_Polimery_k.pdf.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Przegląd Mechaniczny”, 2018, nr 7-8, s. 31-35.

mgr inż. Kamila Łuka

mgr inż. Mariusz Dębski

dr inż. Bogdan Kozik


Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska

mgr inż. Janusz Kluczyński

Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy Maszyn


Wojskowa Akademia Techniczna

REKLAMA



Oferowane urządzenia dla przemysłu tworzyw sztucznych:

- stanowiska rozładunku Big Bag;
- stanowiska załadunku Big Bag;
- pakowaczki materiałów sypkich;
- dozowniki grawimetryczne;
- dozowniki i transportery wibracyjne;
- odpylacze powietrza;
- zbiorniki i zasobniki;
- urządzenia niestandardowe.



INSTEL
WAŻENIE DOZOWANIE PAKOWANIE

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

Mieszalnik granulatu z potencjałem



Jeszcze na długo przed pandemią obserwowaliśmy tendencję skracania i dywersyfikacji serii produkcyjnych, wynikającą z ogólnej potrzeby dedykacji, personalizacji czy kastomizacji produktów. Wczorajszy Covid-19 i zapowiadany dziś kryzys energetyczny jeszcze bardziej ten kierunek wzmocniają. Dominują mniejsze, bezpieczne, a jednocześnie bardziej zróżnicowane wolumeny zamówień, krótkie serie, realizowane najlepiej w trybie *just-in-time*. Producenci muszą się do tego dostosować. Jak to robią? Optymalizują procesy i czas, redukują zasoby i zapasy do bezpiecznych poziomów, szukają nowych, elastycznych rozwiązań. Na przykład takich jak mieszalnik granulatu marki GRAN SYSTEM.

Mieszalnik GRAN dzięki swojej kompaktowej pojemności od 350 do 2000 kg doskonale wpisuje się w zapotrzebowanie na mieszankę większości wtryskarek tworzyw sztucznych, szczególnie tych często przezbrajanych, które pracują *just-in-time* (dla przykładu, GRAN przygotowuje 2 t materiału w 20 min). Mieszalnik ma bogate wyposażenie własne i peryferyjne, ale jedna funkcja zyskuje wyjątkowe znaczenie w branży tworzyw sztucznych - wewnętrzny układ suszący granulatu, który przez zestaw nagrzewnica - wentylator, w krótkim czasie zapewnia dostępność mieszanki o wymaganych przez produkcję parametrach. To eliminuje problem różnicy temperatur i wilgotności surowca dostarczonego z magazynu lub wprost transportem z zewnątrz. Mieszając i susząc granulatu jednocześnie, zyskujemy na czasie i mamy gwarancję jego jakości. Dodatkowo, by w pełni kontrolować ten proces, mieszalnik GRAN SYSTEM został wyposażony w układ sterowniczy z nastawą czasu mieszania i suszenia.

Jednak mieszalnik to nie wszystko. Efektywny i płynny proces dostawy mieszanki na produkcję to także sprawny zasyp mieszalnika komponentami i transfer gotowego materiału na wtry-

skarki. GRAN SYSTEM oferuje szereg urządzeń zasypowych i odbiorczo-rozładunkowych, które dobrane optymalnie do warunków logistycznych i technologicznych zakładu, mogą razem stanowić wydajną linię przygotowania/uzdatniania materiału do procesu wtryskiwania. Oto przykłady:

- pobranie przenośnikiem ślimakowym komponentów z dedykowanej stacji big-bag;
- transfer granulatu z silosu lub silosów modułowych, wyposażonych w przenośniki ślimakowe;
- kosz zasypowy jako bufor przeładunkowy do pobierania materiału przez ślimak przenośnika.

Warto podkreślić, że przemysłowa modularność silosów i koszy zasypowych pozwala multiplikować pojemniki z różnym typem surowca, adekwatnie do zapotrzebowania produkcji, a szeroka gama przenośników ułatwia dobór urządzeń o optymalnej wydajności i długości rury transportowej.

Natomiast z urządzeń odbiorczych GRAN SYSTEM poleca dwie opcje:

- wysyp do big-baga w specjalnej stacji z opcją naważania;
- pobierania materiału przez bufor ssawy wprost na wtryskarkę lub przez kilka ssaw dla kilku ognisk produkcyjnych.

Wspomniana modularność urządzeń GRAN SYSTEM to nie tylko możliwość konfigurowania kilku jednostek zasypowych czy odbiorczych w jeden zestaw, ale również oszczędność miejsca i łatwość elastycznego „dopisania się” głównej linii produkcyjnej. Ustawne silosy i kosze z możliwością rozbudowy wypełnią niewykorzystane powierzchnie (i przestrzenie) okołoprodukcyjne, nie burząc zastanej konfiguracji linii technologicznej. To czysta oszczędność w każdym zakładzie.

Wymienione urządzenia peryferyjne mogą pracować niezależnie, obsługując inne procesy przyprodukcyjne. Szczególnie sprawdzają się silosy modułowe GRAN SYSTEM, które przez swoją kompaktowość, możliwość regulowania pojemności, ustawność i elastyczność, stanowią znakomitą odpowiedź na potrzeby opisane we wstępie tego artykułu. Liczy się elastyczność i optymalizacja.

GRAN – System

Partynia 79, 39-310 Radomyśl Wielki

tel. 515 151 995, 500 197 662, 14 683 23 68

rafal.kilian@gran-system.pl, www.gran-system.com





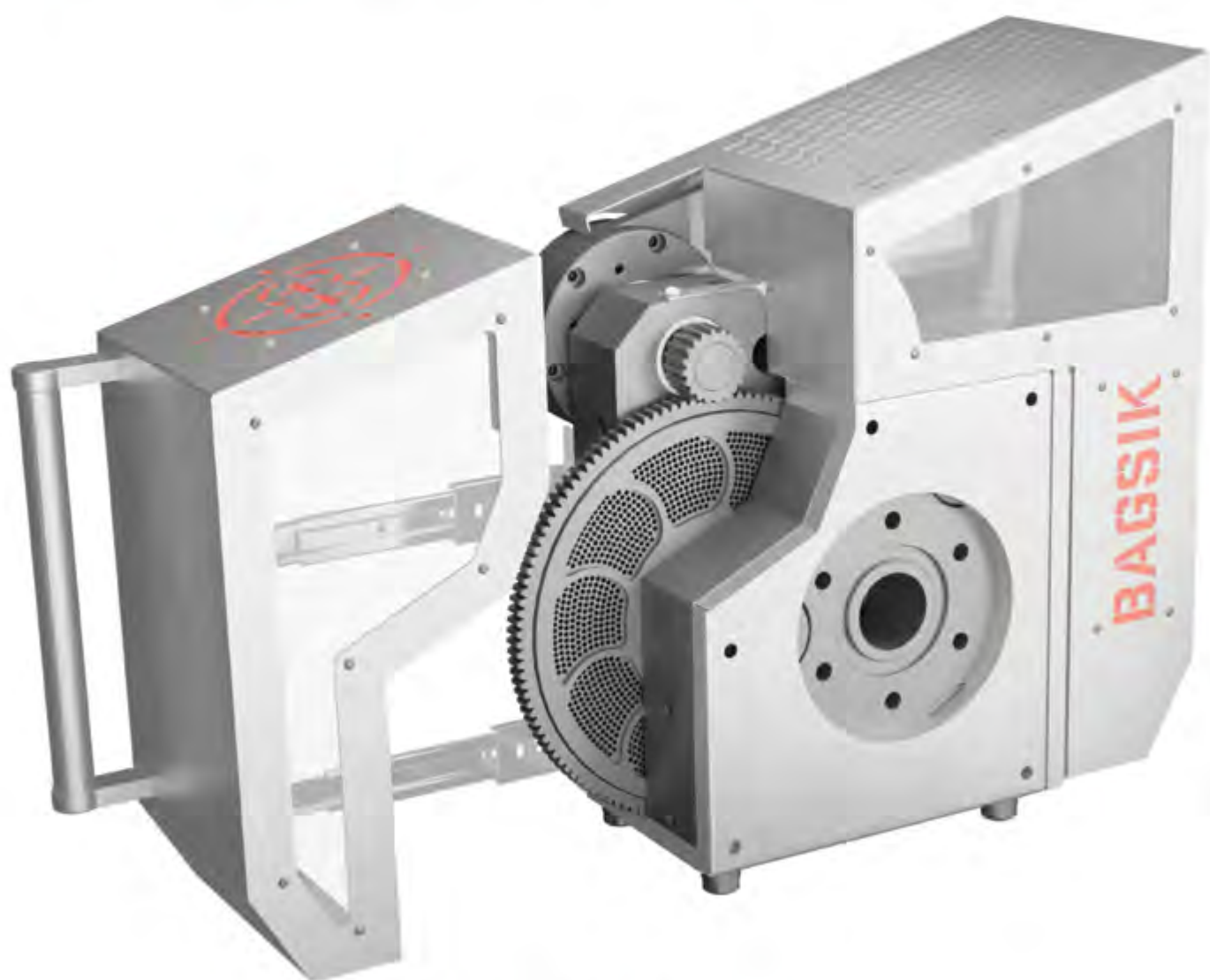
Bagsik®

www.bagsik.net



Probably The Best Of Filtration

Filtracja | Pomiar ciśnienia i temperatury | Sita filtracyjne | Pompy tworzywa | Granulacja PVC



Nasi Partnerzy



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



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 wycłaczarek;
 - dozowanie kredy jako wypełniacza;
 - dozowanie ścierek do głównej linii produkcyjnej;
- przemysł spożywczy
 - podawanie dodatków smakowych, zapachowych, napełnianie stoików, 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 też aglomeracji.

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

- **Tworzyw sztucznych** (podawanie pigmentów do mikserów, podawanie granulatów do wyłaczarek, dozowanie kredy jako wypełniacza, dozowanie ściarek do głównej linii produkcyjnej);
- **Spożywczy** (podawanie dodatków smakowych, zapachowych, napełnianie słoików, torebek, worków, posypywanie ziłkami 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 1984

**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

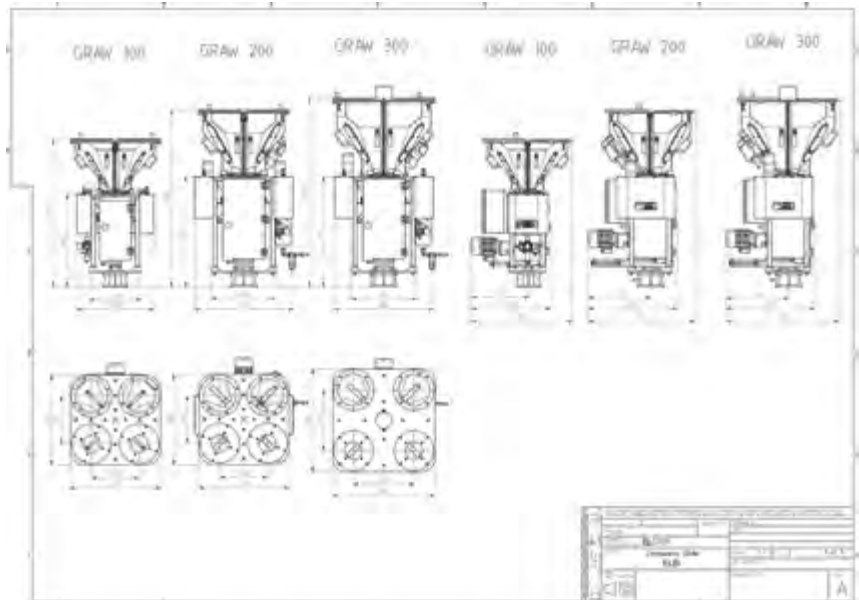
www.brinpol.com.pl

Dozowniki wagowe inne niż inne

Precyzyjne odmierzenie 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 odmierzenie 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 typszereg urządzeń o wydajnościach od 100 do 400kg/h. Innowacyjną cechą tych dozowników jest separacja drgań mechanicznych uzyskana poprzez unikalną i opatentowaną konstrukcję mechaniczną. Oprogramowanie tych bardzo



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

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

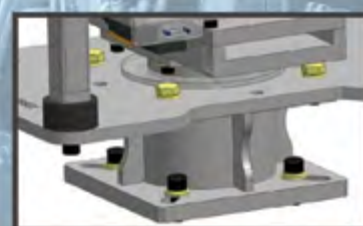
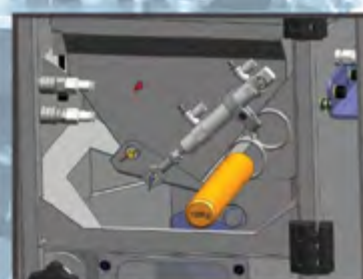
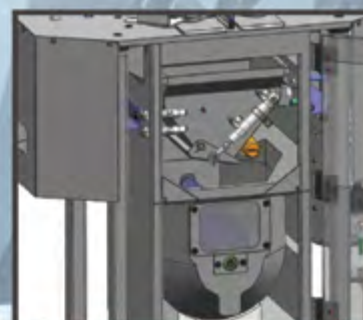
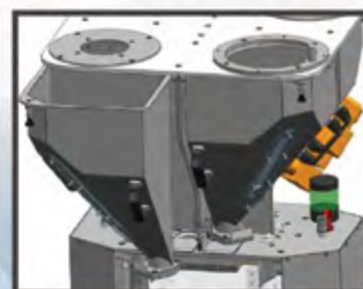
Urządzenia te pracują już u światowych liderów z branży automotiv w takich krajach jak Niemcy, Austria, Rumunia, Chiny, Meksyk, USA i oczywiście w Polsce, gdzie urządzenia te są produkowane w kooperacji z niemiecką firmą Elbi-Elektronik.

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

www.elbi.com.pl

Dozowniki inne niż inne...

- OPATENTOWANY SYSTEM SEPARACJI DRGAŃ
- DYNAMICZNA STABILIZACJA WAGI



www.elbi.com.pl

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

Ważna rola serwisu w chłodnictwie

Robert Kapica



Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe COOL to polska, prywatna firma posiadająca własne nowoczesne produkty fabryczne dedykowane do zastosowań chłodniczych, będąca liderem na rynku polskim wśród producentów i dostawców agregatów wody lodowej, zwanych inaczej chillerami, z ekologicznym czynnikiem chłodniczym R290- propanem.

Seria urządzeń AQUACOOL GREEN modele VCGN/VCGV to typoszereg urządzeń dostępnych w wersji standardowej (H) oraz w wersji o obniżonej głośności (L):

- VCGN – typoszereg urządzeń ze sprężarkami tłokowymi półhermetycznymi o wydajności chłodniczej od 60 do 350 kW;
- VCGV – typoszereg urządzeń ze sprężarkami śrubowymi o wydajności chłodniczej od 300 do 400 kW;
- VCGF – linia urządzeń ze sprężarkami półhermetycznymi z opcją free cooling, zakresie wydajności chłodniczej do 645 kW.

Dla powyższych typoszeregów istnieje możliwość łączenia dwóch urządzeń w zespoły o podwójnej wydajności. Zakres możliwych temperatur na wyjściu z agregatu zawiera się w zakresie od +18°C do nawet -25°C i pokrywa większość zastosowań technologicznych niezbędnych np. w przemyśle tworzyw sztucznych i praktycznie we wszelkich innych gałęziach gospodarki.

Nowoczesna gama produktów stała się fundamentem do konkurencji wśród wykonawców kompletnych instalacji chłodniczych obejmujących projekt, wykonanie, uruchomienie i, co istotne, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny. Serwis jest bezdyskusyjnie ważnym elementem całej strategii przedsiębiorstwa w realizacji celów głównych kierunków aktywności firmy. Każda szanująca się firma oferująca kompleksowe rozwiązania chłodnicze bez solidnego zaplecza serwisowego nie ma racji bytu, dlatego COOL dba o jego rozwój.

Dział serwisu przynosi korzyści na skutek działań w kilku obszarach: bezpieczeństwo działania instalacji i urządzeń u klienta poprzez zapewnienie profesjonalnego uruchomienia, prowadzenie serwisu gwarancyjnego i pogwarancyjnego, ocena produktów własnych, wnioski modyfikacyjne, pozyskiwanie kolejnych klientów i zamówień dzięki cyklicznym kontaktom z klientami i wstępowanie się w ich potrzeby.

W firmie prowadzi się konsultacje wewnętrzne, w których głos serwisu ma duże znaczenie. Dzięki naszym serwisantom wprowadzono wiele mniejszych i większych zmian przekładających się na poprawę jakości oraz funkcjonalności. Poniżej wymienionych jest tylko kilka działań:

- poprawa jakości poprzez nowe procedury od etapu zamówienia komponentów, przyjęcie towaru, poprawę procesów produkcji i kontroli jakości;
- modernizacja fabrycznych stanowisk testowych;
- optymalizacja projektów szaf elektrycznych;
- poprawa selekcji komponentów;
- poprawa i uzupełnienie dokumentacji technicznej;
- szereg innych drobnych innowacji.

Wspólnym wysiłkiem wszystkich działów, z handlowym włączeniem, opracowano i zdecydowano się na wprowadzenie od roku 2019 opcji NET Pakiet w ramach wyposażenia seryjnego chillerów. Dotyczy to urządzeń AQUACOOL i AQUACOOL GREEN (R290)



wyposażonych w sterowniki MCX marki Danfoss. NET Pakiet to moduł monitoringu bezprzewodowego wykorzystującego technologię GSM, który okazał się strzałem w dziesiątkę. NET Pakiet wymaga zastosowania karty SIM operatora telefonii komórkowej, z którym PPH COOL zawiera umowę i ponosi koszty użytkowania przez okres gwarancji. Pakiet znacznie poprawia funkcjonalność urządzeń i podnosi skuteczność i szybkość działania serwisu, daje możliwość właściwego przygotowania się do naprawy w przypadku konieczności przyjazdu na miejsce pracy urządzenia. Opcja ta zapewnia zdalną kontrolę nad urządzeniem również użytkownikowi, który ma dostęp do podstawowych parametrów pracy oraz otrzymuje komunikaty o ewentualnych stanach awaryjnych. NET Pakiet przynosi również oszczędności na skutek ograniczeń wyjazdów nieuzasadnionych serwisu, ponadto umożliwia:

- szybką diagnozę;
- korektę przypadkowych błędów ustawień wykonanych przez klienta;
- dostęp do historii alarmów i możliwość analizy przyczyn ewentualnych awarii;
- zaplanowanie działań prewencyjnych na skutek obserwacji parametrów roboczych (np. konserwacja, czyszczenie skraplaczy itp.);
- optymalizację ustawień;
- reset i przywrócenie do pracy urządzenia po zatrzymaniu na skutek zdarzeń niekrytycznych.

Opisany przykład opisuje podejście firmy obliczone na zadowolenie klienta od początku realizacji inwestycji po późniejszą eksploatację zamontowanego systemu.

PPH COOL
ul. Lipowa 10, 05-123 Chotomów
www.cool.pl

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.

Zapraszamy na targi **PLASTPOL**,
Hala A, Stoisko 115.



POLON-IZOT

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

www.polonizot.pl

REKLAMA



ANGPOL
Labtech

AL KEN 21/50, 02-797 Warszawa, tel. 604 411 807
angpol@interia.pl, www.angpol.pl

LABORATORYJNE urządzenia i linie do przetwarzania tworzyw sztucznych, gumy, materiałów biodegradowalnych ze szwedzko-tajlandzkiej firmy „LABTECH ENGINEERING”

Oferta naszych urządzeń lub kompletnych linii laboratoryjnych obejmuje m.in.:

- 1-ślirkowe wylączarki z $L/D = 30:1$, od 12,5 mm średnicy ślirka do 60 mm, każda może mieć regulację wysokości wylączania. Mamy kompletne linie do wylączania filamentu 3D.
- 2-ślirkowe współbieżne wylączarki o średnicy ślirków (segmentowane) od 12 mm do 36 mm, z dzielonym w poziomie cylindrem, składającym się z wymiennych modułów o długości 4D.
- Linie wielowarstwowe do rozdmuchu i wylewania folii, w tym stołowe Mikro linie.
- 2-walczarki z rolowaniem bez użycia rąk.
- Prasy hydrauliczne o nacisku 20T - 80T, mieszalniki i inne.





tworzywa.pl

NIE MA ŚWIATA
BEZ TWORZYW



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

Targi PLASTPOL'23
ZAPRASZAMY!
Hall D, Stand D-63

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 napelniania worków Big - Bag, oktabin, kontenerów oraz beczek
- Budowa maszyn i urządzeń specjalnych



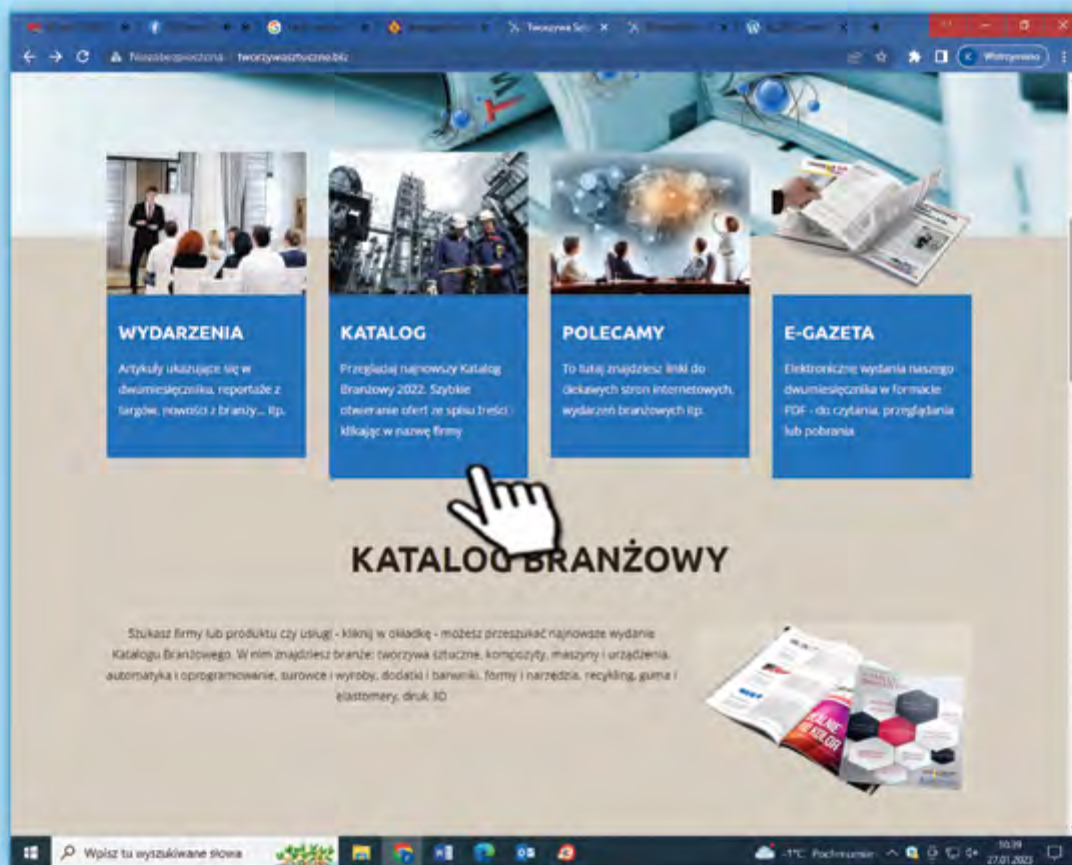
Obsługa Klienta i części zamienne Zakład produkcyjny

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



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

DOSTĘPNA JEST NOWA EDYCJA KATALOGU „TWORZYWA SZTUCZNE W PRZEMYSŁE”



Katalog dostępny jest w formie elektronicznej na naszej stronie internetowej www.tworzywasztuczne.biz w zakładce katalog oraz w formie drukowanej.

2023

KATALOG BRANŻOWY

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

*Zapraszamy na targi PLASTPOL,
Hala A, Stoisko 157.*

**3 LATA
PEŁNEJ
GWARANCJI!!!**



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

SPRZEDAŻ WYNAJEM SERWIS

PRZEMYSŁOWE CHILLERY KOMPAKTOWE TAE EVO TECH FIRMY MTA SPA

AUTORYZOWANY DYSTRYBUTOR I SERWIS

FABRYCZNY/AUTORYZOWANY SERWIS FIRMY MTA W POLSCE.



COLD **TEAM**
TECHNICZNA OBSŁUGA CHŁODNICTWA

Specjalność firmy El-term



KRÓTKA HISTORIA

Od 2002 roku projektujemy, produkujemy, dostarczamy maszyny, podzespoły automatyki i mechaniki maszyn, systemy sterowań i napędu maszyn.

Od 2008 przetwarzamy tworzywa sztuczne metodą rozdmuchu.

Od 2012 produkujemy formy rozdmuchowe.

PRZEGLĄD OFERTY

Produkcja maszyn: wyłaczarek, wytłaczarko-butelczarek z dolnym i górnym rozdmuchem i osprzętu.

Produkcja narzędzi: form rozdmuchowych, automatycznych stacji gradujących.

Produkcja: szaf i pulpitów sterowniczych, grzałek opaskowych. Projektowanie systemów sterowania maszyn do PTS.

Projektowanie i instalowanie napędów maszyn, sprzedaż przekładni, reduktorów, osprzętu do napędu maszyn.

Projektowanie i sprzedaż układów pneumatyki, elektrozaworów, siłowników, osprzętu.

Sprzedaż: falowników, czujników, regulatorów temperatury, osprzętu elektrycznego i elektroenergetycznego.

Przetwórstwo tworzyw sztucznych: produkcja na własnych formach oraz produkcja usługowa.

Produkcja tub do zniczy z PP.

Od kilku lat specjalizujemy się w produkcji maszyn obsługujących formy rozdmuchowe dwustopniowe, umożliwiające produkcję wyrobów z zamkniętym pod ciśnieniem powietrzem, takich jak **piłeczki do suchych basenów**.



Dostarczamy kompletne linie produkcyjne wyposażone w formy 4-, 6-, 8-krotne. Podczas produkcji następuje oddzielenie gotowych piłeczek od ramek.

MASZYNY SERII WB-45-GR-1W-A

W pełni automatyczna wytłaczarko-butelczarka.

- średnica ślimaka ϕ 45 – 28 L/D;
- napęd główny 7,5 kW sterowany falownikiem vectorowym;
- napędy imadła – pneumatyczne;
- wyciskanie piłek – pneumatyczne;
- sterowanie pracą imadła: sterownik PLC Mitsubishi Electric oraz dotykowy panel operatorski;
- pobór energii (samej maszyny) – około 9 do 10 kW na godzinę;
- **wydajność formy: 6-gniazdowa, piłeczki ϕ 70, waga 8 g, 1200 do 1400 szt. na godzinę.**

PIŁECZKI ϕ 60 – FORMA 8-KROTNA

Maszyny produkujemy w konfiguracji prawo- lub lewostronnej.

WYDAJNOŚĆ

Forma 8 gniazd, piłeczki ϕ 60 – waga około 6–7 g, 1600 do 1700 szt. na godzinę.

Zapraszamy na nasz kanał na YouTube El-term Kraków, znajdują się tam filmy pokazujące maszyny podczas produkcji.

Zapraszamy do współpracy.



PPHU El-term Piotr Łukasiewicz

ul. Torowa 3R, 30-435 Kraków

tel. 607 561 644

el-term@el-term.pl, www.el-term.pl

www.pilkibasenowe.pl, e-mail: sklep@pilkibasenowe.pl



**DO: FOLII BEZTULEJOWEJ, TULEJOWEJ
STRETCH ORAZ PRE-STRETCH**

KRAM PBT PRS COMBO

W pełni automatyczna przewijarka, w której wykorzystano innowacyjny system nawijania beztulejowego pozwalający na eliminację zbędnych odpadów takich jak tulejki kartonowe. Technologie zastosowane w procesie przewijania folii beztulejowej zostały zgłoszone do urzędu patentowego.

CECHY I ZALETY URZĄDZENIA:

- łatwy i przyjazny system zakładania jumbo;
- kontrola naciągu z poziomu panelu sterowania
- układ składania brzegów zarówno dla folii prestretch jak i tradycyjnej;

- możliwość uzyskania folii pre-stretch tulejowej jak i beztulejowej;
- rozcinięcie - mini wrapy beztulejowe;
- redukcja kosztów utylizacji tulejek kartonowych;
- zwiększenie miejsca w magazynie (mniejsza ilość palet).

DO: MINI ROLEK, MINI WRAPÓW I „GRANATÓW”

KRAM PSTG

W urządzeniu zastosowano układ nawijania dwupoziomowego pozwalającego pozycjonować nawój względem różnych długości tulejek.

CECHY I ZALETY URZĄDZENIA:

- automatyczny pobór oraz wymiana tulejek papierowych;
- pełna kontrola prędkości przewijania;
- możliwość zmiany czasu przyspieszenia i hamowania;
- rozcinięcie mini wrapów, mini-stretch oraz tzw „granatów”;
- kontrola naciągu z poziomu panelu sterowania.



KRAM FC
ul. Słoneczna 3C
82-440 Dzierżoń



tel. +48 55 625 53 23
e-mail: info@kramfc.com
www.kramfc.com

Przekładnie ROSSI – sprawdzone rozwiązania do napędu wyłaczarek



Sercem każdej wyłaczarki 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 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 wyłaczarkach (Seria GX).

W stosunku do wyrobów konkurencji, przekładnie wyłaczarkowe 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.

Katalog obejmuje ponadto szereg dodatkowych opcji: jak np. możliwość wyjmowania ślimaka wyłaczarki poprzez wyjście przekładni, czujniki do kontroli temperatury oleju i stanu łożysk, specjalne opcje wyjścia, specjalne powłoki lakiernicze, 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 wyłaczarek, ponieważ znacząco ogranicza gabaryty i zwiększa funkcjonalność całej maszyny.

Dużym ułatwieniem dla producentów wyłaczarek oraz użytkowników układów plastyfikujących jest pełna elastyczność Rossi, w kwestii sposobu wykonania oraz wymiarowania tulei podpory ślimaka: różne średnice i głębokości tulei zdawczej, wykonanie



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



Rys. 2. Uniwersalny korpus umożliwia łatwą instalację napędu w dowolnej pozycji montażowej

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 brać pod uwagę szereg istotnych parametrów technicznych: m.in. obciążenia mechaniczne napędu (moc przenoszona), obciążenia łożyska oporowego (ciśnienie na ślimaku i generowane przez nie siły), moc termiczną, sprawdzaną zarówno dla przekładni, jak i podpory itp.

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



CORONA

Innovation, Experience, Knowledge

JESTEŚMY NA TARGACH PLASTPOL

STANOWISKO: A-55

POMPY MASY MAAG

Niezawodne pompy zębate
do procesów wytłaczania



GRANULATORY MAAG

Do produkcji peletu
najwyższej jakości



ZMIENIACZE SIT MAAG

Eliminują zanieczyszczenia
w polimerze



PULWERYZATORY MAAG

Do rozdrabniania materiału
na proszek



MASTERBATCHE IKV

Dodatek do tworzyw
nadający różne właściwości

DYSZE PRZĘDZALNICZE

Do formowania włókien
sztucznych i syntetycznych



WYTŁACZARKI I CZĘŚCI WYMIENNE

Do przetwarzania materiałów



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



Magazyny silosowe do tworzyw sztucznych

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

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

Agremo oferuje także rozwiązania dotyczące transportu surowców. Tradycyjnie mogą być one złożone z urządzeń mechanicznych – jak podnośniki kubetkowe, przenośniki łańcuchowe, taśmowe czy ślimakowe. Inną opcją jest technologia transportu pneumatycznego realizowana w oparciu o agregaty dmuchawowe Roots'a, odpowiednio dobrane zasowy, 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 syste-



my 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

Darmowe chłodzenie, czyli free-cooling*



Przemysłowe instalacje chłodnicze, które pracują przy stałych obciążeniach roboczych oraz wysokich temperaturach cieczy procesowej (woda o temp. 7°C lub wyższej) są idealne do zastosowania free-cooling. W układzie free-cooling chłodne powietrze zewnętrzne może być wykorzystywane jako źródło „darmowego” chłodu, pozwalającego zastąpić energię elektryczną zużywaną do napędu sprężarek.

TYPY FREE-COOLINGU

Możliwe są następujące rodzaje free-cooling:

PEŁNY: temperatura powietrza zewnętrznego pozwala na zaspokojenie całego zapotrzebowania chłodniczego. Cała wydajność chłodnicza jest zapewniana wyłącznie przez powietrze zewnętrzne, przepływające przez wymiennik free-cooling, przy wyłączonym układzie sprężarkowym tryb ten pozwala na uzyskiwanie maksymalnych oszczędności energii.

CZĘŚCIOWY: gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest niższa niż temperatura wody na powrocie z instalacji, lecz niewystarczająca do osiągnięcia pełnej wydajności agregatu, realizowany jest free-cooling częściowy. Część wydajności chłodniczej jest dostarczana przez powietrze zewnętrzne, a pozostała część przez układ sprężarkowy, z zastosowaniem zoptymalizowanego algorytmu zarządzania zasobami. W tym przypadku realizowana jest równoległa praca obu układów chłodniczych.

ROZWIĄZANIA FIRMY HITEMA

Układ free-cooling stosowany przez Hitema International pracuje w trybie częściowym lub pełnym w zależności od temperatury otoczenia i temperatury wody lodowej. Układ ten pozwala na maksymalne wykorzystanie niskich temperatur panujących w miesiącach zimowych, ale także oferuje istotne korzyści w zakresie oszczędności energii nawet w okresach przejściowych, takich jak jesień czy wiosna. Układ jest zintegrowany w konstrukcję agregatu wody lodowej, a system sterowania na podstawie temperatury zewnętrznej i zaprogramowanej logiki działania, au-



tomatycznie decyduje, czy agregat pracuje tylko w trybie sprężarkowym czy z częściowym lub pełnym free-coolingiem.

Darmowe chłodzenie wody może być realizowane we wszystkich porach roku, zarówno z załączonymi sprężarkami obiegu chłodniczego (częściowy free-cooling), jak i przy całkowicie wyłączonych sprężarkach (pełny free-cooling).

Praca w trybie częściowego free-cooling jest możliwa dzięki rozdzieleniu obiegu chłodniczego agregatu i układu free-cooling, które wyposażone są w osobne wentylatory.

W trybie częściowego free-cooling układ rozpoczyna pracę, gdy temperatura zewnętrzna jest o 3,6 do 4°C niższa od temperatury cieczy na powrocie z instalacji. Woda poprzez zawór trójdrogowy jest kierowana najpierw do wymiennika free-cooling, a następnie do obiegu chłodniczego agregatu. Sterownik automatycznie zmniejsza obciążenie sprężarek poprzez redukcję wydajności obiegu chłodniczego agregatu za pomocą zaworu 3-drogowego (lub dwóch zaworów 2-drogowych), który steruje kierunkiem przepływu wody dolotowej. W miesiącach jesienno-wiosennych układ free-cooling działa jak urządzenie wstępnie schładzające wodę i pozwala znacznie zmniejszyć moc pobieraną przez sprężarki, a tym samym zużycie energii przez agregat.

W przypadku, gdy temperatura zewnętrzna spadnie do bardzo niskiego poziomu, zawór 3-drogowy (lub dwa zawory 2-drogowe) otwiera się i przekierowuje część przepływu cieczy roboczej, mieszając go z cieczą opuszczającą wymiennik, przy zachowaniu dokładnej regulacji temperatury cieczy na wylocie.

Jeśli chcą Państwo zmniejszyć rachunki za zużycie energii elektrycznej zużywanej na wodne systemy chłodzenia, zachęcamy do kontaktu z oddziałem lub Menedżerem Produktu Chillery: Roger Małecki (tel. +48 663 800 500, roger.malecki@schiessl.pl).

SCHIESSL POLSKA Sp. z o.o.

ul. Karczunkowska 46, 02-871 Warszawa

tel. +48 22 750 42 90, tel. +48 22 750 42 94/95

schiessl@schiessl.pl

*Darmowe chłodzenie jest bezpośrednim tłumaczeniem angielskiego FREE-COOLING. W rzeczywistości systemy free-cooling przynoszą znaczące oszczędności energii.



DARMOWE CHŁODZENIE

CZYLI **FREE-COOLING**

Skuteczny sposób na obniżenie rachunków
za zużycie energii elektrycznej w wodnych
systemach chłodzenia

Bez odpowiedniej wiedzy drukarka 3D będzie bezużyteczna w przemyśle

Maciej Cader

Od kilku lat na świecie coraz bardziej zauważalny jest dynamiczny rozwój techniki wytwarzania przyrostowego (*Additive Manufacturing* – AM) pospolicie zwanej drukiem 3D (*3D Printing*). To sprawia, że technika druku 3D staje się coraz poważniejszą alternatywą dla wszelakich konwencjonalnych technologii wytwarzania. Druk 3D jest w coraz większym procencie używany do coraz bardziej wymagających zadań i aplikacji przemysłowych, takich jak chociażby produkcja funkcjonalnych części maszyn i narzędzi, całych złożeń elementów mechanicznych i elektronicznych oraz poważnych konstrukcji nośnych. Druk 3D stał się nieocenionym narzędziem w obszarze utrzymania ruchu i współczesnej – coraz bardziej elastycznej i skalowalnej – produkcji. Jednak prawdziwą rewolucję nie tyle rozpoczęły same drukarki 3D, co ludzie posiadający odpowiednią wiedzę, którzy zaczęli umiejętnie wykorzystywać potencjał druku 3D i wdrażać go do aplikacji przemysłowych.

NAJPIERW UPORZĄDKUJMY TEN CHAOS NA RYNKU

Zasadniczą różnicą pomiędzy techniką druku 3D a techniką obróbki skrawaniem jest sposób wytwarzania obiektu. W pierwszej technice obiekt powstaje warstwa po warstwie w wyniku nakładania materiału na stół roboczy maszyny lub lokalnej obróbki warstwowo dozowanego materiału na stole roboczym maszyny, w tej drugiej natomiast obiekt powstaje w wyniku skrawania tak zwanej przygotówki odpowiednimi narzędziami, w celu uzyskania docelowego kształtu. Obecnie w ramach techniki druku 3D możemy dokonać podziału na trzy grupy technologii w zależności od materiałów stosowanych do wytwarzania obiektów: technologie polimerowe i żywiczne, technologie metali i stopów metali oraz inne (np. kompozyty, wosk). W ramach tego podziału aktualnie wyróżniamy 19 podstawowych technologii budowania obiektów, spośród których najpopularniejsza jest technologia FDM (*Fused Deposition Modeling*), która dominuje przede wszystkim w grupie technologii polimerowych i żywicznych. Ponadto należy pamiętać, że zgodnie z wytycznymi Amerykańskiego Narodowego Instytutu Normalizacyjnego (ANSI) pojęcie druk 3D (drukowanie 3D) dotyczy tylko i wyłącznie technologii i maszyn, które są związane z produkcją warstwa po warstwie poprzez nakładanie materiału na stół roboczy maszyny. Natomiast technologie przyrostowe (wytwarzanie przyrostowe/addytywne) to pojęcie związane ze wszystkimi technologiami, dzięki którym budowanie zachodzi poprzez łączenie lub obróbkę materiału znajdującego się bezpośrednio na stole modelowym maszyny. A zatem o każdej technologii związanej z budowaniem obiektów warstwowo możemy powiedzieć, że jest technologią addytywnego wytwarzania (*Additive Manufacturing* – AM), ale już nie każda może być nazwana technologią druku 3D.

MASZYNA DO ADDYTYWNEGO WYTWARZANIA TO TYLKO NARZĘDZIE W RĘKACH SPECJALISTY

Wdrożenie techniki druku 3D do praktyki przemysłowej to bez wątpienia przełom w obszarze wytwarzania dóbr. Niestety od samego początku zbyt frywolnie prowadzono działalność marketingową i promocyjną tej techniki. Ludzie przyzwyczaili się do

W POŁĄCZENIU Z ODPOWIEDNIĄ WIEDZĄ
TECHNOLOGIE ADDYTYWNE TO MNIEJSZE KOSZTY
WYTWARZANIA CZĘŚCI MASZYN LUB UTRZYMANIA
LINII PRODUKCYJNYCH,
PRZY JEDNOCZESNYM ZACHOWANIU ZAŁOŻONYCH
FUNKCJONALNOŚCI. TO REDUKCJA KOSZTÓW
PRZESTOJU I POPRAWA EFEKTYWNOŚCI PRODUKCJI
MINIMALNYM KOSZTEM.

mitu, że drukarka może wytworzyć wszystko, proces tworzenia jest niemalże bezobsługowy, a sama technika miała rewolucyjnie trafić pod strzechy w postaci niskobudżetowych maszyn – ogólnie nazwanych RepRap, czyli maszyn samoreplikujących, zdolnych do wytworzenia części, z których same są zbudowane – oraz uniwersalnych i dla każdego. Szybko jednak okazało się, że jest inaczej. Choć faktycznie technika druku 3D bez wątpienia zwojowała cały świat, pojawiły się portale i fora internetowe ukierunkowane na porady techniczne i udostępnianie modeli 3D do produkcji, to jednak mimo wszystko technika addytywna traktowana jest jeszcze z pewną dozą dystansu, a ludzi zawiedzionych tą techniką wcale nie ubywa. O co zatem chodzi?

Przede wszystkim chodzi o to, że maszyna do addytywnego wytwarzania to narzędzie jak każde inne. A każde narzędzie trzeba umieć odpowiednio obsłużyć i nie chodzi tu bynajmniej o to, czy przysłowiowym zielonym przyciskiem włącza się wydruk, a czerwonym wyłącza maszynę. Chodzi o coś znacznie innego – o wiedzę o parametrach i zjawiskach fizycznych związanych z procesem addytywnego wytwarzania, jego następstwach i konsekwencjach dla budowanego obiektu. Chodzi także o wiedzę o własnościach wykorzystywanych materiałów oraz wiedzę o sposobie efektywnego projektowania obiektów trójwymiarowych, ukierunkowaną na technikę addytywną. Dopiero ta wiedza oraz wiedza o specyfice technologii addytywnych, w połączeniu z wymaganiami aplikacji – tj. fizycznymi, chemicznymi, wytrzymałościowymi – wymaganiami dla obiektu wytwarzanego przyrostowo da porządną efekt, aby wyproduk-



Rys. 1a. Korpus aluminiowy montowany w maszynie - przykładowa część bazowa



Rys. 1b. Korpus aluminiowy po optymalizacji ukierunkowanej na produkcję przy wykorzystaniu obróbki ubytkowej

wany obiekt (część) w pełni spełniał swoje funkcje. Maszyna do addytywnego wytwarzania (drukarka 3D) jest jedynie końcowym efektem dla całego procesu odpowiedniego przygotowania obiektu. A nieświadomy zjawisk fizycznych operator może zupełnie niechcący spowodować więcej szkód niż pożytku, pomimo że wizualnie obiekt wytworzony będzie dokładnie przypominał ten, który chciano uzyskać!

W miarę jak technika druku 3D zaczęła zalewać rynek i pojawiały się w stosunku do niej coraz to większe wymagania, wyrastające jak grzyby po deszczu punkty usługowe zaczęły bój z fizyką. Okazywało się, że technika addytywna jest wrażliwa na stabilizację warunków procesu (tj. odpowiednia temperatura, wilgotność). Coraz więcej użytkowników zaczęło stykać się z delaminacją – tj. rozwarstwianiem – wytwarzanych obiektów, niedokreśloną wytrzymałością, relatywnie niską jakością powierzchni (na której m.in. pojawiały się mikro karby), skurczem materiału, problematyką doboru odpowiednich geometrii wewnątrz drukowanego obiektu (np. kratowa, żeberkowa itp.) lub struktury, tak aby zmniejszyć jego masę, ale nie spowodować gwałtownego spadku jego wytrzymałości. Pojawiła się konieczność monitorowania i zapewnienia izotropii (tj. jednorodności wewnętrznej) wytwarzanego obiektu. Wreszcie oprócz wątków mechanicznych i fizykochemicznych równie mocno stawiano na wątek ekonomiczny – druk 3D ma się po prostu opłacać, ma zredukować koszty produkcji, czas przestoju, czas oczekiwania na dostawę części zamiennych. Przemysł bardzo szybko podchwycił rzucane marketingowo hasła i w następstwie stawiał coraz to większe wymagania, a branża technologii addytywnych stawiała coraz to więcej pytań naukowcom. Szybko zorientowano się, że bez odpowiedniej wiedzy maszyna addytywna (drukarka 3D) jest bezużyteczna, a luźno rzucane hasła w spektakularnych kampaniach reklamowych dotyczące totalnej dowolności tworzenia i projektowania obiektów, bezobsługowych procesów wytwarzania i drukarki 3D dla każdego okazały się mocno przesadzone, żeby nie powiedzieć nieprawdziwe.

W połączeniu z odpowiednią wiedzą technologie addytywne to mniejsze koszty wytwarzania części maszyn lub utrzymania linii produkcyjnych, przy jednoczesnym zachowaniu założonych funkcjonalności. To redukcja kosztów przestoju i poprawa efektywności produkcji minimalnym kosztem.

Obecnie technika addytywna przynosi mierzalne efekty i korzyści dla aplikacji przemysłowych tylko wtedy, kiedy jest w rękach specjalistów oswojonych z poruszonymi wcześniej zagadnieniami oraz posiadających ekspercką wiedzę w tym obszarze. Jed-

Z FAKTU, ŻE OBIEKTY DRUKOWANE WIZUALNIE WYGLĄDAJĄ DOKŁADNIE TAK JAK ZAKŁADANO W PROJEKCIE, NIE WYNIKA, ŻE ZACHOWUJĄ ONE ZAŁOŻONE FUNKCJONALNOŚCI PLANOWANE NA ETAPIE PROJEKTU.

ABY DRUK 3D STAŁ SIĘ PRAWDZIWYM NARZĘDZIEM DO PRODUKCJI FUNKCJONALNYCH CZĘŚCI, TRZEBA DO TEGO WIEDZY ZNACZNIE WYKRACZAJĄCEJ PONAD UMIEJĘTNOŚCI I DOŚWIADCZENIE W OBSŁUDZE DRUKARKI I JEJ OPROGRAMOWANIA.

nym z przykładów takiej reprezentatywnej jednostki w Polsce jest Łukasiewicz – Instytut PIAP. W instytucie od ponad dekady specjaliści wykorzystują technikę addytywną do produkcji nowoczesnych części maszyn. Swoją wiedzę łączą z możliwościami programów komputerowych wykorzystujących metody numeryczne do optymalizacji konstrukcji – m.in. w celu redukcji kosztów wytwarzania. Jedną z ciekawszych możliwości takiego oprogramowania jest funkcja tak zwanej analizy topologicznej dla obciążonych części – tj. z pełnym odwzorowaniem charakteru ich pracy w rzeczywistości. Pokróćce analiza topologiczna polega na automatycznym zidentyfikowaniu takich obszarów w badanej części, które pod wpływem przyłożonych obciążeń, pól temperatur (generalizując – warunków brzegowych) nie wykazują żadnych wewnętrznych reakcji na te przyłożone obciążenia. Na tej podstawie identyfikowany jest zbędny materiał badanej części, który oprogramowanie kwalifikuje do usunięcia. W połączeniu z techniką druku 3D rozwijane są zatem dość intensywnie zagadnienia optymalizacyjne zarówno w kwestii analizy topologicznej, jak i optymalizacji parametrycznej dla konstrukcji części maszyn. To powoduje, że drukarka 3D jest w stanie dostarczyć część o znacznie zredukowanej masie (czyt. mniejsze zużycie materiałów) w krótszym czasie. To wszystko przy jednoczesnym zachowaniu pełnej funkcjonalności takiej części. Przyjrzyjmy się zatem reprezentatywnemu przykładowi projektowania na podstawie pełnej wiedzy eksperckiej i przy użyciu nowoczesnych narzędzi. Na zdjęciu nr 1 przedstawiono korpus aluminiowy – część nośną, która jest montowana obecnie w jednej z maszyn. Po lewej stronie (zdj. 1a) widoczna jest część bazowa, to znaczy zaprojektowana przez konstruktora z przeznaczeniem do wytwarzania techniką obróbki ubytkowej ▶

Tabela 1. Tabela korzyści/oszczędności z tytułu wykorzystania różnych metod produkcji i optymalizacji

	TECHNIKA WYTWARZANIA	MASA	REDUKCJA MASY CZĘŚCI LICZONA WZGLĘDEM CZĘŚCI BAZOWEJ
Część bazowa (1)	Obróbka skrawaniem	500 g	--
Część po optymalizacji parametrycznej (2)	Obróbka skrawaniem	370 g	26%
Część po optymalizacji topologicznej (3)	Wytwarzanie przyrostowe	340 g	32%



Rys. 2. Korpus aluminiowy po optymalizacji ukierunkowanej na produkcję przy wykorzystaniu techniki addytywnej

wykorzystaniu obróbki ubytkowej. Ta część zachowuje wszystkie funkcjonalności i wytrzymałość części bazowej. Natomiast na zdjęciu nr 2 widoczna jest ta sama część, tyle tylko, że zoptymalizowana w kierunku możliwości produkcji przy wykorzystaniu technologii przyrostowej z metalu. Oczywiście ta część również zachowuje wszystkie funkcjonalności i wytrzymałość części bazowej! Najlepszym podsumowaniem wszystkich tych operacji będzie tabela korzyści (tab. 1).

Ten reprezentatywny przykład pokazuje jednoznacznie mierzalną korzyść z tytułu wykorzystania wiedzy w zakresie optymalizacji konstrukcji, możliwości techniki addytywnej oraz drukarki 3D jako narzędzia. Wskazany procent redukcji masy ma bezpośrednie przełożenie na redukcję kosztów wytwarzania i czasu produkcji – czyli realne oszczędności przy jednoczesnym zachowaniu skalowalnego wolumenu produkcyjnego i pełnej funkcjonalności części.

(frezowanie). Z prawej strony (zdz. 1b) przedstawiono geometrię tej samej części, tyle tylko, że poddanej optymalizacji parametrycznej, ale ukierunkowanej również na produkcję przy

dr inż. Maciej Cader

Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP

INFORMACJA PRASOWA

Nasze serce bije dla Twojej formy

Współpracując z firmą Meusburger, czerpią Państwo korzyści z zastosowania wysoce precyzyjnych części montażowych dopasowanych do potrzeb każdego projektu. W ramach najnowszej kampanii firmy, jako producenta części znormalizowanych, można uzyskać informacje na temat jej produktów związanych z przestrzenią gniazda formy wtryskowej oraz doskonale zorganizowanego doradztwa technicznego. Hasło przewodnie „Nasze serce bije dla Twojej formy” znalazło odzwierciedlenie w dwóch interesujących filmach reklamowych.

ELEMENTY ZABUDOWY PRZESTRZENI GNIAZDA FORMUJĄCEGO – RÓŻNORODNOŚĆ I FACHOWOŚĆ

Dzięki wieloletniemu doświadczeniu firmy Meusburger, znajdą Państwo w jej asortymencie odpowiedni produkt do każdego zastosowania. Standaryzacja produktów wpływa na wysoki poziom ich dostępności oraz realizacji zamówień, dzięki czemu oszczędzacie Państwo czas i koszty. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom klientów, firma oferuje dostęp do właściwych i najnowocześniejszych rozwiązań.

FACHOWE DORADZTWO DOTYCZĄCE OBSZARU GNIAZDA FORMUJĄCEGO - SERWIS I WSPARCIE TECHNICZNE

Wykwalifikowani specjaliści firmy Meusburger służą Państwu radą i fachową wiedzą w realizacji każdego projektu. Pomocne informacje dotyczące części montażowych znajdują Państwo również na jej stronie internetowej. Ponadto, liczne programy, konfiguratory oraz funkcje ułatwiające wybór produktów zapewniają Państwu wsparcie zarówno w sklepie internetowym, jak i w katalogu offline.

ELEMENTY ZABUDOWY GNIAZDA FORMUJĄCEGO

Bez względu na konstrukcję formy, czy chodzi o wypychacze, suwaki elementy wlewu czy datowniki, w ofercie firmy Meusburger znajdą Państwo zawsze produkt dopasowany do swoich potrzeb. Asortyment normaliów jest stale poszerzany, a wykwalifikowany personel jest zawsze do Państwa dyspozycji.

Wypychacze – W ofercie firmy Meusburger znaleźć można szeroki wybór wypychaczy jak np. wypychacz E 1770, do szybkiego i ukierunkowanego odpowietrzania gniazd formujących, dostępny również z powłoką DLC.

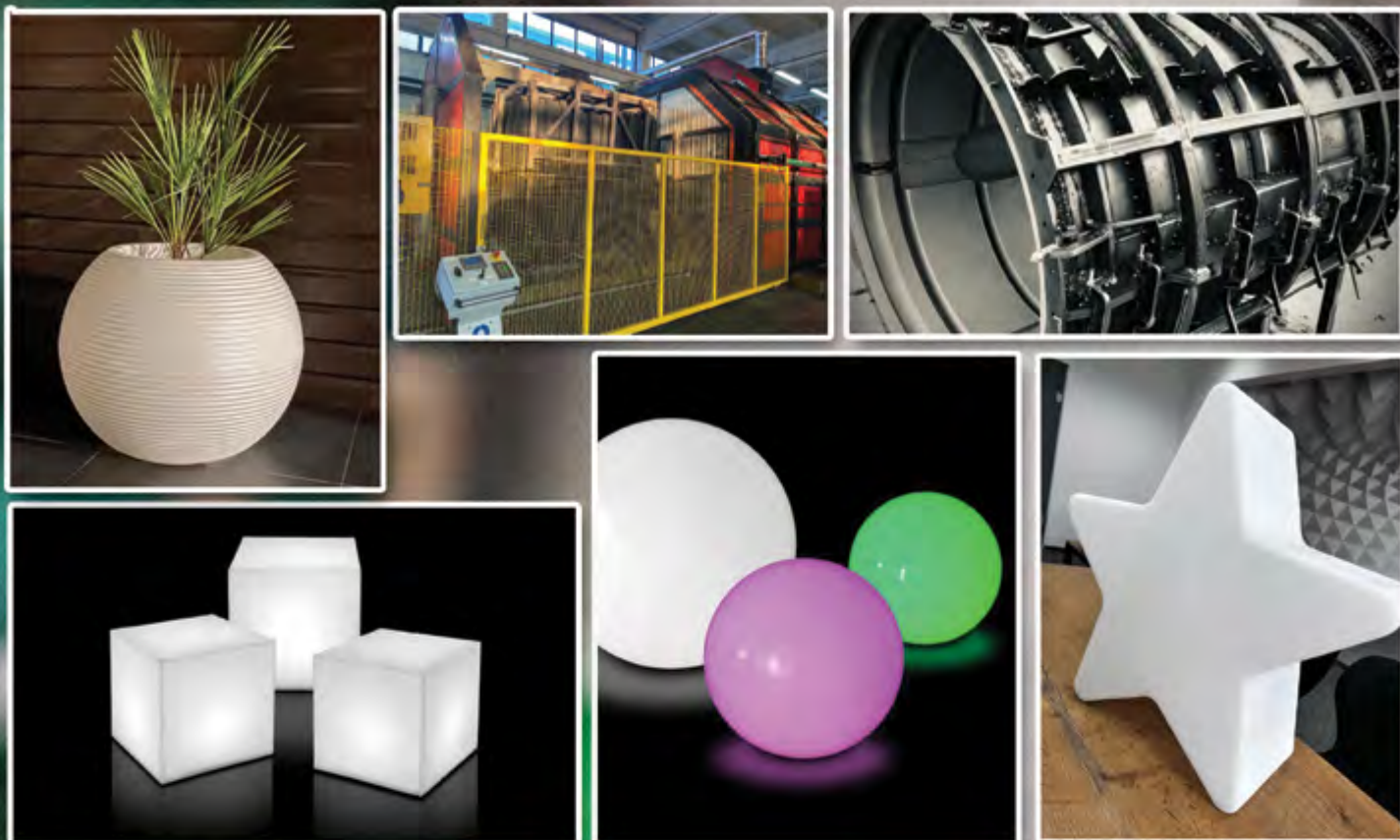
Suwaki – Precyzyjne suwaki o kompaktowej konstrukcji, pokryte powłoką DLC, są natychmiast gotowe do montażu, dzięki czemu idealnie nadają się do form wtryskowych. Na szczególną uwagę zasługuje chłodzony zespół suwaka E 3380, ze zintegrowanym chłodzeniem rdzenia.

Elementy wlewu – Oprócz sprawdzonych tulei wtryskowych Meusburger oferuje także szeroki wybór wkładek, tulejek wlewowych oraz tulejowych zabieraków wlewka.

Datowniki i znakowniki – Standardowy asortyment tego producenta normaliów obejmuje także szeroki wybór datowników i znakowników do indywidualnego znakowania elementów formowanych wtryskowo.

Czy i Twoje serce jest we właściwej formie? Zapraszamy na stronę internetową firmy Meusburger. Tam też można obejrzeć filmy dotyczące jej kampanii reklamowej: www.meusburger.com/gniazdo-formujace.

www.meusburger.com



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.



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

Obróbka skrawaniem wybranych modeli wytwarzanych z tworzyw polimerowych

Mariusz Oleksy, Małgorzata Zaborniak, Lesław Kotcz

W artykule przedstawiono problematykę obróbki skrawaniem wybranych materiałów polimerowych stosowanych we współczesnym przemyśle na przykładzie opracowanych modeli badawczych (płyty, koła zębatego oraz tulei). Części wytwarzane z dobrej jakości tworzyw sztucznych mają coraz większe znaczenie w produkcji maszyn i urządzeń. W publikacji dokonano analizy parametrów skrawania dla: frezowania, toczenia, wiercenia i przecinania.

Polimery współcześnie znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle maszynowym, motoryzacyjnym i lotniczym [1,2]. Celem pracy była analiza parametrów skrawania wybranych materiałów polimerowych: Pa6, Pa6 G, Pa6 MoS, Pa6 GSL, POM, polisulfon.

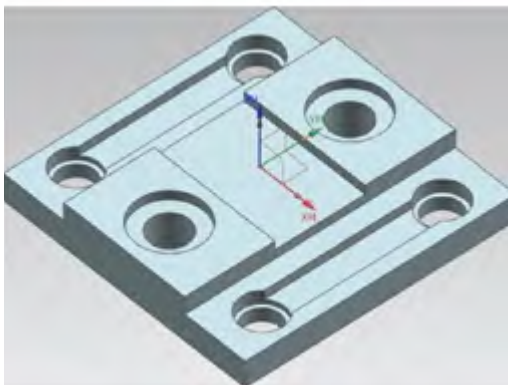
Pojawiają się coraz nowsze rozwiązania konstrukcyjne części maszyn z tworzyw sztucznych [3], ponieważ polimery doskona-

le poddają się obróbce mechanicznej, dzięki czemu tą metodą można wykonywać części stabilne pod względem kształtu, wymiarów i o określonej strukturze geometrycznej powierzchni. Różnica w obróbce metali i polimerów polega na doborze odpowiedniej geometrii narzędzia i parametrów skrawania.

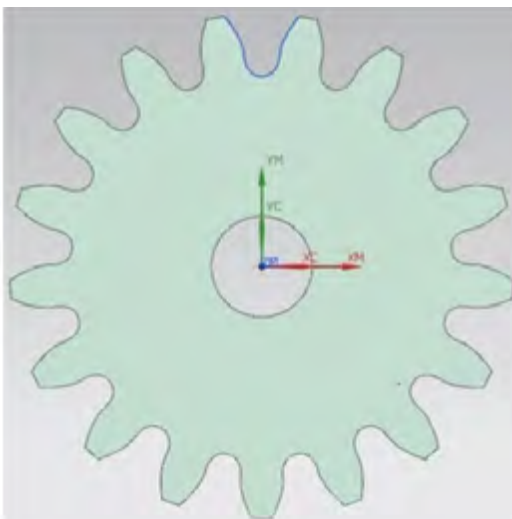
METODYKA OPTYMALIZACJI PROCESU SKRAWANIA MODELI Z TWORZYW POLIMEROWYCH

Analizy przeprowadzono na przykładzie płyty o wymiarach 60x60x10 [mm] z kieszenią otwartą i dwiema grupami otworów (rys.1). Obrobiono 16 sztuk płyt z poliamidu Pa6 i Pa6 MoS. Analizowano procesy na ośmiu modelach, w zależności od przyjętych zmiennych: obróbka zgrubna i wykańczająca, frezowanie współbieżne i przeciwbieżne, obróbka na sucho i z chłodzeniem. Zaproponowane modele miały zapewnić analizę odprowadzenia wióra w obróbce powierzchni zewnętrznych, jak i wewnętrznych oraz obróbkę otworów.

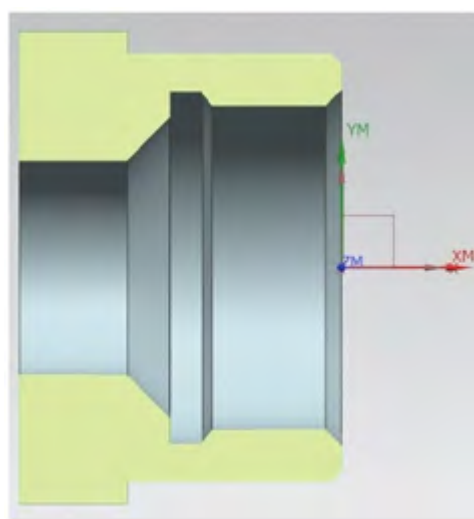
Drugim modelem badawczym było koło zębate o zębach prostych o zarysie ewolwentowym, o module $m = 4$, ilości zębów $z = 17$, średnicy wierzchołkowej $d_a = 76$ [mm] i szerokości wieńca $b = 10$ [mm] (rys. 2). Odrobiono 30 kół zębatach po 5 sztuk z sześciu wybranych materiałów Pa6, Pa6 G, Pa6 MoS, Pa6 GSL, POM, polisulfon.



Rys. 1. Model 3D-CAD płyty



Rys. 2. Model 3D-CAD koła zębatego



Rys. 3. Model 3D-CAD tulejki



INVESTMEN
PROFESJONALNA RELOKACJA MASZYN

RELOKACJA BUDOWA MASZYN I LINII PRODUKCYJNYCH ZEWNĘTRZNE UTRZYMANIE RUCHU AUTOMATYKA



INVESTMEN Sp. z o.o.

ul. Harcerska 16

63-000 Środa Wlkp.

www.investmen.com.pl

tel. 607 861 455

Do analizy toczenia zastosowano 5 sztuk tulei o średnicy 40 [mm] i długości $L=30$ [mm] z kołnierzem sześciokątnym S46 [mm] i długości 10 [mm] (rys.3).

CHARAKTERYSTYKA METOD, PARAMETRÓW, NARZĘDZI ORAZ MATERIAŁÓW ZASTOSOWANYCH W PROCESIE BADAWCZYM

Do obróbki zastosowano materiały: Pa6, Pa6G, Pa6MoS, Pa6GSL, POM, polisulfon, poliuretan. Analizowano cztery rodzaje obróbki: toczenie, frezowanie, wiercenie i przecinanie. Analizy przeprowadzono z zastosowaniem tokarki Sinumerik, frezarki Haas VF1 oraz uniwersalnej frezarki konwencjonalnej.

Obróbkę wykonano w dwóch wariantach na sucho i na mokro, w celu porównania czasów obróbki i jakości obróbki. Do frezowania zastosowano frezy dwuostrzowe ($z = 2$) walcowe VHM o średnicy 6 [mm] i 3 [mm].

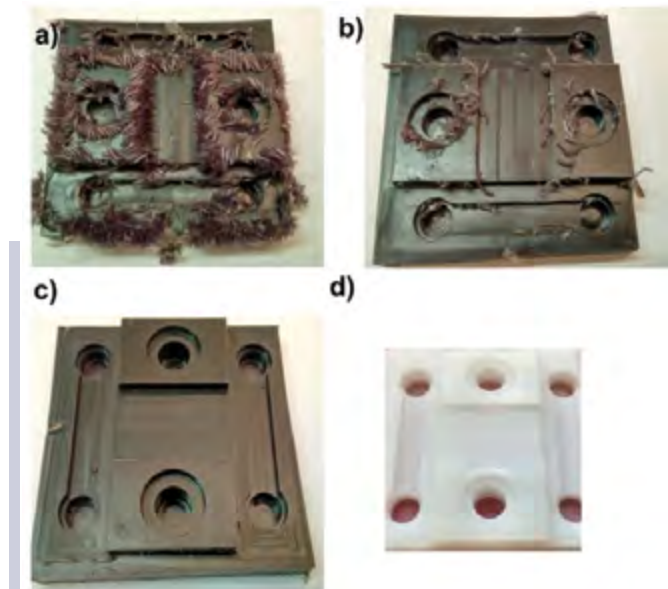
Obróbkę tokarską wykonano przy użyciu noża bocznego z płytką CCGT09T, przecinaka i wytaczaka z płytką DCGT090404. Wiercenie wykonano wiertłem o średnicy 16 [mm] z płytką SPGG 07T308, a przecinanie frezem piłkowym $\varnothing 100 \times 1,6/126$. Parametry skrawania dobrano na podstawie zaleceń producenta materiałów i narzędzi (tabela 1) [4,5].

Przy opracowaniu procesu technologicznego i programowaniu maszyn CNC w systemie CAM danymi wejściowymi, poza metodami obróbki [5], były m.in. sposób mocowania, dobór chłodzenia, narzędzie, dobór noży, frezów, wiertła oraz parametry skrawania.

ANALIZA PROCESÓW SKRAWANIA

Analizę procesu frezowania oraz dobór parametrów procesu przeprowadzono przy frezowaniu płyty oraz koła zębatego.

Płyta została wykonana z materiałów poliamid Pa6 G i Pa6 MoS2. Do obróbki zastosowano frezy VHM. Obróbkę przeprowadzono w wariantach:



Rys. 4. a) Obróbka współbieżna zgrubna b) Obróbka współbieżna wykańczająca c) Obróbka zgrubna d) Obróbka wykańczająca

- obróbka na sucho i z chłodzeniem;
- frezowanie współbieżne i przeciwbieżne;
- obróbka zgrubna i wykańczająca.

Obróbkę kół zębatych wykonano dla materiałów: Pa6, Pa6G, Pa6MoS, Pa6GSL, POM, polisulfon, poliuretan

Obróbkę i dobór parametrów przy toczeniu analizowano podczas obróbki tulejki z materiału Pa6G. Obróbkę przeprowadzono na sucho i na mokro. Zbadano zależność odprowadzania wióra w zależności od szybkości skrawania, głębokości skrawania i posuwu. W tulejce wywiercono otwór, a następnie poddano ob-

Tabela 1. Parametry procesu skrawania

Materiał	Przecinanie				Toczenie				
	α	γ	V	t	α	γ	V	κ	f
Poliamidy	20-30	2-5	40-100	3-8	6-10	0-5	250-500	45-60	0,1-0,5
POM		0-5		2-5	6-8	0-5	300-600	45-60	0,1-0,4
Materiał	Wiercenie				Frezowanie				
	f	γ	V	φ	α	γ	V		f
Poliamidy	0,1-0,3	10-20	50-150	90	10-20	5-15	250-500		0,1-0,5
POM	0,1-0,3	15-30	50-200	90	5-15	5-15	250-500		0,1-0,4

Gdzie: α - kąt przyłożenia [°], γ - kąt natarcia [°], κ - kąt przystawienia [°], φ - kąt wierzchołkowy [°], V - szybkość skrawania [m/min], t - podziałka zęba [mm], f - posuw [mm/obr] toczenie i [mm/min] frezowanie

Tabela 2. Parametry procesu skrawania

Lp.	Toczenie	Frezowanie		Wiercenie	Przecinanie
Głębokość skrawania a_p [mm]	2	5	5	8	1,6
Szerokość skrawania a_e [mm]	0,2-0,4	5	2,5/0,1	0,2	10
Obroty n [obr./min]	LIMS=350	5300	5000	2900	90
Szybkość skrawania V [m/min]	280	100	50	150	40
Posuw minutowy V_f [mm/min]	251	400	400	260	580
Liczba ostrzy	-	2	2	1	126
Średnica narzędzia/toczenia D [mm]	55	6	3	16	125 x 1,6 x 27
Oznaczenia narzędzia/płytki	CCMG/ DCMG	VHM	VHM	VHM	NFTe 125 x 1,6



Planują Państwo zastosować
technologię laserową w swojej produkcji?
Specjaliści firmy TRUMPF są do dyspozycji.

Przykłady zastosowania technologii laserowych w aplikacjach przemysłowych

Spawanie tworzyw zwykle poprzez skierowanie wiązki laserowej na tworzywo „przezroczyste” powoduje, że w obszarze styku, na powierzchni tworzywa „nieprzezroczystego” absorbowana jest wiązka laserowa, wydzielane jest ciepło i następuje silne uplastycznienie. Stopień tworzyw w miejscu styku tworzy połączenie.



Ablacja światłem lasera usuwa zewnętrzną warstwę powłoki w celu odsłonięcia materiału podstawowego, kontrastującego z warstwą wierzchnią. Sublimacja zewnętrznej warstwy odbywa się przy minimalnym naruszeniu materiału podstawowego. Metoda używana do usuwania powierzchniowych zanieczyszczeń.

Znakowanie laserowe poprzez odbarwienie tworzywa, dzięki odpowiednio dostosowanej długości fali absorbowanej przez znakowany materiał. Znakowana powierzchnia pozostaje gładka.



Spienianie poprzez termiczne nadtopienie powierzchni materiału obrabianego laserem. Pęcherzyki gazu zwiększają objętość uplastycznionego termicznie tworzywa. Oznaczenie jest wyczuwalne na powierzchni.

Zapraszamy do odwiedzenia naszego stoiska F-23 w hali F, na targach PLASTPOL 2023
Nasi specjaliści chętnie udzielą odpowiedzi na zadane pytania.



TRUMPF Polska
ul. Połczyńska 111, 01-303 Warszawa, tel. +48 22 575 39 00
e-mail: info@pl.trumpf.com, www.youtube.com/user/TRUMPFTube





Rys. 5. Koła zębate wytworzone z optymalnie dobranymi parametrami

obróbce powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej. Obróbkę otworów przeprowadzono na tokarce CNC wiertłem o średnicy 16 [mm]. Dobrano parametry zapewniające dobre odprowadzanie wióra, jakość powierzchni i wydajność. Wiercenie wykonano z zastosowaniem parametrów $V=150$ [m/min] i $0,2$ [m/obr.] z chłodziwem.

Przecinanie wykonano na frezarce konwencjonalnej. Jako narzędzie zastosowano frez piłkowy $\varnothing 125 \times 1,6 \times 27$ i $z=126$. Poliamidy wstępnie obrabiano z szybkością skrawania $V=100$ [m/min]. Materiałem wyjściowym była płyta o wymiarach $1000 \times 500 \times 10$ [mm]. Płytę pocięto na kostki o wymiarach $62 \times 62 \times 10$. Kostki te wykorzystano do analizy parametrów skrawania na frezarce jako półfabrykat płyt. Na skutek powstałego ciepła i trudności związanych z odprowadzeniem wióra obróbkę zoptymalizowano do szybkości skrawania $V=40$ [m/min]. Analiza obróbki wykazała konieczność stosowania chłodziwa.

Na rysunku 4 przedstawiono efekt obróbki współbieżnej, zgrubnej oraz wykańczającej płyty z materiału Pa6 MoS i Pa6.

OPTIMALIZACJA PROCESÓW SKRAWANIA

Celem dalszych analiz wykonano po 5 sztuk kół zębatych z sześciu materiałów; cztery płyty obrobione były na frezarce Haas VF1. Pięć sztuk tulei wykonano na tokarce ze sterowaniem Sinumerik 840D. Przecinanie przeprowadzono na frezarce konwencjonalnej uniwersalnej. Na podstawie analizy temperatury pracy, sposobu odprowadzenia wióra i jakości obrobionej powierzchni zoptymalizowano parametry skrawania (tabela 2).

Uzyskane wyniki przy frezowaniu wskazują, że polimery można obrabiać przeciwniebieżnie. W celu zapewnienia właściwego odprowadzenia temperatury i wióra niezbędne jest chłodzenie. Narzędzia skrawające stosowane w obróbce mogą być dedykowane i do metali nieżelaznych, a parametry dobrane doświadczalnie do określonego rodzaju obróbki.

W celu zapewnienia dobrej jakości powierzchni wymagane jest stosowanie obróbki zgrubnej i dokładnej, a narzędzia muszą być bardzo ostre. Efekty stępienia narzędzia można zaobserwować na podstawie analizy powierzchni obrabianej, jak również poprzez analizę kształtu i wymiaru obrabianych powierzchni. Do analizy obróbki wstępnie dobrano narzędzia z katalogów zaproponowanych przez producenta. Zastosowano narzędzia do obróbki materiałów nieżelaznych, a parametry wstępnie dobrano z katalogu obróbki tworzyw sztucznych. Przy optymalizacji obróbki jako kryterium przyjęto: wydajność procesu obróbki, kształt powierzchni, dokładność wymiaru oraz kształt i sposób odprowadzenia wióra.

Na rysunku 5 przedstawiono wytworzone koła zębate z optymalnie dobranymi parametrami procesu.

WNIOSKI

Metody obróbki skrawaniem sprawdzają się przy obróbce polimerowych części maszyn przy prawidłowo dobranych narzędziach i parametrach skrawania.

Zaproponowane narzędzia, parametry i warunki skrawania przynoszą dobre efekty przy obróbce polimerów. Obróbka poliamidów na tokarce pozwala na wydajne wytwarzanie części maszyn o dużej dokładności i jakości powierzchni. Obróbkę powierzchni zewnętrznej wykonano z szybkością skrawania wynoszącą $V=280$ [m/min] i posuwem $0,2$ [m/obr] przy obróbce powierzchni czołowej i $0,4$ [m/obr] wzdłużnej. Wytaczanie wykonano z szybkością skrawania $V=280$ [m/min] i posuwem $0,2$ [m/obr], a wiercenia $V=150$ [m/min] i $0,2$ [m/obr].

Analiza parametrów skrawania dla wybranych materiałów i przyjętych modeli pozwoliła dobrać optymalne parametry obróbki polimerów z zapewnieniem dokładności wymiaru i kształtu oraz określoną strukturą geometryczną.

LITERATURA

- [1] J. Garbarski : Części maszyn z tworzyw sztucznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2016.
- [2] M. Oleksy: Technologia Rapid Prototyping hybrydowych nanokompozytów polimerowych stosowanych na koła zębate, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2014, ISBN 978-83-7199-957-7.
- [3] R. Oliwa, M. Oleksy, M. Heneczkowski, G. Budzik, O. Markowska, Ł. Przesłowski: Zastosowanie metody Vacuum Casting do wytwarzania prototypów badawczych polimerowych kół zębatych, Polimery, Rocznik 2016, tom T. 61, numer 1, str.16-23.
- [4] Katalog noży tokarskich Pařana.
- [5] K. Augustyn: NX CAM Programowanie ścieżek dla obrabiarek CNC, Wydawnictwo Helion, 2011, ISBN: 978-83-246-2446-1.

Artykuł został zamieszczony w czasopiśmie „Przegląd Mechaniczny”, 2018, nr 7-8, s. 57-60.

prof. dr hab. inż. Mariusz Oleksy

Politechnika Rzeszowska Wydział Chemiczny
Al. Powstańców Warszawy 6, 35–959 Rzeszów

dr inż. Małgorzata Zaborniak

Politechnika Rzeszowska Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Al. Powstańców Warszawy 8, 35–959 Rzeszów

mgr Lesław Kołcz

Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska w Przemyśle
ul. Książąt Lubomirskich 6, 37-700 Przemyśl



Ochrona maszyn w przetwórstwie tworzyw sztucznych:

- Wykrywacze metali
- Separatory wszystkich metali
- Separatory magnetyczne



www.unirob.com.pl e-mail: unirob.sprzedaz@unirob.com.pl



**Automatyczny analizator tworzyw
FLAKE SCAN**

Urządzenia dla przetwórstwa tworzyw sztucznych i recyklingu
Analiza jakości platków i przemiałów tworzyw sztucznych oraz surowców
pierwotnych w ciągu zaledwie kilku minut

27. PLASTPOL

23-26 | 05 | 2023

**Zapraszamy na nasze stoisko
targowe nr B-58**

Międzynarodowe Targi Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy



REKLAMA

**Oferujemy usługę pulweryzacji,
mielenia, regranulacji oraz
mikrogranulacji**

REMMOS

Zakład Produkcyjny REMMOS

Buszewo 25, 62-045 Pniewy, tel. 693 121 858, mail: biuro@remmos.pl

Nowoczesne metody pomiaru tworzyw sztucznych



Elementy z tworzyw sztucznych stanowią istotną część współczesnej produkcji przemysłowej. Są one stosowane w urządzeniach przemysłowych, elementach samochodowych, artykułach gospodarstwa domowego i wyposażenia wnętrz, elektronice użytkowej i bardzo wielu innych branżach.

Produkty te badane są pod względem różnych właściwości i cech, w tym cech fizycznych i wizualnych. Wiele z nich badane jest przy pomocy metod i sprzętów mających również zastosowania w badaniach jakości powłok.

Do nowoczesnych, specjalistycznych urządzeń należy między innymi elektromagnetyczny miernik grubości ścianek ElektroPhysik MiniTest FH, umożliwiający ciągły pomiar ścianek, nawet o bardzo skomplikowanych i nieregularnych kształtach w zakresie grubości od 0,01 do 24 mm. Nowatorska metoda, oparta na udostępnieniu magnetycznego podłoża w postaci stalowej kulki po jednej stronie materiału tworzywowego, umożliwia pomiar grubości ścianki metodą indukcji elektromagnetycznej poprzez sondę przesuwaną po jej zewnętrznej stronie. Daje to możliwość pomiaru i zapisu grubości w sposób ciągły, przemieszczając czujnik po dowolnej krzywej na powierzchni produktu.

Kolejnymi nowatorskimi urządzeniami są mierniki grubości powłok na podłożach z tworzyw sztucznych. Umożliwiają one poprzez technologię ultradźwiękową pomiar grubości powłok na materiałach niemetalowych, z możliwością rozróżnienia grubości poszczególnych warstw. Obecne na rynku mierniki DeFelsko PosiTector 200 oraz ElektroPhysik QuintSonic T pozwalają na pomiar grubości do 3-5 warstw w jednym pomiarze, w zakresie od ok. 10-20 μm do 7000 μm . Metoda ta świetnie sprawdza się w przemyśle motoryzacyjnym, jachtowym, meblarskim, przy produktach kompozytowych i wszędzie tam, gdzie tradycyjne mierniki metody indukcji elektromagnetycznej czy prądów wirowych nie mają zastosowania.

Inną weryfikowaną cechą tworzyw jest twardość, której badanie odbywa się przy pomocy powszechnie stosowanych metod takich jak np. metoda Shore'a czy metoda Barcola. Dotychczas



wszystkie te metody wgłębnikowe wymagały stosowania kilku różnych urządzeń, odmiennych dla pomiaru typu Shore A, Shore D czy metody Barcola. Od pewnego czasu na rynku dostępny jest sprzęt amerykańskiej firmy DeFelsko, który w jednym mierniku pozwala w sposób wymienny stosować sondy dostosowane do każdej z tych metod. Miernik PosiTector posiada możliwość zastosowania sondy SHA do pomiaru twardości metodą Shore A, sondy SHD do pomiaru metodą Shore'a w zakresie twardości D, a także metodą wgłębnikową Barcola, używając tego samego przyrządu. Co więcej, miernik ten wyposażony w funkcję pamięci





pomiarów, statystyki czy transmisji danych umożliwia zastosowanie tych funkcji w każdej z wymienionych metod pomiarowych, co jest szczególnie nowoczesne w przypadku metody Barcola, którą pomiary przez pół wieku ze względu na zarejestrowane patenty odbywały się wyłącznie aluminiowym miernikiem ze skalą wskazówkową, nie posiadającym ani funkcji statystycznych, ani możliwości zapisu czy transferu wyniku.

Przy ocenie tworzyw sztucznych, zarówno samych, jak i lakierowanych, bezsprzecznie istotnymi cechami są cechy wizualne. Na cechy te składają się przede wszystkim kolor i połysk. Zgodność kolorystyczną wyprodukowanych detali można oceniać zgodnie z normą ISO 3668, przy użyciu stanowiska do oceny wizualnej w znormalizowanym świetle. Kabinę świetlną Color-Cab pozwalają na ocenę wyglądu produktu w znormalizowanym i w pełni powtarzalnym oświetleniu, co w istotnym stopniu zmniejsza zmienność warunków postrzegania. Kabinę taką występują w długościach 60 i 120 cm w zależności od wymagań, jak również w postaci stanowisk oświetleniowych pozwalających na ocenę dużych elementów na liniach produkcyjnych.

Kolejnymi przyrządami do pomiaru cech wizualnych są połyskomierze, kolorymetry i spektrofotometry. Urządzenia te dokonują pomiaru cech tak subiektywnych jak kolor czy połysk, zamieniając je w wartość liczbową. Na rynku występuje wiele tego typu urządzeń, jak np. połyskomierze referencyjne Sologloss i Polygloss firmy TQC Sheen, a także prostsze modele np. firmy Testan. Do pomiarów barw stosuje się spektrofotometry mierzące barwę w pełnym zakresie widma światła widzialnego, czyli od 400 do 700 nm oraz kolorymetry trójchromatyczne, które ze względu na prostszą konstrukcję stosowane są najczęściej do pomiarów różnic barw próbek zarówno w zakresie produkcji, jak i warunków użytkowania. Firma Testan oferuje zarówno spektrofotometry, jak i kolorymetry trójchromatyczne zapewniające pełny zakres parametrów wykorzystywanych przy pomiarach barw wg wymagań norm, np. ISO 7724-2, zapewniając jednocześnie akceptowalny poziom cenowy urządzeń.

Do symulacji warunków, w których są eksploatowane produkty z tworzyw sztucznych, bardzo często wykorzystywane są komory

REKLAMA



**AGENCJA
ANTICORR**

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

Urządzenia kontrolno-pomiarowe

Kompleksowa oferta

Profesjonalne doradztwo

Wsparcie techniczne



www.anticorr.com.pl



wyłącznie widmo wydzielonego ultrafioletu (np. UVA czy UVB) zgodnie z normami ISO 4892-3/ISO 16474-3 albo widmem ultrafioletowe wraz z widmem światła widzialnego, 300-800 nm, zgodnie z normami ISO 4892-2/ISO 16474-2. W tym drugim przypadku komory starzeniowe używają lamp ksenonowych, których największą zaletą jest widmo bardzo zbliżone do widma rzeczywistego światła słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi, czyli oddziałującego w rzeczywistości na produkty podczas ich codziennej eksploatacji. Komory starzeniowe Testan Xentester pozwalają wykonywać zarówno testy w podstawowych schematach badawczych, np. z promieniowaniem i zraszaniem próbek, jak również w modelach bardziej zaawansowanych, najbardziej wymagające schematy normatywne, z dodatkowymi funkcjami regulowanej wilgotności i temperatury. Do oceny próbek poddanych badaniu starzeniowemu warto zastosować wymienione wcześniej pomiary i badania, weryfikując czy oddziaływanie światła zmieniło parametry badanej cechy czy nie. Najpopularniejszymi przyrządami do weryfikacji zmian są wymienione wcześniej spektrofotometry, kolorymetry i połyskomierniki, mierzące najbardziej zauważalną cechę, jaką jest wygląd zewnętrzny.

Agencja Anticorr Gdańsk oferuje szerokie spektrum urządzeń i badań do oceny cech tworzyw sztucznych i powłok nakładanych na tworzywa i jest otwarta na wszelkie pola współpracy i współdziałania.

starzeniowe. Komory takie poprzez oddziaływanie sztucznym źródłem światła tworzą symulację warunków rzeczywistej eksploatacji i umożliwiają sprawdzenie zachowania tworzywa podczas długotrwałej eksploatacji. Komory starzeniowe mogą symulować

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

REKLAMA

Zapraszamy do zakładki
e-gazeta

Pobierz plik
www.tworzywasztuczne.biz

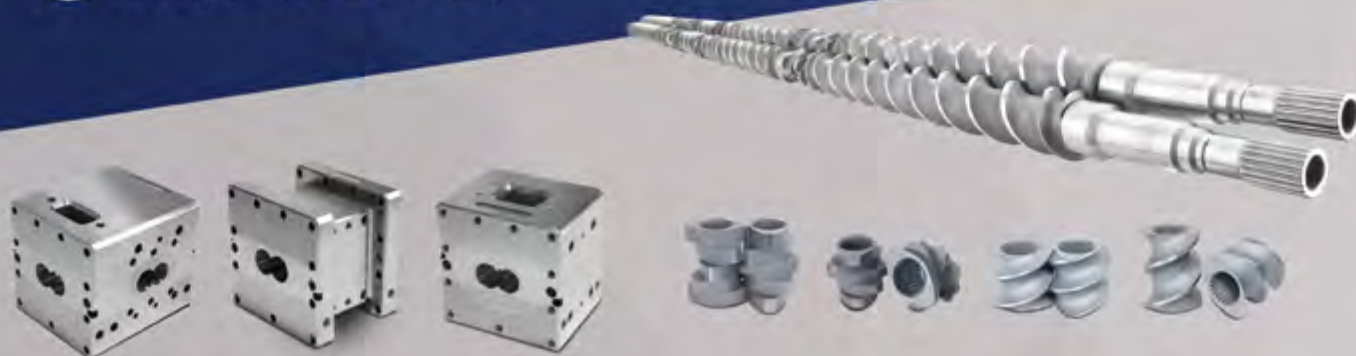
LIDER W DZIEDZINIE
COMPOUNDINGU

PONAD
MILION
SPRZEDANYCH CZĘŚCI



- ✔ wytłaczarki 2-ślimakowe
współbieżne
- ✔ ślimaki, cylindry, wały do wytłaczarek
renomowanych producentów
- ✔ kompletne instalacje

Odwiedź nasze
stoisko G-36
Plastpol Kielce 23-26 maja 2023



WYŁĄCZNY PRZEDSTAWICIEL STEER W POLSCE:

Powtarzalność wyglądu tworzyw sztucznych

Andrzej Wojtkowski



Sprawdzanie powtarzalności detali z tworzyw sztucznych wymaga zastosowania różnych urządzeń. Jednym z badań jest sprawdzanie wyglądu. Pod tym terminem kryją się pomiary barwy i połysku. W kwestii kontroli koloru warto używać spektrofotometrów Konica Minolta. Są to urządzenia, które charakteryzują się odpowiednimi parametrami technicznymi z uwzględnieniem poręcznej i komfortowej pracy. Jednym z takich przedstawicieli jest model CM-700d.

Jest to spektrofotometr w geometrii d/8. Oznacza to, że możemy mierzyć barwę ze składową lustrzaną lub bez niej. Jego poręczna budowa, lekka waga i intuicyjna obsługa sprawiają, że jest lubiany przez klientów. Można nim łatwo mierzyć płaskie powierzchnie, ale tam gdzie mamy kształtne detale, to właśnie ten spektrofotometr odnajduje się najlepiej. Wystarczy raz przemierzyć nim takie elementy i wszystko staje się jasne. On po prostu do tego się nadaje. Jednym słowem jest wszechstronny. Do tego posiada pełną funkcjonalność z poziomu samego urządzenia. Co to oznacza? Dzięki niemu możemy wprowadzić ustawienia pomiarowe – czyli obserwator, illuminant i ustawić wielkość pola pomiarowego. W tej ostatniej kwestii spektrofotometr dysponuje 2 wymiarami: $\varnothing 8$ mm i $\varnothing 3$ mm. Ponadto wprowadzamy w samym urządzeniu ilość pomiarów do uśredniania wyników, co ma niezwykle istotną kwestię dla jakości pomiarów. Do przechowywania danych mamy do dyspozycji 1000 miejsc dla wzorców i 4000 dla próbek. Jeśli potrzebujemy kontrolować detale oparte na popularnych wzornikach, to właśnie w tym celu możemy zmierzone numery kolorów przetrzymywać w pamięci i następnie regularnie sprawdzać możliwe odchyłki na produkowanych elementach. Obsługa danych w prosty i jasny sposób przekazuje różnice na standardowych układach współrzędnych kolorów, jakim jest $L^*a^*b^*$. Na ekranie widzimy wyniki zarówno wartości samej próbki, jak i w porównaniu do wzorca koloru zarówno w trybie ze składową lustrzaną (SCI), jak i bez niej (SCE). Oprócz tego urządzenie dysponuje ciekawą funkcją, która przyspiesza prace decyzyjne. Jest to automatyczne przedstawianie numeru koloru z bazy zmierzonych wzorców do zmierzonej próbki. Pozwala to od razu po zmierzeniu dowiedzieć się na przykład, do którego numeru RAL czy NCS pasuje zmierzony detal.

Kiedy potrzebujemy mierzyć przedmioty z zakresem szerszym niż 400–700 nm, to warto bliżej zapoznać się z kolejnym przykładem świetnie zaprojektowanego urządzenia do pracy w ręku, jakim jest CM-26dG. Zakres odbicia światła, który jest przetwarzany, jest szerszy niż w modelu CM-700d i zaczyna się od 360 nm, a kończy na 740 nm. Możliwość pomiaru zakresu UV wnosi kilka istotnych aspektów w kontroli detali z tworzyw sztucznych. Dzięki temu możemy badać kwestie związane z rozjaśnierzami optycznymi i ich wpływem na widzialny zakres, który oceniamy wzrokowo. W samym urządzeniu możemy zobaczyć, jak wygląda kolor zarówno oświetlony światłem z zawartością UV, jak i bez niego. Urządzenie oprócz pomiaru barwy mierzy jednocześnie połysk poprzez wewnętrzny czujnik ustawiony pod kątem 60 stopni. Pełna funkcjonalność urządzenia jest dostępna

z samego menu, które jest w języku polskim. Oprócz podstawowych funkcji takich jak: ustawienia pomiarowe, rodzaj illuminantów i obserwatora można wprowadzić uśrednianie pomiarów, a formę przedstawianych wyników można ustawić wedle swoich preferencji. Ponadto w samym urządzeniu możemy wprowadzać nazwy pomiarów zarówno dla próbek jak i dla wzorców i ustalać, które mają być porównane ze sobą. Kolejną, ciekawą funkcją jest możliwość wprowadzenia danych wzorca po parametrach $L^*a^*b^*$ bez potrzeby pomiaru i następnie w samym urządzeniu można wprowadzić dopuszczalne odchyłki. Takie podejście usprawnia i przyspiesza pracę związaną z akceptacją próbek, ponieważ na wyświetlaczu po pomiarze automatycznie widzimy zielone tło dla zaakceptowanej próbki i czerwone dla tej, która jest poza tolerancją. Kiedy pracując z urządzeniem CM-26dG mamy do przemierzenia elementy, w których potrzebujemy ustalić i upewnić się czy dobrze wybraliśmy miejsce pomiaru, to właśnie ten spektrofotometr świetnie nam w tym pomoże. Dlaczego? Bo jest wyposażony w wizjer, dzięki któremu widzimy miejsce jakie zostanie zmierzone. Daje to niesamowity wzrost pewności co do prawidłowych wyników pomiarów.

Coraz częściej mamy do czynienia z tworzywami, które zawierają dodatki metaliczne czy perłowe. Taki zabieg powoduje, że przedmioty skrzą się, dając przez to ciekawy efekt i podkreślając atrakcyjność przedmiotu wykonanego z tego typu tworzywa. Ca-



Kompaktowy i lekki spektrofotometr CM-700



Przenośny spektrofotometr wielokątowy CM-M6

łość wygląda po prostu fenomenalnie. Zapewne od razu pojawiają się pytania, czy takie detale można mierzyć i kontrolować? Tak, można. W tym miejscu przydaje się urządzenie wielokątowe Konica Minolta. Co to jest? To spektrofotometr, który odczytuje odbicie światła pod różnymi kątami. Dzięki temu można dowiedzieć się, jak wygląda detal pod odpowiednim kątem. Pozwala to na kontrolowanie powtarzalności i sprawdzanie utrzymywania różnic kolorów pomiędzy kątami obserwacji. Konica Minolta posiada tego typu urządzenie w ofercie i jest to model CM-M6. Posiada on zgrabną budowę, co pozwala w łatwy i prosty sposób mierzyć powierzchnie różnego kształtu. Jego obsługa jest intuicyjna i szybka, szczególnie, że menu jest w języku polskim. Duża pamięć pomiarowa, wydajna bateria i możliwość pracy bezprzewodowej z komputerem sprawiają, że urządzenie jest przyjazne w obsłudze. Dla zapewnienia wysokiej jakości pomiarowej jest wyposażony w opatentowaną technologię dwuwiązkowej ścieżki oświetlenia i pomiaru. Dzięki temu jest spektakularnym rozwiązaniem w dziedzinie pomiarów lakierów efektowych i pozwala użytkownikowi na pewną pracę bez pomyłek pomiarowych. Oprócz ergonomicznej budowy posiada możliwość zamocowania na różnego rodzaju indywidualnych uchwytach poprzez standardowy otwór. Obsługa samego spektrofotometru jest prosta i intuicyjna, a duży kolorowy wyświetlacz usprawnia proces kontroli, weryfikacji i podejmowania decyzji związanych z kontrolą powłoki. Po pomiarze na wyświetlaczu widzimy wyniki koloru powierzchni w układzie $L^*a^*b^*$ dla kątów $-150, 150, 250, 450, 750$ i 1100 . Pracując z samym urządzeniem, otrzymujemy pełną funkcjonalność. Oznacza to, że możemy wprowadzić ustawienia pomiarowe, przeglądać zmierzone dane, które podzielone są na zbiory wzorców i próbek, możemy skasować dane i wprowadzić nazwę. Natomiast jeżeli chcemy dodatkowo mieć możliwość pracy przez komputer, to jak najbardziej możemy zainwestować w program, który pozwala oprócz standardowych funkcji obsługi danych na PC również na pobieranie i wysyłanie danych pomiędzy spektrofotometrem a komputerem. Kiedy w naszej pracy są do sprawdzenia próbki gładkie bez dodatków metalicznych, to można posługiwać się również tym urządzeniem, ale już analizowanie barwy możemy wykonywać tylko pod jednym kątem 45 stopni. Reasumując, możemy kontrolować, zarówno próbki bez dodatków efektowych, jak i te, które je zawierają, mając do dyspozycji Konica Minolta CM-M6.

Kontrola wyglądu przedmiotów wykonywanych z tworzywa sztucznego to nie tylko pomiary barwy. Warto również sprawdzić powtarzalność połysku. Oznacza to, że dysponując połyskomierzem, możemy mierzyć przedmioty matowe, błyszczące

i te o powierzchni lustrzanej. Jeżeli kontrolowane przedmioty są płaskie, to warto rozważyć Rhopoint IQ-S. Jest to urządzenie, które obsłuży pełny zakres odbicia. To znaczy, że jednym urządzeniem możemy kontrolować powierzchnie od matowych, aż do lustrzanych. Zapewne może pojawić się potrzeba sprawdzania odbicia od małych powierzchni, które są zakrzywione, półkolisty lub wklęsłe. Co wtedy? Konica Minolta ma na to odpowiedź. Trzeba zainwestować w połyskomierz o niewielkiej sondzie, która pozwoli zmierzyć niemal każdą część. Przykładem takim może być Flex60 lub Flex20 – w zależności jakie powierzchnie chcemy sprawdzać. Pierwszy z nich jest przeznaczony do pomiaru połysków inne niż lustrzane i matowe. To właśnie w tym zakresie należy stosować pomiar pod kątem 60 stopni. Dla spełnienia standardów pomiarowych posiada pole pomiarowe o wymiarach $6\text{ mm} \times 12\text{ mm}$. Mniejsze pole pomiarowe posiada drugi połyskomierz przeznaczony do kontroli wysokich połysków i powierzchni lustrzanych. Jego wymiary to $6\text{ mm} \times 6\text{ mm}$, a obudowa sondy jest niewiele większa i dzięki takiej konstrukcji można zmierzyć praktycznie wszystkie małe i zakrzywione powierzchnie.

Jeżeli jesteście Państwo bliżej zainteresowani urządzeniami do pomiaru kolorów tworzyw sztucznych, to z chęcią pomożemy w tego typu inwestycjach.

Konica Minolta Sensing Europe B.V.

Sp. z o.o. Oddział w Polsce

ul. Skarbowców 23a, 53-025 Wrocław

tel. +48 71 734 52 11, fax +48 71 734 52 10

info.poland@seu.konicaminolta.eu

www.konicaminolta.pl

REKLAMA

Giving Shape to Ideas

KONICA MINOLTA

Zapraszamy na targi PLASTPOL,
Hala D, Stoisko 86.

RETHINK COLOR
MANAGEMENT

SPEKTROFOTOMETR
CM-36dG



SPEKTROFOTOMETR STACJONARNY
Z WBUDOWANYM POŁYSKOMIERZEM (60°)

- Bezkonkurencyjna dokładność pomiaru barwy i połysku
- Doskonała efektywność pracy w trybie refleksyjności i transmisji
- Kamera podglądu ułatwiająca umieszczenie próbki
- Japońska precyzja i niezawodność

www.konicaminolta.pl

Rosti rozwija świadomość i technologie w aspekcie ekologicznych tworzyw

Rosti Poland świadczy najnowocześniejsze usługi w zakresie formowania wtryskowego, a nasza wiedza obejmuje cały proces produkcyjny. Znajdując się w centrum łańcucha dostaw, mamy obowiązek i możliwość wywierania pozytywnego wpływu na środowisko w branży tworzyw sztucznych. Naszą wizją jest bycie najbardziej zaawansowanym technologicznie i zaufanym dostawcą kompleksowych rozwiązań produkcyjnych dla wiodących światowych marek.



Tworzywa sztuczne bezsprzecznie wspierają szeroką gamę naszych codziennych czynności i, co ciekawe, pomagają realizować wiele trendów i inicjatyw w zakresie zrównoważonego rozwoju. Błędem jest więc postrzeganie ich tylko jako odpad. Rosti zmienia to myślenie poprzez podnoszenie świadomości klientów i konsumentów, edukując i wspomagając w zakresie projektowania ekologicznego.

Już dziś na skutek wdrożenia wielu projektów, Rosti Poland jest niemal neutralne dla środowiska, między innymi poprzez korzystanie z odnawialnych źródeł energii. Dalsze usprawnienia koncentrują się na prawidłowym zaprojektowaniu urządzeń ekologicznych.

W konsekwencji wraz z utworzeniem Centrum Innowacji w Rosti Poland w pierwszej kolejności rozpoczęliśmy badania nad tzw. „ekologicznymi tworzywami”. Projekt zakończył się sukcesem w 2021 roku, a obecnie prowadzimy drugi, ukierunkowany na tworzywa produkowane na bazie innych surowców niż ropa naftowa.

Należy podkreślić, że wyprodukowanie wyrobu nie generuje znaczącego obciążenia dla środowiska w porównaniu z samą produkcją tworzyw czy późniejszą utylizacją wyrobu lub jego dalszym przetworzeniem. Jednocześnie profesjonalny przetwórcza – taki jak Rosti – jest w stanie zaproponować najbardziej optymalne rozwiązanie dla naszych klientów ukierunkowane na doradztwo w kwestii optymalizacji konstrukcji tak, aby ich produkty łatwiej i w większym stopniu nadawały się do powtórnego przetworzenia, poprzez użycie materiałów przyjaznych środowisku i lepiej poddających się recyklingowi.

Poruszając się jedynie w obszarze tworzyw z ropy naftowej, można istotnie ograniczyć negatywny wpływ na środowisko, gdyż znacznie różnią się np. emisją CO₂. Idąc za raportami Eco-profile publikowanymi przez Plastic Europe, widzimy, że emisja przy produkcji PP wynosi 1,63 kg CO₂ na kg tworzywa, podczas gdy dla popularnego ABSu jest to już wartość 3,10 kg, dla PC 3,40 kg, a dla PA6 nawet 6,70 kg. Powyżej przytoczone wartości są uśrednione, różnica pomiędzy poszczególnymi producentami jest również istotna, dlatego też Rosti zebrało odpowiednie dane i w tym obszarze również doradza.

Bardzo popularne i wydatnie wpływające na środowisko jest także używanie plastiku pozyskanego z przemiału odpadów plastikowych (PCR – *post consumer recycling*/PIR – *post industry recycling*). Obecnie nawet do 95% odpadów generowanych w na-

szej fabryce jest powtórnie przetwarzane. Dzięki zastosowaniu tego typu tworzywa można zredukować emisję CO₂ nawet o połowę, jednak materiał ten ma swoje ograniczenia:

- W 95% przypadków są dostępne jedynie tworzywa czarne.
- Nie wszystkie grupy tworzyw nadają się do mechanicznego recyklingu.
- Należy uwzględnić różnice MFR, niższe własności mechaniczne.
- Brak dopuszczenia do kontaktu z żywnością i ISO10993.

Niemniej jednak dla określonej grupy produktów tworzywa te będą doskonałym rozwiązaniem, dlatego w swojej ofercie posiadamy ponad 10 zwalidowanych tworzyw.

Kolejną grupą są tworzywa wyprodukowane częściowo z surowców odnawialnych. Wciąż badamy dostępne tworzywa, już teraz możemy zaproponować tworzywa z 30% dodatkiem naturalnego polimeru, który jest odpadem powstałym w innym procesie przetwórczym, do tej pory utylizowanym (nawet do 80 Mt rocznie) – istnieje więc duże źródło naturalnego polimeru, który może potencjalnie zastąpić 25% polimerów z ropy naftowej globalnie. Jesteśmy na etapie wdrażania tego tworzywa u jednego z naszych klientów i w tym obszarze mamy już pierwsze sukcesy.

Na naszej liście tworzyw do badań i rozwoju znalazły się także tworzywa wyprodukowane w 100% z surowców odnawialnych. Jednak z powodu ograniczonej dostępności oraz właściwości fizycznych, prace nad nimi rozpoczną się w dalszej perspektywie.

Podsumowując, mamy rozpoznany szereg tworzyw i dla każdej aplikacji możemy zaproponować rozwiązanie wydatnie zmniejszające ślad węglowy, często w połączeniu ze zmianą konstrukcji wyrobu. Prace badawcze pozwoliły nam rozpoznać i przeciwdziałać ograniczeniom. Równie istotnym czynnikiem jest cena tworzyw ekologicznych, która na dzień dzisiejszy jest znacznie wyższa od standardowych tworzyw. Jednak edukacja klientów oraz konsumentów pozwoli na wdrożenie tych materiałów w większym stopniu, a co za tym idzie zmniejszenie kosztów ich wytworzenia.

Rosti Poland Sp. z o.o.
ul. Myśliwska 29, 15-563 Białystok
tel. +48 85 678 35 00
www.rosti.com

Rosti

From concept to reality

Plastic Injection Moulding
Assembly and decorations centre
Onsite toolshop
Onsite laboratory
State-of-the-art Innovation Centre & Lab

1999
established

31,000 m²
factory size

1000+
employees

120+
machines

• Poland, Bialystok



Core Capabilities

- Plastic injection moulding
- Multi-shot moulding
- Injection blow moulding
- Painting and decoration (inc tampo-printing, hot stamping and IML)
- Gas Injection
- Over-moulding & insert moulding
- Assembly
- Full Automation

Services

- Design
- NPI process
- Production transfer
- Product Management
- Supply Chain Management
- Tooling Management
- Quality Systems
- Logistics



Manufacturing video



Visit our website

Rosti Poland is a part of global technology driven, engineered plastic and contract manufacturing business with sites in Europe, US and Asia

WITTMANN BATTENFELD prezentuje podczas targów Plastpol swoje energooszczędne rozwiązania dla technologii wtrysku

Grupa WITTMANN na targach Plastpol w Kielcach



Podczas tegorocznych targów Plastpol w dniach od 23 do 26 maja firma WITTMANN, na stoisku w F-9 w hali F, zaprezentuje energooszczędne wtryskarki, nowoczesne technologie, a także najnowsze roboty i urządzenia pomocnicze.

Rynek polski jest jednym z najważniejszych rynków eksportowych dla Grupy WITTMANN. W związku z tym Plastpol jest dla firmy WITTMANN kluczową platformą do prezentacji naszych najnowszych rozwiązań konstrukcyjnych.

Trzonem tegorocznej prezentacji będą dwie energooszczędne wtryskarki serwo hydrauliczne.

Na wtryskarce SmartPlus 90/350 wyposażonej w nową jednostkę sterującą Unilog B8X, system monitorowania stanu technicznego wtryskarki CMS Lite oraz komórkę automatyzacji WITTMANN pokazana zostanie produkcja poziomicy maszynowej. Detal wykonany z ABS produkowany będzie na formie 1+1, dostarczonej przez firmę SOLA z Austrii. W pierwszym etapie produkcji wtryskiwana jest górna i dolna część obudowy poziomicy. Robot odbiera obie części, następnie górną część obudowy odkłada na stacji do znakowania laserowego. Jednocześnie dolna część obudowy przenoszona jest do stacji montażowej. Na stacji tej obudowa wyposażona jest w „oczka” poziomicy. Następnie górną część jest dociskana do dolnej części za pomocą siłownika pneumatycznego o wstępnie ustawionej sile działania. Gotowe części są transportowane do stanowiska testowego, gdzie położenie „oczek” jest sprawdzane przez system wizyjny. Po kontroli jakości gotowe poziomice są odkładane na przenośniku taśmowym. System obsługiwany jest przez robota WX138 firmy WITTMANN.

Szczególną cechą wtryskarek SmartPlus jest niski koszt połączonej z efektywnością energetyczną i powtarzalnością ruchów. Dzięki zastosowaniu sprawdzonych technologii, w połączeniu ze starannie dobranymi opcjami, możliwe stało się zaoferowanie doskonałego stosunku ceny do wydajności dla tych maszyn.



Foto. 1. Airmould 4.0

Druga maszyna to SmartPower 60/210, na której zaprezentowana zostanie technologia wtrysku wspomaganego gazem AIRMOULD. W technologii tej produkowane będą spinacze do bielizny. W formie 1+1 w technologii wtrysku z wypełnieniem częściowym powstają dwa spinacze, które są puste w środku. Technologia wtrysku wspomaganego gazem pozwala na znaczącą redukcję ciężaru wypraski, poprawę właściwości detalu, a w konsekwencji obniżenie kosztów produkcji. Dla technologii wtrysku z gazem wykorzystane zostanie najnowsze wyposażenie WITTMANN AIRMOULD 4.0. Zaprezentujemy najnowsze zawory wykonawcze wyróżniające się kompaktową konstrukcją pozwalającą na ich ustawianie bezpośrednio w pobliżu formy wtryskowej, co pozwala na oszczędzenie zużycia gazu i obniża koszty produkcji.

AUTOMATYZACJA I URZĄDZENIA POMOCNICZE

Oprócz robotów i urządzeń pomocniczych pracujących z prezentowanymi wtryskarkami pokazane zostaną także inne urządzenia peryferyjne WITTMANN.

Prezentując robota napędzanego siłą ludzkich mięśni, WITTMANN chce zwrócić uwagę na zagadnienia związane z zużyciem energii w procesie przetwórstwa tworzyw. ErgoRobot to interaktywna atrakcja pozwalająca zwiedzającym na aktywne włączenie się w prezentację. Instalacja składała się z robota, roweru używanego jako ergometr i oczywiście rowerzysty aktywnie pedałującego na rowerze. Goście odwiedzający stoisko będą wykorzystywani jako „źródło mocy” wprawiające robota w ruch. W prezentacji zastosowano standardowego robota Primus 14 ze sterowaniem R8. Roboty te są zwykle wykorzystywane w aplikacjach typu pick & ►



Foto. 2. Spinacz do bielizny, wyprodukowany w technologii wtrysku wspomaganego gazem Airmould 4.0

enjoy
INNOVATION



TEMPRO plus
Temperature controllers



place na wtryskarkach o sile zamykania 50–150 t. Wytworzona przez „kolarza” moc jest przekazywana do robota. Aktualnie generowana moc jest pokazywana na wyświetlaczu zamontowanym na kierownicy roweru. Pokazywana jest także aktualna szybkość pracy robota, jako procent jego maksymalnej prędkości. Aby umożliwić prędkość jazdy 100% dla Primusa 14, rowerzysta powinien wygenerować moc około 150 watów. Jeśli na rowerze zostanie osiągnięta wyższa wydajność, nadwyżka jest wykorzystywana do oświetlenia dwóch lamp podłogowych zainstalowanych obok roweru. Jasność lamp zależy od dodatkowej mocy wygenerowanej przez osobę jadącą na rowerze. ErgoRobot będzie nie tylko elementem rozrywkowym. Przygotowując tę prezentację firma WITTMANN, chce uzmysłowić użytkownikom robotów jak niskie zużycie energii charakteryzuje roboty WITTMANN.

Oprócz aplikacji ErgoRobot WITTMANN zaprezentuje na targach Plastpol szybkobieżnego robota SONIC 108. Roboty z serii SONIC zostały zaprojektowane pod kątem maksymalnej prędkości usuwania części. Są wykorzystywane głównie w aplikacjach opakowaniowych dla maszyn pracujących z cyklami poniżej 4 s.

Prezentacja WITTMANN obejmie także szereg urządzeń peryferyjnych. W kategorii suszarki do tworzyw zaprezentowane zostaną: bębnowa suszarka segmentowa ATON plus, suszarka z sita-



mi molekularnymi DRYMAX Primus 60-150 oraz suszarka Card 10S, wykorzystująca sprężone powietrze do suszenia tworzywa. WITTMANN w ofercie posiada różne konstrukcje, dzięki czemu może spełnić w optymalny sposób wymagania swych klientów. Także w przypadku suszarek firma zaprezentuje rozwiązania dążące do obniżenia zużycia energii. Podobnie jak w przypadku wtryskarek, gdzie norma EUROMAP 60 pozwoliła na porównanie różnych konstrukcji, tak i w przypadku suszarek coraz powszechniejszym staje się wyrażanie energii zużywanej przez suszarkę w kWh/1t suszonego tworzywa.

Kolejna prezentacja obejmie urządzenia termostatujące. Zaprezentowane zostaną modele urządzeń Tempromax 90, Tempromax basic C120 oraz Tempromax plus D140. Wyjątkowe cechy regulatorów temperatury WITTMANN Tempromax to niezawodność i łatwa obsługa. Dzięki wprowadzeniu napędów SpeedDrive nowe termostaty charakteryzują się także dużą oszczędnością zużycia energii.

Prezentacje uzupełnią dozowniki masterbatch. Na stoisku pokazane zostaną zarówno proste i niezawodne dozowniki objętościowe DOSIMAX Basic i Dosimax MC Balance, jak i zaawansowane dozowniki grawimetryczne, reprezentowane przez Gravimax Primus 14.

WITTMANN to także systemy podawania surowców. W ofercie firma ma zarówno podajniki podciśnieniowe pracujące indywidualnie, jak i wyposażenie do systemów centralnego podawania surowców.

Temat oszczędności energetycznej wsparty zostanie prezentacją młynów przystanowiskowych, które są konstrukcją wpisującą się w ideę gospodarki w obiegu zamkniętym. Młyny serii G-Max i S-max to energooszczędne konstrukcje oferowane w różnych wielkościach. Na stoisku pokazane zostaną zarówno młyny wolno-, jak i szybkoobrotowe.

Dodatkową atrakcją będzie sportowy samochód Mistrza Polski z roku 2022 w klasie D5 CEZ Circuit Endurance Adama Zentnera. Adam Zentner jest pracownikiem Działu Sprzedaży WITTMANN BATTENFELD Polska. Chwaląc się sukcesem swego pracownika, WITTMANN pragnie pokazać, że odnosi sukcesy na różnych polach.

WITTMANN BATTENFELD Polska Sp. z o.o.
ul. Radziejowicka 108
05-825 Grodzisk Maz., Adamowizna

Foto. 3. Aplikacja ErgoRobot z wykorzystaniem robota WITTMANN Primus 14

BISTAR – producent wyrobów z tworzyw sztucznych

Firma Bistar jest przedsiębiorstwem rodzinnym działającym nieprzerwanie od 1992 r., natomiast od 1996 r. zajmujemy się przetwórstwem tworzyw sztucznych. Ukie-runkowaliśmy się głównie na branżę AGD, Auto – Gaz oraz Automotive. Z biegiem czasu mając już spore doświadczenie w dziedzinie przetwórstwa tworzyw sztucznych, zdecydowaliśmy się poszerzyć ten dział o technologię wytłaczania. Naturalnym było, iż zajmiemy się produkcją wyrobów trudnych oraz wymagających. Produktem takim okazały się przysłony LED. W przeciągu kilku lat staliśmy się jednym z kilku liczących się na rynku producentów. Obecnie oprócz przysłon LED wytłaczamy różnorodne produkty do branży motoryzacyjnej, meblarskiej oraz mleczarskiej.

Obecnie podstawą działalności firmy jest produkcja skupiona wokół branży przetwórstwa tworzyw sztucznych. Specjalizujemy się w produkcji zaawansowanych technologicznie elementów z tworzyw termoplastycznych metodą wtrysku i wytłaczania. Tworzenie kultury współpracy opartej na partnerstwie, rzetelności, wiarygodności i wzajemnym zaufaniu jest naszą dewizą. Wnikliwa analiza rynku, ciągłe doskonalenie umiejętności, unowocześnianie technologii produkcji oraz wieloletnie doświadczenie



ułatwiają nam wyszukiwanie rozwiązań dla powierzonych zagadnień. Na przestrzeni lat nasza firma znacząco wzbogaciła zarówno park maszynowy, jak i kadre pracowniczą, co pozwoliło na poszerzenie oferty.

Nowe inwestycje realizowane są w oparciu o wypracowywane środki własne oraz pomocowe unijne. Potwierdzeniem naszego profesjonalizmu, elastyczności i optymalizacji stosowanych rozwiązań jest posiadany od 2000 roku certyfikat ISO 9001.

Dzięki racjonalizacji kosztów produkcji i jakości produktu nasza oferta jest bardzo konkurencyjna na rynku. Naszym priorytetem jest zadowolenie klienta poprzez terminowe dostarczanie wyrobów i usług.

REKLAMA

Perfekcja kryje się w detalach

BISTAR

Działając na rynku tworzyw sztucznych od prawie 25 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

Koncepcja FULL SERVICE SUPPLY i wielkogabarytowa produkcja detali z tworzyw sztucznych

Branża tworzyw sztucznych to jedna z najszybciej rozwijających się gałęzi przemysłu.

Zważając na rosnące wymagania rynku, Sierosławski Group dokłada wszelkich starań, aby im sprostać, a nawet wyprzedzić. Nieustannie inwestuje w swoje zaplecze techniczne, ale też wykorzystuje swój potencjał i doświadczenie w tworzeniu nowych projektów, opierając się na koncepcji FULL SERVICE SUPPLY.

Inwestycje w nowe wielkogabarytowe wtryskarki otworzyły firmie możliwość rozwoju w całkiem nowych dziedzinach i obszarach, takich jak ogrodnictwo, branża spożywcza, branża motoryzacyjna. Zakupione duże, dwupłytkowe wtryskarki serii Jupiter są rzadkimi na świecie maszynami o takich gabarytach: 1600 ton (wypraska o max. masie 10 kg), 1300 ton (wypraska o max. masie 8 kg), a także 1850 ton. Ta ostatnia umożliwia wtrysk detalu – o wadze aż do 17,97 kg. Niewiele firm w Polsce i na świecie może pochwalić się posiadaniem takiego urządzenia w swoim asortymencie. Wtryskarki wielkogabarytowe to ogromny krok do przodu. Te innowacyjne wtryskarki dedykowane są m.in. dla produkcji detali o dużych rozmiarach, obsługi najwyższej jakości form czy form wymagających dłuższej drogi otwarcia. Wszystkie maszyny są wyposażone w niezbędne urządzenia peryferyjne, które umożliwiają wykonywanie zaawansowanych technicznie detali z wszelkich tworzyw termoplastycznych.

Projekty detali wielkogabarytowych, jakie są realizowane w firmie, to między innymi: zderzaki samochodowe, doniczki, kłapy do koszy na śmieci, palety z tworzyw sztucznych oraz różnego rodzaju detale wielkogabarytowe dla branży automotive.

Ogromne zdolności techniczne i wieloletnie doświadczenie pracowników otwiera firmie furtkę i w myśl zasady „od pomysłu – do przemysłu” pozwala realizować coraz bardziej zaawansowane projekty.

Komponenty z tworzyw sztucznych nieustannie zyskują na znaczeniu w wielu sektorach, a zwłaszcza w branży, motoryzacyjnej. Ich zastosowanie ma mnóstwo zalet, m.in.: obniżenie kosztów produkcji, wzrost innowacyjności, poprawa walorów estetycznych, zmniejszenie masy pojazdu, a także redukcja emisji zanieczyszczeń. Zauważając potencjał w tej branży, zespół specjalistów, konstruktorów z Sierosławski Group zaprojektował oraz wykonał formę wtryskową do produkcji błotników. Dzięki wykorzystaniu techniki projektowania w 3D, możliwościom konstruktorskim i wykonywaniu form do wtryskarek firma potrafi sprostać coraz wyższym wymaganiom klientów. Błotniki, o których mowa, są tylko kolejnym krokiem zrobionym w kierunku sektora automotive, a znajdują zastosowanie w przyczepach samochodowych. Błotniki, pozornie proste produkty, jednakże już na etapie projekto-



wania stawiane są przed nimi bardzo wysokie wymagania. Po pierwsze materiał musi spełniać wymogi narzucone przez tak zwane regulacje prawne REACH, musi być odporny na uderzenia, choćby kamieni wypadających spod koła czy też odporny na zmiany temperatury. A do tego muszą posiadać walory estetyczne - w końcu są elementem zewnętrznym pojazdu, który każdy widzi.

Mało kto wie, że prace nad przygotowaniem form wtryskowych wymagają poświęcenia wielu roboczogodzin różnych specjalistów (konstruktorów, technologów). Praca nad formą zaczyna się w biurze konstrukcyjnym. Na podstawie zebranych informacji dotyczących zastosowania detalu, jego parametrów i wymagań konstruktor przystępuje do projektowania formy, powstaje model 3D oraz dokumentacja, na podstawie której będą prowadzone prace w narzędziowni. Forma składa się przede wszystkim ze stempla, matrycy, kanałów chłodzących oraz kanałów wtryskowych, które doprowadzają płynne tworzywo do gniazda formującego. Materiał, z którego tworzy się formy wtryskowe, poddawany jest wielu różnym procesom obróbki, takim jak: skrawanie, frezowanie, szlifowanie, toczenie, drążenie.

Warto także podkreślić istotność wykonywania badań w laboratorium. Przeprowadzone testy weryfikują skuteczność zastosowanego do produkcji tworzywa, projekt kształtu i jakość wykonania formy.

Jak widać, produkcja z pozoru prostego błotnika w rzeczywistości wymaga wielu godzin pracy zespołu wykwalifikowanych specjalistów. Dlatego też poszukując dostawcy dobrych jakościowo wyrobów z tworzyw sztucznych, powinniśmy zwracać uwagę na wyposażenie techniczne, jakim dysponuje przedsiębiorstwo, uzyskane certyfikaty stosowane technologie.

**PRODUKCJA DETALI
WIELKOGABARYTOWYCH
DO 17KG**



**SPECJALISTYCZNE
TESTY NA DETALU
I MATERIALE**

**PROJEKTOWANIE
I PRODUKCJA FORM
WTRYSKOWYCH**



Technologie MuCell® i InduMold w produkcji wysokiej jakości detali samochodowych z tworzyw polimerowych

Marek Szostak, Paulina Krzywdzińska, Mateusz Barczewski

W artykule przedstawiono specjalne techniki formowania wtryskowego: MuCell® i InduMold zastosowane do produkcji wysokiej jakości części samochodowej, na przykładzie konsoli centralnej samochodu Audi Q5. Wyniki pomiarów właściwości mechanicznych, termomechanicznych i termicznych wytworzonych detali omówiono w odniesieniu do zmian w strukturze materiału ocenianej z zastosowaniem skaningowej mikroskopii elektronowej. Pomiaru uzupełniono o analizę jakości powierzchni, zrealizowaną za pomocą mikroskopii optycznej. Badania wykazały możliwość łącznego wykorzystania technologii MuCell® i InduMold do produkcji wysokiej jakości części dla przemysłu motoryzacyjnego.

Wtryskiwanie jest obecnie najpopularniejszą technologią przetwórstwa tworzyw sztucznych. To właśnie dzięki niej możliwe jest uzyskanie skomplikowanych kształtów wyrobów, przy dużej powtarzalności ich wymiarów. Mimo że jest to technologia najczęściej stosowana wśród przetwórców materiałów polimerowych i bardzo dobrze poznana, nie zawsze udaje się uzyskiwać wyroby o oczekiwanych właściwościach i estetyce. W celu poprawy jakości wykonania wyrobów wtryskowych i uniknięcia miejsc szczególnie narażonych na powstanie wad materiałowych, można podwyższyć temperaturę gniazda formy. Jest ona jednym z kluczowych parametrów w procesie wtryskiwania termoplastów, a dokładnie charakterystyka jej zmian w poszczególnych fazach cyklu pracy wtryskarki. Przetwórcy tworzyw polimerowych coraz częściej rezygnują ze stałej temperatury formy w procesie wtryskiwania na rzecz jej cyklicznych zmian. Wynika to z rozpowszechniania się przekonania, iż wtryskiwanie tworzywa do formy o temperaturze przekraczającej temperaturę zeszczenia lub krystalizacji, a następnie szybkie jej schładzanie przynosi liczne korzyści zarówno w samym procesie przetwórstwa, jak i w zakresie poprawy istotnych cech wypraski. W związku z tym rozwiązania te są obecnie spotykane w całym spektrum zastosowań technologii wtryskiwania, od przemysłu motoryzacyjnego, przez opakowaniowy, aż do zastosowań z dziedziny optyki. Rosnące oczekiwania w stosunku do jakości, estetyki, właściwości wytrzymałościowych i użytkowych wyprasek z tworzyw polimerowych wymagają stosowania w procesie ich produkcji coraz bardziej innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Wyzwania stawiane przez niektóre branże (na przykład w branży motoryzacyjnej) są niemożliwe do osiągnięcia przy zastosowaniu konwencjonalnych, tradycyjnych technik przetwórstwa. Stosowanie w procesie wtryskiwania wysokiej temperatury form wtryskowych umożliwia produkcję wyprasek o wyjątkowo dużym połysku, wyprasek o pożądanym właściwościach mikrostruktury powierzchni, perfekcyjnym odwzorowaniu kształtu i wymiarów gniazda formującego oraz prawie zerowym poziomie szczątkowych naprężeń własnych [1–5]. W nowoczesnych i najczęściej wdrażanych obecnie rozwiązaniach sterowania szybkimi cyklicznymi zmianami temperatury gniazd formujących wykorzystuje się obiegi olejowe, elektryczne grzałki oporowe, przegrzaną parę wodną, a także promienniki podczerwieni i induktry elektromagnetyczne. Stosując technologię wtryskiwania z szyb-

kimi, cyklicznymi zmianami temperatury formy, przetwórcy są w stanie spełnić wymagania dzisiejszego rynku, dotyczące jakości powierzchni wyprasek i dokładności ich wykonania. Co najważniejsze, można te wymagania spełnić z zachowaniem ekonomiki produkcji. Urządzenia i układy sterujące temperaturą działają równolegle w cyklu wtryskiwania, nie tylko nie opóźniają procesu, ale nawet przyczyniają się do jego skrócenia, obniżając w ten sposób koszt wytworzenia wyprasek.

Obecnie najczęściej stosuje się następujące sposoby nagrzewania form wtryskowych: parą wodną (np. *Rapid Temperature Cycling RTC*), cieczą (np. *Variotherm*, *Dynamic Mold Temperature Control DMTC*), indukcją (np. *InduMold*, *Cage System*, *3iTech*), promieniowaniem podczerwonym (np. *Variomelt IR*) oraz grzałkami elektrycznymi (np. *Rapid Heating Ceramics RHC*) [6–12].

W metodzie cyklicznej regulacji temperatury gniazd formujących wysoka temperatura ścianek formy przyczynia się do opóźnienia schładzania wtryskiwanego do formy tworzywa ciekłego i szybkiego tworzenia zestalonej zewnętrznej warstwy wypraski. Dzięki temu w procesie wtryskiwania uzyskuje się wypraski lepiej odwzorowujące powierzchnie gniazd formujących, przy znacząco mniejszym oporze przepływu tworzywa w fazie wypełniania formy. 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 przepływu tworzywa. Przekłada się to na obniżenie „zamrożonych” w wyprasce naprężeń oraz mniejsze różnice skurczu w poszczególnych obszarach wypraski. Korzyść ta staje się widoczna szczególnie wtedy, gdy cykliczną zmianą temperatury gniazd formujących objęte są obie części formy [13–14].

Kolejnym oczekiwaniem odbiorców wyrobów z tworzyw sztucznych jest minimalizacja masy wyprasek przy zachowaniu lub niewielkim spadku ich właściwości mechanicznych. Tutaj na pomoc przyszła opatentowana przez firmę Trexel Inc. (USA) technologia MuCell®. Technologia MuCell® zalicza się obecnie do jednych z najbardziej rozwojowych metod wtryskiwania. Polega ona na dostarczeniu gazu w stanie nadkrytycznym (gazem tym najczęściej jest azot lub dwutlenek węgla) do układu uplastyczniającego wtryskarki, gdzie zostaje on całkowicie rozpuszczony w tworzywie. W układzie tym tworzywo wraz z gazem przybiera postać jednofazowej mieszaniny gotowej do procesu wtryskiwania

[15–17]. Proces porowania tworzywa odbywa się dopiero, gdy znajdzie się ono w gnieździe formy wtryskowej. Uwalniający się gaz powoduje powstanie mikrokomórkowej struktury, a ciśnienie gazu porującego spełnia zadanie ciśnienia docisku. Proces nukleacji zachodzi na skutek gwałtownego i znacznego obniżenia ciśnienia w formie. Liczba powstających nukleantów jest bardzo duża, a co za tym idzie powstaje duża ilość bardzo drobnych porów, tworząc strukturę mikrokomórkową. W wyprase takiej pory są rozmiarów od 0,1 μm do 10 μm , a ich ilość mieści się w zakresie od 10^9 do 10^{15} komórek w 1 cm^3 materiału. Uzyskana wypraska ma jednolitą powierzchnię zewnętrzną – naskórek, a wewnątrz cechuje się mikroporowatą strukturą – rdzeń [15–17]. Na jakość uzyskanych mikroporów głównie wpływ ma rodzaj zastosowanego gazu, jego ilość rozpuszczona w materiale polimerowym, jak również istotną rolę odgrywa ciśnienie uplastyczniania.

Technologia MuCell zapewnia wiele korzyści, do jednych z nich, obok obniżenia masy wypraski, zalicza się możliwość zastosowania maszyn wtryskowych o mniejszej sile zwarcia. Wytworzenie w objętości wyrobów mikroporów powoduje eliminację zapadnięć i jam skurczowych bez zastosowania zmiany konstrukcji wypraski. Wszystkie te cechy nierozdzielnie wiążą się z obniżeniem kosztów produkcji [15–17].

Podstawową zaletą technologii MuCell® jest jednak możliwość uzyskiwania wyprasek o masie zmniejszonej nawet o 90% w porównaniu do wyprasek wykonanych z materiału litego. Kolejną korzyścią jest możliwość stosowania metody także dla wyprasek cienkościennych (grubość ścianek 0,3–1,0 mm). Z uwagi na redukcję masy można zastosować mniejsze układy uplastyczniające.

Wtryskiwanie mikroporujące pozwala również na korektę energochłonnych parametrów przetwórstwa. Temperaturę w procesie MuCell® można obniżyć nawet o 50% w porównaniu ze standardowym wtryskiwaniem. Stosuje się również mniejsze ciśnienia wtrysku i zmniejszone siły zamykania formy. Dzięki niższej temperaturze i mniejszej lepkości tworzywa oraz endotermicznej reakcji wzrostu porów, która skutecznie zastępuje fazę docisku, następuje szybsze wychłodzenie wypraski, a co za tym idzie cały czas cyklu ulega skróceniu. Wyroby produkowane opisywaną metodą wolne są od zapadnięć, a naprężenia własne są dużo mniejsze niż w przypadku wyprasek litych [15–17].

Technologia ta obok wyżej wymienionych zalet ma jednak dwa podstawowe ograniczenia. Po pierwsze, nie jest zalecana do produkcji elementów wysoko obciążonych mechanicznie, ponieważ porowata struktura powoduje ich osłabienie oraz po drugie, jakość powierzchni wyprasek jest zazwyczaj bez połysku (matowa), co często ogranicza możliwość jej wykorzystania w praktyce produkcyjnej. Dlatego aby sprostać oczekiwaniom odbiorców koniecz-

ne jest ciągłe udoskonalanie istniejących już technik wytwarzania bądź wykorzystywanie kilku metod, które w połączeniu dają o wiele lepsze rezultaty niż każda z nich z osobna.

Na bazie tego stwierdzenia w niniejszej pracy podjęto próbę oceny możliwości wykorzystania dwóch powyżej opisanych specjalnych metod wtryskiwania celem uzyskania jak najwyższej jakości wytwarzanej części pojazdu samochodowego.

WYRÓB, MATERIAŁ I TECHNOLOGIE WYTWARZANIA STOSOWANE W BADANIACH

Na rysunku 1 przedstawiono zdjęcia detalu poddawanego różnym badaniom. Jest to element konsoli centralnej samochodu osobowego marki Audi model Q5.

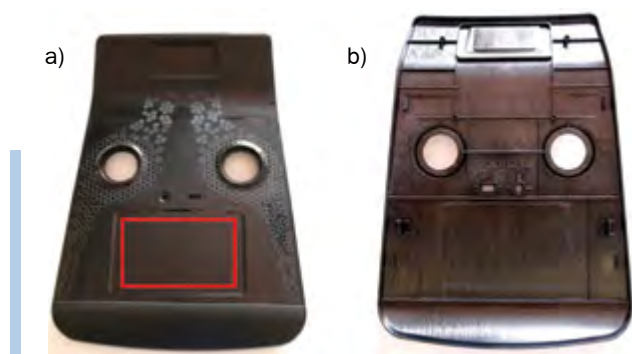
Materiałem używanym do produkcji była mieszanina PC/ABS z firmy Covestro (do września 2015 Bayer Material Science) o nazwie handlowej Bayblend®-grey o gęstości 1,1 g/cm^3 i wskaźniku szybkości płynięcia MFI 15,5 $\text{g}/10\text{min}$ (5 kg, 260°C).

Próbki do badań zostały wycięte z elementów wykonanych technologią wtryskiwania z wykorzystaniem metod MuCell® oraz InduMold. Detale zostały wytworzone przy tych samych parametrach wtryskiwania, lecz przy różnej temperaturze induktora. Temperatura induktora (TI) osiągała odpowiednio wartość: 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, 140°C i 150°C. Dla porównania wykonano również metodą wtryskiwania detal bez zastosowania grzania indukcyjnego. W tabeli 1 przedstawiono parametry techniczne procesu wtryskiwania.

Wtryskiwanie wyrobu przeprowadzono z wykorzystaniem formy wtryskowej wyposażonej w dwa induktory wewnętrzne, jeden

Tabela 1. Podstawowe parametry techniczne procesu wtryskiwania

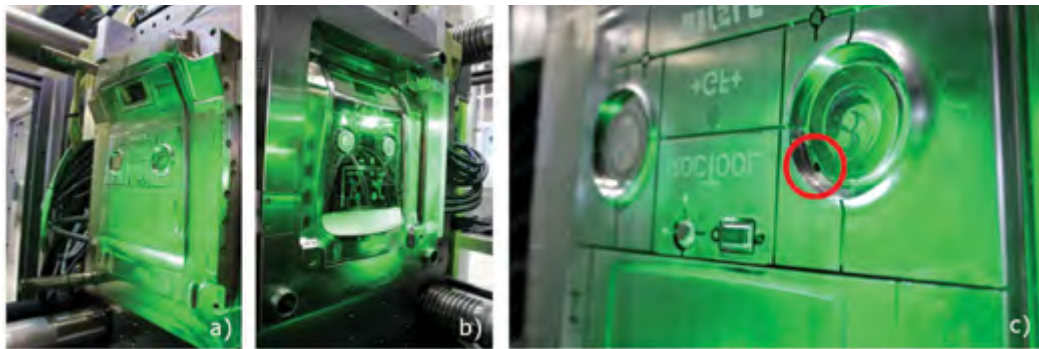
Parametr techniczny	Wartość/Opis
Siła zwarcia	5,500 kN
Maksymalna objętość wtrysku	1190 cm^3
Ślimak	Ø 60 mm MuCell®
Detal	Element konsoli centralnej
Czas cyklu	57 s
Masa wtrysku	198 g
Liczba gniazd	1
Materiał	PC/ABS-Bayblend®-grey
Automatyzacja	ENGEL viper 20
Sterownik	ENGEL CC300
Forma	Roctool
Technologia	InduMold+MuCell®



Rys. 1. Element konsoli centralnej Audi Q5 - powierzchnia czółowa z zaznaczonym miejscem pobrania próbek do badań (a) i tylna (b)



Rys. 2. Wtryskarka ENGEL duo 550



Rys. 3. Widok nieruchomej (a) i ruchomej (b) części formy wtryskowej wraz z zaznaczeniem punktu wtrysku tworzywa (c)



Rys. 4. Induktor firmy RocTool

Tabela 2. Parametry nastawcze generatora indukcyjnego firmy RocTool

Parametr	Jednostka	Wartość
Temperatura induktora 1 (Generator 1)	[°C]	100, 110, 120, 130, 140, 150
Temperatura induktora 2 (Generator 2)	[°C]	100, 110, 120, 130, 140, 150
Maksymalny czas grzania	[s]	12
Moc (Generator 1)	[kW]	120
Moc (Generator 2)	[kW]	20

większy umiejscowiony w ruchomej części formy oraz induktor o znacznie mniejszej powierzchni zamontowany w nieruchomej części formy. Elementy do badań wtryskiwano przy pomocy wtryskarki ENGEL duo 550 (rys. 2).

Wtryskarka została wyposażona w formę z grzaniem indukcyjnym wewnętrznym dostarczoną przez firmę RocTool (rys. 3) oraz w odpowiedni układ termostatujący pracujący impulsowo.

Zmian temperatury nagrzewania formy dokonywano bezpośrednio na induktorze typu RT11-ARS firmy RocTool (rys. 4).

Podstawowe parametry konwencjonalnego wtryskiwania wyrobu były następujące: ciśnienie wtrysku – 220 MPa; objętościowe natężenie przepływu 300 cm³/s; czas docisku 3s; czas chłodzenia 22s; temperatura na układzie uplastyczniania 240–260°C. W technologii MuCell® wykorzystywano jako gaz porujący dwutlenek węgla, z wydatkiem 0,89 kg/h i specjalnym ciśnieniem spiętrzania wynoszącym 250 MPa. Jeśli chodzi o parametry wtryskiwania z zastosowaniem grzania indukcyjnego, to pozostały one takie same, jak przy wtryskiwaniu konwencjonalnym, jednak dodatkowo załączono grzanie indukcyjne powierzchni gniazd formy wtryskowej. W tabeli 2 przedstawiono główne parametry nastawcze generatora indukcyjnego oraz temperatury, przy których odbywał się proces wtryskiwania badanego detalu.

METODYKA BADAWCZA

W celu określenia właściwości termomechanicznych, mechanicznych oraz cieplnych z wytworzonych detali wycięto próbki, dla których wykonano następujące badania: statyczną próbę rozciągania, dynamiczno-mechaniczną analizę termiczną (DMTA), ocenę temperatury mięknięcia wg Vicata oraz dokonano obserwacji jakości powierzchni z zastosowaniem mikroskopii optycznej oraz skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Miejsce pobrania próbek pokazano na rysunku 1a.

Ocenę właściwości mechanicznych zrealizowano w próbie statycznego rozciągania przy użyciu maszyny wytrzymałościowej

Zwick Roell Z020 TH ALLround Line według wytycznych opisanych w normie PN-EN ISO 527-2:2012, w temperaturze 21°C i przy wilgotności względnej 50%. Próbkę rozciągano z prędkością 10 mm/min.

Badanie temperatury mięknięcia metodą Vicata przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 306 za pomocą termostatu szafkowego z szybkością przyrostu temperatury wynoszącą 50°C/h i obciążeniu 50 N.

Właściwości termomechaniczne utwardzonych kompozytów oceniono metodą dynamiczno-mechanicznej analizy termicznej (DMTA) przy użyciu aparatu Anton Paar MCR 301, realizując pomiar w trybie skręcania. Próbkę o wymiarach 50 x 8,9 x 1,7 mm poddano obciążeniom mechanicznym z częstotliwością 1Hz i ogrzewano w zakresie temperatury od 30°C do 200°C z szybkością grzania 2°C/min. Próbkę do badań wycięto z detali wykonanych z wykorzystaniem grzania indukcyjnego o temperaturze induktora 100°C oraz 150°C, jak również dla detalu, w którym grzanie formy za pomocą indukcji było wyłączone.

Obserwację mikrostruktury przełomów materiałowych, napolanych uprzednio warstwą złota, przeprowadzono za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego Tescan Vega 5135. Analizy prowadzono przy napięciu przyspieszającym równym 12 kV oraz powiększeniu wynoszącym 100x. Oceny jakości powierzchni detali, wykonanych w różnych warunkach procesu technologicznego, dokonano przy pomocy mikroskopu stereoskopowego MSt 130, przy powiększeniu 157,5x, sprzężonego z systemem cyfrowej rejestracji obrazu TCA-5.0 Color.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Na rysunku 5 a-c przedstawiono wyniki badań właściwości mechanicznych uzyskanych w statycznej próbie rozciągania próbek wytworzonych przy różnej temperaturze induktora. Zaobserwować można, że wpływ grzania indukcyjnego nie powoduje znacznej zmiany mo- ▶



B A business of BARNES GROUP INC

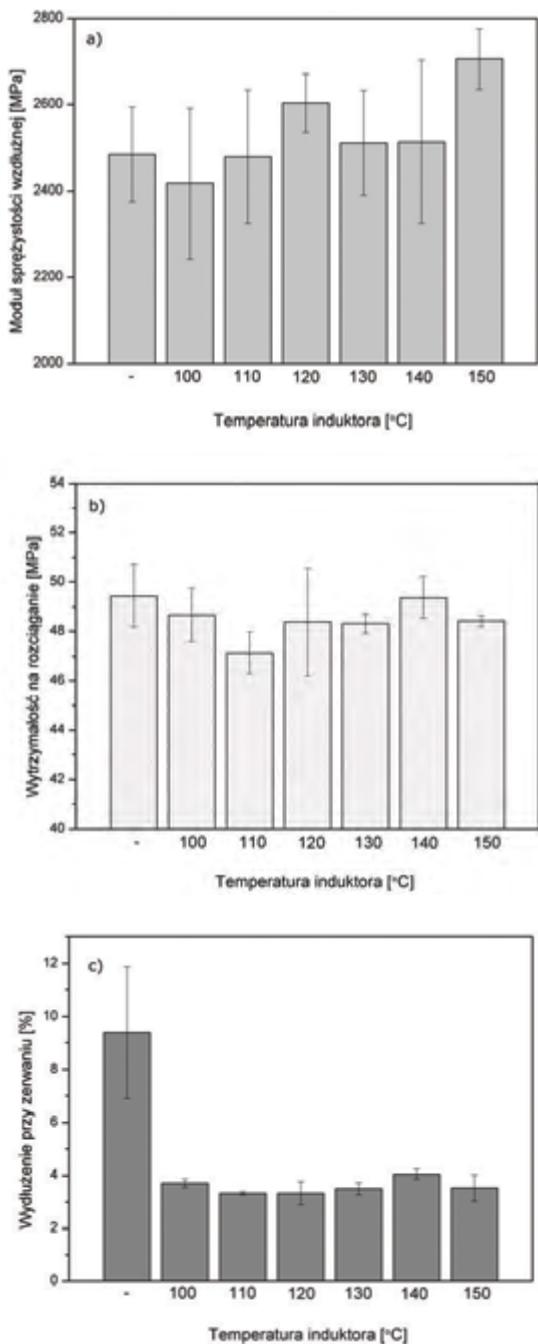
**Lider w dziedzinie jakości
i innowacji**



GIMATIC POLSKA Sp. z o.o.

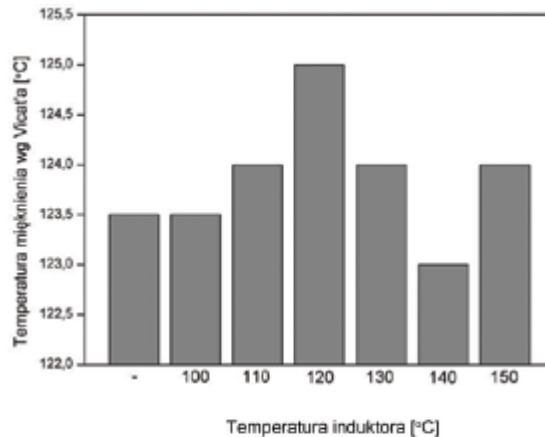
ul. Spadowa 13 • 42-233 Wierzchowisko • tel. 34 38 73 052 • tel. kom. 889 535 500

gimatic@gimaticpolska.pl • www.gimatic.com

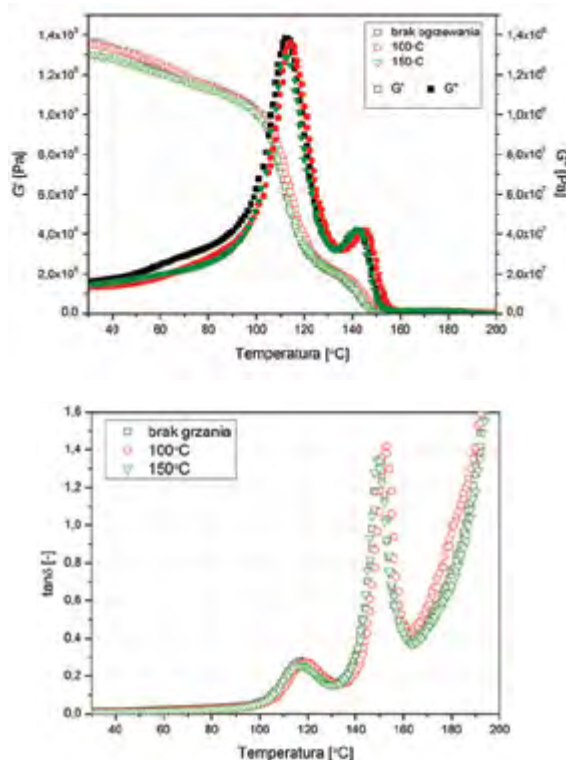


Rys. 5. Zestawienie właściwości mechanicznych próbek wyciętych z detali uzyskanych przy różnej temperaturze induktora

dułu sprężystości wzłużnej (rys. 5 a). W przypadku badań wyrobów litych, bez struktury porowatej, które jednak nie były wytwarzane w naszym przypadku, wraz ze wzrostem temperatury induktora (a przez to i temperatury powierzchni formy) zauważyć powinno się wzrost otrzymanej wartości modułu. W omawianych badaniach moduł sprężystości, biorąc pod uwagę otrzymane słupki błędów, jest jednak stały dla wszystkich badanych materiałów. Widoczny jest co prawda pewien wzrost sztywności próbek wykonanych z wykorzystaniem grzania indukcyjnego i w temperaturze induktora 130°C i 150°C, ale zaobserwowane wyniki nie różnią się istotnie. Wytrzymałość na rozciąganie R_m badanych próbek miała zbliżone wartości, znajdujące się w przedziale 47,1–49,5 MPa (rys. 5 b). Wynikać to może z faktu, że induktor spowodował zmianę struktury jedynie na powierzchni wypraski, natomiast rozciąganiu poddawany jest cały przekrój próbki. Wzrost temperatury induktora w zakresie od 100°C



Rys. 6. Temperatura mięknięcia Vicata badanych próbek wyciętych z detali uzyskanych przy różnej temperaturze induktora



Rys. 7. Wyniki pomiarów termomechanicznych (DMTA) próbek wykonanych przy wyłączonym induktorze oraz temperaturze induktora 100°C i 150°C

do 150°C powoduje znaczny spadek wydłużenia badanych próbek (rys. 5 c). Wartość wydłużenia obniżyła się dla wszystkich próbek wtryskiwanych przy różnych temperaturach induktora i utrzymuje się niemal na takim samym poziomie, w zakresie od 3,33 do 4,05%.

Na rysunku 6 przedstawiono wartości temperatury mięknięcia Vicata badanych próbek. Zaobserwowano nieznaczną zmianę temperatury mięknięcia Vicata próbek wykonanych w technologii porowania fizycznego MuCell® z wykorzystaniem grzania indukcyjnego. Obserwowane zmiany temperatury mięknięcia mogą być spowodowane ilością oraz wielkością wytworzonych w strukturze wyprasek pęcherzyków (porów), które pod działaniem węgelnika (igły stalowej) zapadają się. Najwyższą temperaturę mięknięcia 125°C uzyskano dla wyrobu wytworzonego przy zastosowaniu induktora o temperaturze 120°C, natomiast najniższą 123°C w przypadku temperatury induktora wynoszącej 140°C.

Tabela 3. Zestawienie wybranych wartości modułów zespolonych (G') oraz temperatury zeszklenia (T_g)

Temperatura induktora	$G' 30^\circ\text{C}$	$G' 60^\circ\text{C}$	$G' 120^\circ\text{C}$	T_{g1}	$\tan\delta (T_{g1})$	T_{g2}	$\tan\delta (T_{g2})$
	[Pa]			[°C]	[-]	[°C]	[-]
Bez ogrzewania	1,36·10 ⁹	1,24·10 ⁹	3,4·10 ⁸	117	0,276	150	1,35
100°C	1,35·10 ⁹	1,25·10 ⁹	3,87·10 ⁸	119	0,271	153	1,42
150°C	1,29·10 ⁹	1,18·10 ⁹	2,12·10 ⁸	117	0,257	149	1,34

Na rysunku 7 przedstawiono wyniki dynamiczno-mechanicznej analizy termicznej (DMTA) obrazujące zmiany wartości modułu zachowawczego (G'), modułu stratności (G'') oraz tangensa kąta stratności ($\tan\delta$) w funkcji temperatury dla wybranych próbek wtryskiwanych. W tabeli 3 zestawiono dodatkowo wartości G' oraz temperatury zeszklenia odczytanej jako maksima krzywych $\tan\delta(T)$. Próbki materiałowe wtryskiwane przy temperaturze induktora 150°C charakteryzowały się znacząco niższymi wartościami modułu zachowawczego. W odniesieniu do danych literaturowych można stwierdzić, że obniżona wartość modułu zachowawczego próbki 150°C związana jest ze zwiększoną gęstością materiału wynikającą ze zmniejszonej wielkości porów [18, 19]. Zaobserwowane lokalne maksimum na krzywej $\tan\delta(T)$ w okolicach temperatury 117°C odnosi się do przejścia fazowego kopolimeru ABS zawartego w mieszaninie, natomiast 147°C do PC [20, 21]. Wartości temperatury zeszklenia badanych próbek materiałowych nie różnią się znacząco pomiędzy sobą, zaobserwowano jedynie niewielkie przesunięcia pomiędzy krzywymi $\tan\delta(T)$. W przypadku obydwóch maksimów na krzywych tangensa kąta stratności, próbki materiałowe kształtowane przy temperaturze induktora 100°C cechowały się podwyższoną temperaturą zeszklenia. Intensywności pików $\tan\delta$ dla wyrobów wykonanych bez zastosowania grzania indukcyjnego oraz z zastosowaniem induktora i temperaturze 100°C są zbliżone. Najniższe wartości $\tan\delta$, w punktach odpowiadających lokalnym maksimum zaobserwowano dla próbek wytworzonych przy najwyższej temperaturze induktora (150°C). Wiąże się to z najmniejszą skłonnością do tłumienia drgań mechanicznych oraz zwiększoną sztywnością struktury w porównaniu do pozostałych analizowanych próbek. Wyniki te pozostają w zgodności z wartościami modułu sprężystości wzdłużnej zmierzonymi w próbie statycznego rozciągania. Jedynie w przypadku próbek otrzymanych z użyciem induktora i temperaturze 150°C odnotowano przesunięcie T_g w kierunku niższych wartości temperatury. Materiały polimerowe o strukturze mikrokomórkowej zazwyczaj wykazują mniejszy moduł sprężystości i przesunięcie T_g na niższy poziom w porównaniu do tych charakteryzujących się większym rozmiarem porów. Należy podkreślić, że im mniejszy rozmiar porów i bardziej jednolity rozkład dużych, tym większe przesunięcie wartości T_g w kierunku niższej temperatury [15].

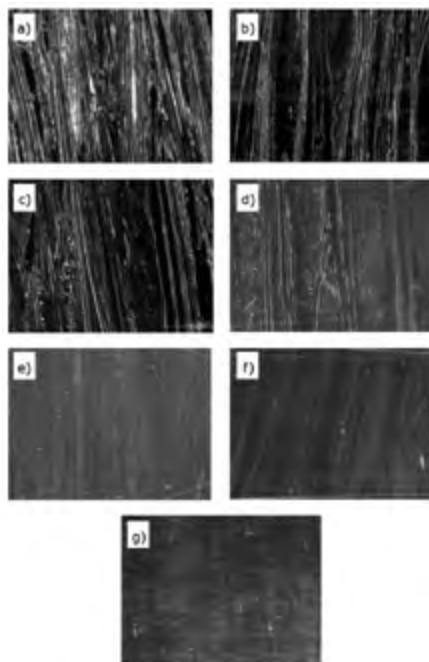
Główną cechą z punktu widzenia użytkownika jest jakość powierzchni uzyskiwanych elementów. Coraz większe wymagania odbiorców wiążą się już nie tylko z właściwościami mechanicznymi czy też użytkowymi. Dużą wagę przywiązuje się obecnie do estetyki gotowego detalu. To właśnie dzięki technologii wtryskiwania z dynamicznymi zmianami temperatury formy możemy uzyskać powierzchnie gładkie lub też o określonej teksturze. Poprzez zastosowanie specjalnych technologii wtryskiwania takich jak: Variotherm, Variomould IR, RTC, DMTC, RHC i InduMold, możemy w większym stopniu wpływać na jakość powierzchni i kształtować ją w zależności od potrzeb. W celu oceny jakości uzyskanej powierzchni wytworzonych w ramach badań detali dokonano jej obserwacji pod mikroskopem optycznym. Na rysunku 8 przedstawiono zdjęcia mikroskopowe powierzchni wyprasek

wykonane przy powiększeniu 157,5x. Na podstawie analizy stanu powierzchni wyrobów można zauważyć, że wraz ze wzrostem temperatury induktora znacząco poprawia się jakość powierzchni detalu. Mniej widoczne stają się linie płynięcia polimeru i poprawia się jakość wyrobu pod względem wizualnym i powierzchnia staje się błyszcząca. Wnioskować można zatem, że wraz ze wzrostem temperatury formy wzrasta poziom jednorodności struktury naskórka detalu. Podwyższona temperatura gniazda formy wtryskowej wpływa ponadto na eliminację niedolewów, dodatkowo materiał polimerowy łatwiej wypełnia i odwzorowuje wewnętrzne kształty formy. W przypadku zastosowania grzania indukcyjnego wyeliminowany zostaje problem powstawania przyściennej warstwy „zamrożonej”.

Zamieszczone na rysunku 9 zestawione zdjęcia SEM przedstawiają mikrostrukturę przełamów próbek wyciętych z detali, zarówno warstwy naskórkowej, przejściowej, jak i rdzenia wyrobu. Zauważono, że wraz ze wzrostem temperatury induktora struktura warstwy naskórkowej, jak i przejściowej jest bardziej jednolita, podczas gdy struktura rdzenia wyrobu pozostaje bez zmian i charakteryzuje się strukturą mikroporową.

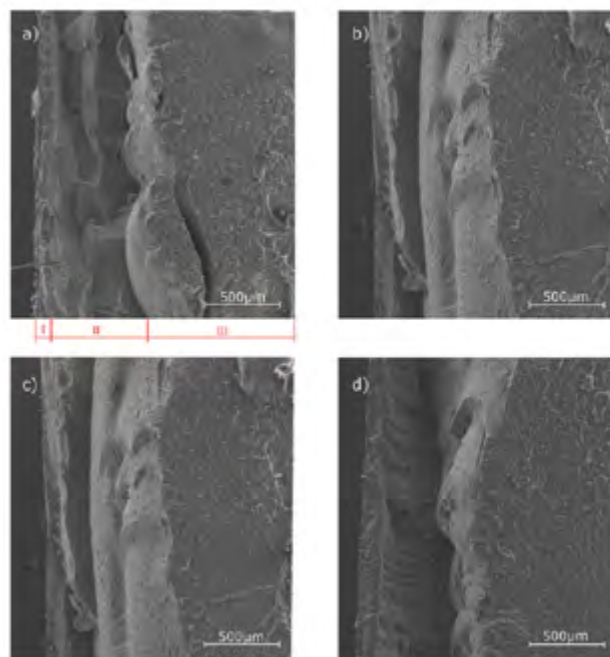
PODSUMOWANIE

Możliwość uzyskania wyrobów charakteryzujących się znacznie lepszą jakością powierzchni, a w konsekwencji lepszą estetyką, skłania przetwórców do wdrażania technologii wtryskiwania wykorzystujących dynamiczne zmiany temperatury (odmiany Variotherm). Technologia MuCell® zapewnia ponadto możliwość wytworzenia wyprasek lżejszych, o dokładniej odwzorowanych kształtach i tańszych, co przyczynia się do coraz szerszego jej zastosowania w różnych branżach przemysłu, ostatnio nawet w opakowaniowej. Wypraski wytwarzane z wykorzystaniem grzania indukcyjnego wykazują znacznie lepsze właściwości mechaniczne i użytkowe niż elementy wykonane w konwencjonalnej technologii wtryskiwania. Nie dotyczy to wyprasek wytwarzanych w technologii spieniania MuCell®, w której modyfikacja warstwy przypowierzchniowej wyrobu nie wpływa w istotnym stopniu na jego właściwości mechaniczne, zależnie od liczby oraz wymiarów powstających w całej objętości wypraski wewnętrznych porów. Stwierdzono niewielkie zwiększenie modułu Younga próbek detali wytworzonych w technologii InduMold, brak zmian wytrzymałości na rozciąganie oraz ponad dwukrotne zmniejszenie wydłużenia przy zerwaniu. Wyniki dynamicznej analizy termomechanicznej dowodzą, że zastosowanie odpowiednio dobranej temperatury induktora może mieć znaczny wpływ na strukturę mikroporową elementów wytwarzanych z wykorzystaniem obu odmian technologii wtryskiwania. Wypraski uzyskane w warunkach wyższych wartości temperatury induktora (150°C) wykazywały zmniejszony moduł zachowawczy, a jednocześnie zmniejszenie wartości tangensa kąta stratności. W wypadku zastosowania grzania indukcyjnego powierzchnia uzyskanego wyrobu odznaczała się zdecydowanie lepszym wyglądem, bez widocznych linii płynięcia tworzywa i bardzo wysokim połyskiem, w porównaniu z powierzchnią wypraski wytworzonej w procesie wtryskiwania bez udziału induktora. Badania potwierdziły możliwość wykorzystania ►



Rys. 8. Wygląd powierzchni detali uzyskanych przy różnej temperaturze induktora.

a) bez grzania; b) induktor 100°C; c) induktor 110°C; d) induktor 120°C; e) induktor 130°C; f) induktor 140°C; g) induktor 150°C;



Rys. 9. Zdjęcia SEM przetomów próbek: a) bez grzania; b) induktor 100°C; c) induktor 120°C; d) induktor 150°C; wraz z zaznaczonymi na rys. a) warstwami: I - naskórek; II - warstwa przejściowa; III - rdzeń; (powiększenie 100x)

łącznie obu technologii (MuCell® i InduMold) do produkcji wysokiej jakości elementów dla przemysłu motoryzacyjnego.

LITERATURA

- [1] J. Giessauf, G. Pillwein, G. Steinbichler: *Kunststoffe International* 2008, 8, 57.
- [2] U. Hinzpeter: *Kunststoffe International* 2009, 1, 11.
- [3] C. Jaroschek, D. Cernjak: *Kunststoffe International* 2010, 4, 29.
- [4] H. Ridder, P. Heim i in.: *Kunststoffe International* 2009, 5, 22.
- [5] Materiały informacyjne Gas Injection Worldwide Ltd.: *Rapid Temperature Cycling Solutions RTC*, FAKUMA 2008, Friedrichshafen, Niemcy, 14-18 października 2008.
- [6] Chen, S.-C., Minh, P.S., Chang, J.-A., i in.: *International Communications in Heat and Mass Transfer* 2012, 39, 216. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2011.11.006>.
- [7] P. Guerrier, J.H. Hattel: *Numerical modeling of magnetic induction and heating in injection molding tools*. Materiały International Conference on Advanced Manufacturing Engineering and Technologies NEWTECH; Stockholm, Szwecja, 27-30 października 2013, str. 35-45.
- [8] K. Mrozek: *Optimization of the injection mold design by means of external selective induction heating*. Materiały ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Boston, Stany Zjednoczone, 2-5 sierpnia 2015, nr art. DETC2015-46440.
- [9] K. Mrozek, R. Staniek, M. Szostak: *Research on external and internal induction heating effectiveness of injection molds by means of thermovision measurements*, Materiały ASME 2014 12th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis, Kopenhaga, Dania, 25-27 lipca 2014, nr art. ESDA2014-20317.
- [10] K. Mrozek, S.C. Chen: *Journal of Applied Polymer Science* 2017, 134, 44992. <http://dx.doi.org/10.1002/app.44992>.
- [11] K. Mrozek, R. Staniek: *Simulations and verifications of selective induction heating of injection mold cavity insert*,

w *Insights and Innovations in Structural Engineering, Mechanics and Computation* 2016, str. 1830.

- [12] R. Zawilski, M Szostak: *Przetwórstwo Tworzyw* 2013, 153, 292.
- [13] Materiały informacyjne Gesellschaft Wärme Kälte mbH.: „Dynamische Formnesttemperierung. Direkt beheizte Hochleistungswerkzeuge”, FAKUMA 2009, Friedrichshafen, Niemcy, 13-17 października 2009.
- [14] B. Schröbel: *Kunststoffe International* 2010, 1, 52.
- [15] K. Bledzki, J. Kühn, H. Kirschling i in.: *Cellular Polymers* 2008, 27, 91.
- [16] Materiały informacyjne Engel GmbH: *Wprowadzenie do technologii MuCell*, Schwertberg, Austria, 2016.
- [17] Materiały informacyjne Trexel Inc.: *A Guide to the MuCell Microcellular Foam Injection Molding Process*, Woburn, Stany Zjednoczone, 2016.
- [18] M.A. Rodriguez-Perez, J.A. De Saja: *Polymer Testing* 2000, 19, 831. [https://doi.org/10.1016/S0142-9418\(99\)00054-9](https://doi.org/10.1016/S0142-9418(99)00054-9).
- [19] Almanza O., Rodriguez-Perez M.A., De Saja J.A.: *Polymer* 2001, 42, 7117. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(01\)00107-0](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(01)00107-0).
- [20] H. Li, J. Zhao, S. Liu i in.: *RSC Advances* 2014, 20, 10395. <https://doi.org/10.1039/C3RA45617J>.
- [21] X. Wei, D. Li, W. Jiang i in.: *Scientific Reports* 2015, 5, 11181. <https://doi.org/10.1038/srep11181>.

Podziękowania

Autor dziękuje firmom ENGEL i Roctool za udostępnienie maszyny, formy i induktora do wytworzenia wyprasek do opisanych w powyższym artykule badań.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Polimery”, 2018, T. 63, nr 2, s. 145-152.

dr hab. inż. Marek Szostak
mgr. inż. Paulina Krzywdzińska
dr hab. inż. Mateusz Barczewski

STORK[®] IMM

INJECTION MOULDING MACHINES



- ✓ SOLIDNE
- ✓ NIEZAWODNE
- ✓ NIEPRAWDOPODOBNI SZYBKIE



PAIL-LINE



POT-LINE



FOOD-LINE



CRATE-LINE



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

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

Nadzorowanie procesu wtryskiwania tworzyw termoplastycznych z wykorzystaniem wielowymiarowych kart kontrolnych

Marcin Bogucki, Zbigniew Krzysiak, Waldemar Samociuk, Radostaw Cechowicz

W artykule przedstawiono ideę nadzorowania procesu wtryskiwania tworzyw ze względu na wiele charakterystyk jakości. Szczegółowej dyskusji poddano konstrukcję i procedurę wdrożenia wielowymiarowej karty kontrolnej Hotellinga. Zaprezentowano wyniki badań własnych ilustrujące nadzorowanie procesu wtryskiwania termoplastów. Wskazano na ważkość procedury nadzorowania w doskonaleniu jakości procesu wtryskiwania.

O cechach użytkowych wyprasek wtryskowych w głównej mierze decydują właściwości fizykochemiczne stosowanego tworzywa. Wśród nich należy wyróżnić rodzaj struktury i skład chemiczny tworzywa (polimery amorficzne i krystaliczne), wymiary ziaren, jednorodność, zawartość dodatkowych składników, ciężar cząsteczkowy [1–6] oraz jego wstępne przygotowanie w procesie przetwórstwa [7].

Równie istotnym czynnikiem są rozwiązania konstrukcyjne wtryskarki. Wymagane jest, aby wtryskiwane tworzywo było jednorodne, charakteryzowało się właściwą temperaturą wtrysku oraz wskaźnikami płynięcia [8]. Wiele z wymienionych cech fizycznych jest uwarunkowanych konstrukcją układu uplastyczniającego, w tym rozkładem temperatur w strefie grzewczej cylindra uplastyczniającego oraz typem zastosowanego ślimaka [3]. Warto również zwrócić uwagę na funkcję, jaką pełni układ formy wtryskowej w procesie kształtowania właściwości fizycznych i mechanicznych wyprasek. Warunkiem uzyskania wytworu o korzystnych właściwościach fizycznych i mechanicznych jest laminarny przepływ tworzywa, sposób jego doprowadzenia do gniazda formy oraz kształt zastosowanej przewężki [9–11, 2].

Poza właściwościami fizykochemicznymi tworzywa oraz cechami konstrukcyjnymi układów narzędziowych wtryskarek konstituowanie się właściwości użytkowych wytworów jest ściśle uzależnione od warunków prowadzenia procesu wtryskiwania [3, 4, 12–15]. Dobór nastaw procesu wtryskiwania wymaga ustalenia relacji występujących pomiędzy zmiennymi determinującymi przebieg wtryskiwania i ich oddziaływaniem na wybrane kryteria jakości. Tę relację odtwarza najczęściej model empiryczny procesu wtryskiwania, zapisany w postaci równania regresji. Dodatkowo sterowanie procesem wtryskiwania komplikuje inercja układu oraz nieliniowość [16].

Efektywne i kompleksowe wykorzystanie informacji z zakresu przetwórstwa tworzyw, technologii wtryskiwania oraz konstrukcji układów narzędziowych wymaga prowadzenia złożonych prac badawczo-rozwojowych. Celem tych prac jest doskonalenie jakości procesu wtryskiwania przez optymalizację cech konstrukcyjnych układów narzędziowych oraz dobór nastaw zmiennych sterujących procesem.

Bez względu na stopień doskonałości procesu wtryskiwania, podstawową kwestią zawsze pozostaje odniesienie jego wyniku

do przyjętego kryterium jakości. W przypadku wtryskiwania termoplastów to zadanie jest o tyle złożone, że doskonałość procesu/produktu jest oceniana ze względu na wiele charakterystyk jakości. W literaturze przedmiotu dyskutuje się kryteria ekonomiki wytwarzania, w tym zużycie energii oraz innych zasobów produkcyjnych, właściwości fizyczne i mechaniczne wytworów, i zgodność odtwarzania wymiarów geometrycznych formy wtryskowej [3, 4, 17–20]. Wielokryterialność oceny procesu wtryskiwania wymaga specyficznego podejścia do problemu nadzorowania jakości.

IDEA STATYSTYCZNEGO NADZOROWANIA PROCESU

Procedura statystycznego nadzorowania procesu wykorzystuje elementarny fakt, że obserwacje przedstawiające stabilny obraz procesu podlegają wyłącznie zakłóceniom losowym [21]. Opis matematyczny takiego stanu jest najczęściej utożsamiany z rozkładem normalnym $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, gdzie μ i σ^2 , to odpowiednio parametry położenia (średnia) i rozrzutu (wariancja) rozkładu charakterystyki jakości X . Jeżeli dwa z wymienionych parametrów rozkładu nie zmieniają się w czasie, to stwierdza się, że proces znajduje się w tzw. stanie kontroli statystycznej. W przypadku gdy przynajmniej jeden z parametrów rozkładu losowego ulega zmianie, uważa się, że na proces oddziałują tzw. zakłócenia systematyczne (inaczej: specjalne).

Idea nadzorowania procesu polega zatem na obserwacji i detekcji zmian jego parametrów stochastycznych i, o ile jest to zasadne, wprowadzania na tej podstawie niezbędnej korekty procesu. Wdrożenie procedury nadzorowania procesu wymaga prowadzenia diagramów przedstawiających zmienność obserwacji statystyk z próby wraz z liniami odniesienia reprezentującymi arbitralne, dopuszczalne granice losowej zmienności parametrów jego rozkładu – tzw. dolne i górne granice kontrolne LCL i UCL (*lower/upper control limit*) [21, 22]. Diagramy wykorzystywane do systematycznej obserwacji parametrów statystycznych procesu nazywa się mianem kart kontrolnych. Obserwacje leżące poza granicami kontrolnymi wskazują na ewentualne zakłócenia procesu.

Konstrukcja karty kontrolnej bazuje na procedurze weryfikacji hipotez statystycznych [23, 24]. W tym kontekście górna i dolna granica kontrolna (LCL i UCL) wyznaczają obszary zmienności losowej parametru stochastycznego θ (np. μ i/lub σ^2), tzw. przedział akceptacji i przedział krytyczny (równania (1) i (2)), gdzie wartość prawdopodobieństwa (frakcja obserwacji) α jest nazywa-

na błędem pierwszego rodzaju [23]. Wartość α jest jednocześnie prawdopodobieństwem wystąpienia tzw. fałszywego alarmu, tj. obserwacji leżącej poza liniami kontrolnymi LCL i UCL, ale w sytuacji występującej spontanicznie, gdy proces znajduje się w stanie kontroli statystycznej. W przypadku jednowymiarowych kart kontrolnych, za błąd pierwszego rodzaju przyjmuje się najczęściej wartość $\alpha = 0,0027$. Konsekwentnie, gdy proces znajduje się w stanie kontroli statystycznej, fałszywy alarm karty występuje przeciętnie raz na 370 kolejno pobieranych prób/pomiarów ($\sim 1/\alpha$), co w licznych zastosowaniach jest powszechnie akceptowanym kompromisem.

$$P(LCL \leq \theta \leq UCL) = 1 - \alpha \quad (1)$$

$$P((\theta < LCL) \vee (\theta > UCL)) = \alpha \quad (2)$$

Wdrożenie karty kontrolnej przebiega w trzech etapach: (i) etap przygotowawczy, mający za zadanie oszacowanie aktualnych parametrów rozkładu prawdopodobieństwa $N(\mu, \sigma^2)$; dobór liczności próby n , decydujący o zdolności wykrywania zakłóceń systematycznych oraz wyznaczenie granic kontrolnych LCL i UCL; (ii) etap nadzorowania procesu polegający na bieżącej obserwacji procesu z wykorzystaniem wcześniej wyznaczonych granic kontrolnych, pobieraniu dalszych prób, szacowaniu wartości statystyk testowych i zamieszczeniu wyniku na diagramach. Jeżeli karta kontrolna wskaże stan ewidentnego zakłócenia, np. w postaci punktu leżącego poza granicami kontrolnymi, niezbędne jest wyjaśnienie lub poszukiwanie przyczyn problemu i ewentualnie wprowadzenie korekty do procesu; (iii) etap analizy wyników karty kontrolnej. Celem tego etapu jest kompleksowa analiza obserwacji, odniesienia aktualnych granic losowej zmienności procesu do granic specyfikacji procesu z wykorzystaniem tzw. wskaźników zdolności i wykonania procesu c_p , c_{pk} , P_p , P_{pk} [21]. Wynik analizy pozwala na stwierdzenie, czy aktualny stan procesu jest zgodny z przyjętymi założeniami. Najczęściej efektem tego etapu jest aktualizacja granic kontrolnych.

Problematyka statystycznego nadzorowania procesu jest obszernie dyskutowana w wielu pozycjach literatury statystyki stosowanej [21, 25, 26], a przedstawiony schemat nadzorowania procesu jest stosowany dla wielu rodzajów kart kontrolnych: X/R, X/S, X/MA, EWMA, CUSUM i ich wielowymiarowych odpowiedników.

KONSTRUKCJA WIELOWYMIAROWEJ KARTY KONTROLNEJ HOTELLINGA T2

Nadzorowanie procesu wtryskiwania termoplastów komplikuje się znacząco, gdy jednocześnie jest poddanych wiele, przyjmijmy p charakterystyk jakości. Dodatkowo założmy, że każda z p charakterystyk podlega rozkładowi normalnemu, a za poziom prawdopodobieństwa fałszywego alarmu nadal zachowamy wartość $\alpha = 0,0027$. Wówczas łączne prawdopodobieństwo zdarzenia, że wszystkie p charakterystyki jakości znajdują się w stanie kontroli statystycznej, wyniesie: $(1-\alpha)^p$. Z kolei prawdopodobieństwo pojawienia się fałszywego alarmu wyniesie: $1-(1-\alpha)^p$. Dla przykładu, gdy liczba nadzorowanych charakterystyk jakości wynosi 3, fałszywy alarm pojawi się przeciętnie raz na 124 kolejno pobranych prób/pomiarów. Dla dziesięciu charakterystyk jakości fałszywy alarm będzie generowany średnio co 37 sukcesywną obserwacją. W praktyce prowadzenia kart kontrolnych taka sytuacja jest nieakceptowalna. Sugerując się fałszywym alarmem karty kontrolnej, operator może niesłusznie wprowadzać korektę do procesu, co byłoby tożsame z zakłóceniem procesu. Zauważmy, że powyższa dyskusja dotyczyła prostego przypadku p niezależnie nadzorowanych charakterystyk jakości. Niejednokrotnie, pomiary charakterystyk jakości nie należy traktować jako niezależne, co istotnie komplikuje kwestię ich jednoczesnego nadzorowania.

Rozwiązanie tego problemu polega na prowadzeniu tylko jednej, wielowymiarowej karty kontrolnej, uwzględniającej współzależności między pomiarami charakterystyk jakości. Ta idea została zaproponowana po raz pierwszy w pracy H. Hotellinga [27] i bazuje na obliczaniu/wykreślaniu jednej statystyki i jednej pary granic kontrolnych. Takie podejście znacząco ułatwia procedurę nadzorowania procesu i jest bezsprzeczną zaletą tej metody. W przypadku jednoczesnego nadzorowania p charakterystyk jakości stan stacjonarny procesu jest opisywany równaniem wielowymiarowego rozkładu normalnego (3):

$$f(x) = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}(x-\mu)\Sigma^{-1}(x-\mu)\right)}{\sqrt{(2\pi)^p |\Sigma|}} \quad (3)$$

w którym x oznacza wektor bieżącej obserwacji, μ wektor położenia rozkładu, a Σ to macierz wariancyjno-kowariancyjna p charakterystyk jakości.

REKLAMA

INTEMO S.A.

od prawie 30 lat działa w branży przetwórstwa tworzyw sztucznych i jest wyselekcjonowanym i zaufanym partnerem polskich firm oraz międzynarodowych korporacji, produkujących m.in. meble, elektronikę, urządzenia telekomunikacyjne oraz artykuły do przechowywania i organizacji.

Celebrując swój sukces i dynamiczne plany rozwoju, po raz pierwszy zaistnieje na targach PLASTPOL - stoisko G-41.

ITM INTEMO
Injection Moulding & Tooling

intemo.pl

Dwie fabryki posiadają łącznie 75 wtryskarek od 50 do 1300 ton oraz narzędziownię oferującą konstrukcję form wtryskowych do 20 ton, wiercenie głębokich otworów, obróbkę elektroerozyjną, laserowe spiekanie metali, hartowanie i azotowanie stali, regenerację, zmiany i naprawy form.

ul. Włocławska 33
88-230 Piotrków Kujawski

Idea jednoczesnego nadzorowania p charakterystyk jakości jest oparta na szacowaniu kwadratu dystansu standaryzowanego od centrum rozkładu (3). W takim przypadku szacowana statystyka testowa z próby opisana równaniem (4), podlega rozkładowi Chi kwadrat X^2 :

$$X_0^2 = n(\bar{x} - \mu)\Sigma^{-1}(\bar{x} - \mu) \quad (4)$$

z granicami kontrolnymi $LCL = 0$ i $UCL = X_{\alpha,p}^2$. Przez wzgląd na to, że zarówno macierz Σ , jak i wektor położenia μ są szacowane na podstawie wstępnie wykonanych pomiarów, ich przybliżeniem jest wektor wartości średnich ze średnich \bar{x} oraz macierz współczynników wariancji i kowariancji z prób S_y^2 . Statystyka z próby X_0^2 jest zastąpiona przez statystykę Hotellinga T^2 opisaną równaniem (5):

$$T^2 = n(\bar{x} - \bar{\bar{x}})\Sigma^{-1}(\bar{x} - \bar{\bar{x}}) \quad (5)$$

Linie kontrolne są wyrażane przez równania:

$$LCL = 0 \quad (6)$$

$$UCL_1 = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha,p,m+n-p+1} \quad (7)$$

$$UCL_2 = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha,p,m+n-p+1} \quad (8)$$

w których: UCL_1 i UCL_2 oznaczają granice kontrolne wykorzystywane odpowiednio w pierwszym i drugim etapie nadzorowania. Symbol F oznacza statystykę Snedecora (odczytywaną z tablic statystycznych), m – liczba prób, n – liczba obserwacji w każdej z prób [25]. Im większa jest różnica między obserwowanymi wartościami średnimi, a wektorem wartości prawdziwych $\mu \approx \bar{\bar{x}}$, tym większa jest wartość statystyki T^2 . Efekt ten jest szczególnie wyraźny dla zmiennych, których obserwacje są skorelowane.

Postępowanie się kartą kontrolną Hotellinga, oprócz wymienionych już korzyści, niesie ze sobą także i problemy wynikające z niejednoznaczności interpretacji stanów alarmowych. Punkt karty kontrolnej kreślony poza górną granicą UCL może wskazywać na rozregulowanie jednej lub wielu charakterystyk jakości, wyraża bowiem ogół obserwacji z prób. Aby stwierdzić, które

z charakterystyk jakości procesu reprezentują stany zakłóceń, Montgomery i współpr. [25] proponują poddać statystykę T^2 dekompozycji, obliczając p różnic d_i wg równania (9):

$$d_i = T^2 - T_i^2 \quad (9)$$

w którym: T_i^2 jest statystyką Hotellinga obliczoną z obserwacji wszystkich charakterystyk jakości oprócz i -tej. Wartość d_i wyraża wkład i -tej charakterystyki jakości do wartości statystyki T^2 . Jeżeli wartość $d_i > CF = X_{\alpha,1}^2$ (cut off, tzw. wartość odcięcia), wówczas uznaje się, że i -ta charakterystyka jakości reprezentuje stan zakłócenia ($X_{\alpha,1}^2$ to wartość statystyki Chi kwadrat, gdzie sugerowany poziom α wynosi 0,01 [25]).

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

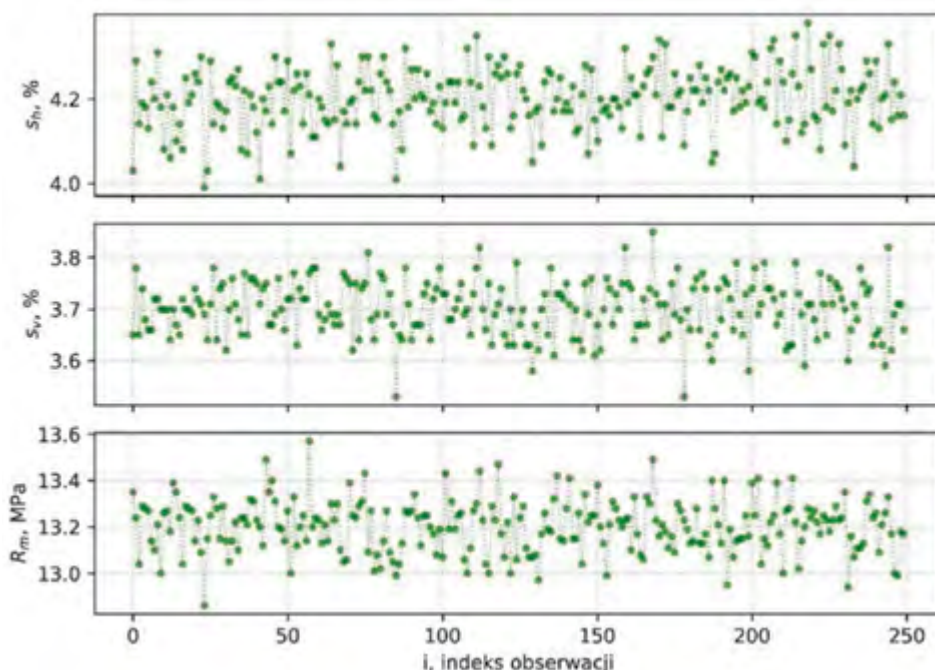
Obiekt i materiał badań

Przedstawioną metodykę zastosowano do nadzorowania procesu wtryskiwania. Próbkę doświadczalną wytwarzano z polietylenu niskiej gęstości o nazwie handlowej MALEN E MGNX 18-D003. Charakterystyka tworzywa: masowy wskaźnik szybkości płynięcia mierzony w temp. 190°: 0,3 g/10 min., gęstość mierzona w temp. 23°: 0,921 g/cm³, temperatura mięknięcia wg Vicata: 97°, zalecana przez producenta temperatura przetworstwa: 280–300°, naprężenia zrywające: 19 MPa [28].

Wtryskarkę ślimakową o napędzie hydraulicznym (jednym stopniu docisku i jednym stopniu prędkości wtryskiwania) wyposażono w formę wtryskową umożliwiającą wytwarzanie dwóch symetrycznych próbek w kształcie wioselka przeznaczonych do badań wytrzymałościowych. Wymiary oraz kształt gniazda for-

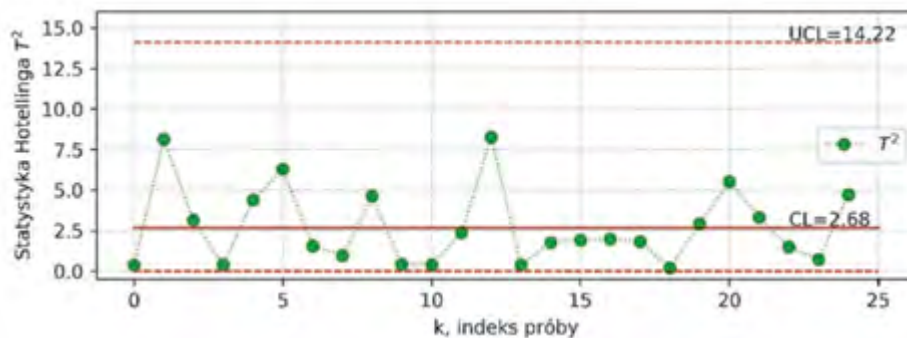
Tabela. 1. Pierwszy etap nadzorowania. Zestawienie elementów macierzy wariancyjno-kowariancyjnej Σ oraz wektora wartości średnich

Zmienna	s_v	s_h	R_m
s_v	$s_v^2 = 0,0028$
s_h	$(s_v, s_h) = 0,0015$	$s_h^2 = 0,0055$...	
R_m	$(s_v, R_m) = 0,0006$	$(s_h, R_m) = 0,0011$	$R_m^2 = 0,013$
$[s_v, s_h, R_m]$	3,7%	4,2%	13,2 MPa



Rys. 1. Etap przygotowawczy. Szeregi czasowe charakterystyk jakości

Rys. 2.
Etap przygotowawczy procedury nadzorowania. Wielowymiarowa karta kontrolna Hotellinga T^2 . Linie przerywane reprezentują wartości granic kontrolnych LCL i UCL_1



mującego były zgodne z wytycznymi normy [29]. Nadzorowanie procesu wtryskiwania wymagało prowadzenia jednocześnie obserwacji trzech charakterystyk jakości wyprasek: skurczu wzdłużnego s_n , skurczu poprzecznego s_v , oraz wytrzymałości wyprasek na naprężenia rozciągające R_m . Pomiar długości wyprasek był wykonywany w specjalnie zaprojektowanym przyrządzie wyposażonym w ruchome uchwyty zapewniające powtarzalne ułożenie próbek względem czujnika przemieszczenia VIS 145-DWO-A1. Zakres pomiarowy i błąd maksymalny przyrządu wynosił odpowiednio 0–25 mm i 0,006 mm.

Po wstępnym pomiarze wymiarów geometrycznych: przekroju poprzecznego i długości próbki, przeprowadzono próby wytrzymałościowe wyprasek. W badaniach laboratoryjnych używano maszyny wyposażonej w układ rejestrujący przebieg procesu rozciągania wyprasek (wydłużenie, czas oraz siłę). Zakres pomiarowy maszyny wynosił 0–1000 N, a rozdzielczość 0,2%.

Metodyka badań

Nastawy procesu wtryskiwania ustalono na następujących poziomach zmienności: temperatura formy $T_f = 64^\circ$, temperatura układu uplastyczniającego (kojarzona z temperaturą tworzywa) $T_t = 245^\circ$, czas wtryskiwania (stała prędkość wtryskiwania) $t_w = 1,25$ s, czas ochładzania wyprasek w formie $t_{ch} = 36$ s, ciśnienie docisku $p_d = 8$ MPa. Warunki procesu ustabilizowano i wyprodukowano 25 serii wyprasek po 10 egzemplarzy w każdej z prób, które poddano badaniom. Wyniki pomiarów charakterystyk jakości procesu wtryskiwania: s_n , s_v , R_m przedstawiono na rys. 1.

WYNIKI BADAŃ

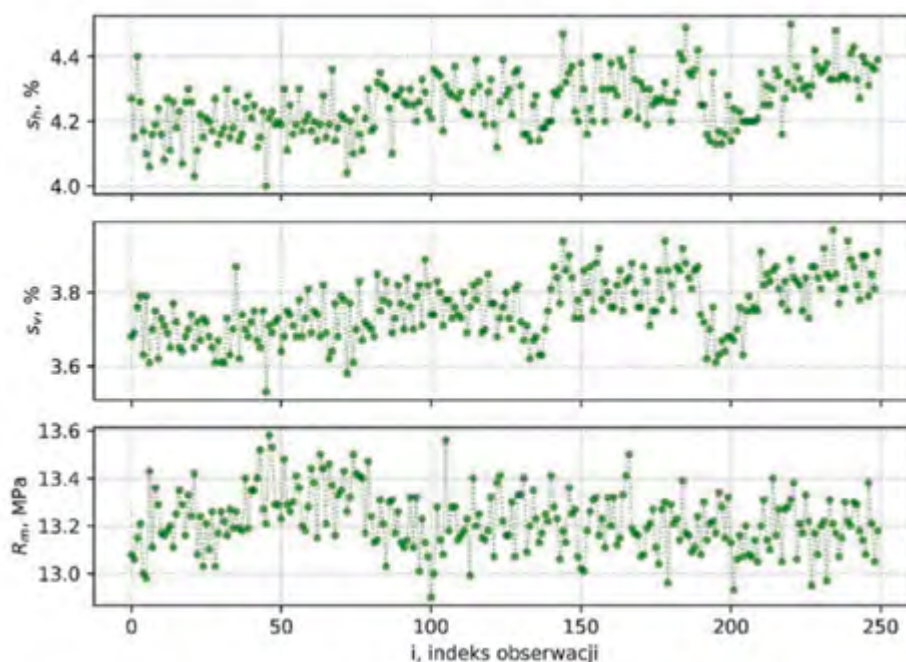
Przed przystąpieniem do obliczeń, rozkład obserwacji każdego z ciągów pomiarów analizowano za pomocą wykresów normalności dopasowania. Nie zaobserwowano odstępstwa od rozkładu normalnego, co potwierdziło stabilność utrzymywanych warunków wtryskiwania. Zgodnie z przedstawioną metodyką nadzorowania, wyniki przeprowadzonych prób wykorzystano do oszacowania wektora wartości średnich ze średnich i macierzy kowariancyjno-wariancyjnej Σ . Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 1.

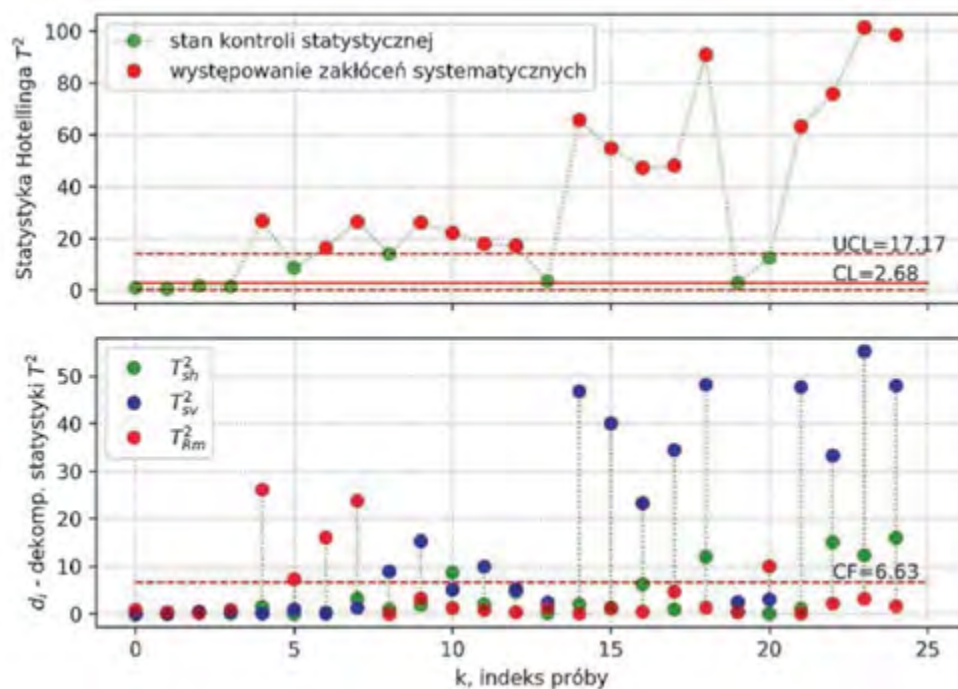
Korzystając z równań (6) i (7) oraz przyjmując za próg wartości prawdopodobieństwa $\alpha = 0,0027$ (błąd pierwszego rodzaju) oszacowano wartości granicy kontrolnej UCL_1 oraz obliczono wartości statystyk Hotellinga T^2 (5). Wyniki pierwszego, wstępnego etapu nadzorowania przedstawiono na karcie kontrolnej Hotellinga T^2 – rys. 2.

Analizując wyniki karty kontrolnej Hotellinga T^2 , nie stwierdzono występowania zakłóceń systematycznych. Żaden z punktów karty kontrolnej nie przekroczył górnej granicy kontrolnej i co więcej, punkty karty nie tworzyły żadnych systematycznych wzorów wskazujących na rozregulowanie procesu. Wyznaczony wektor wartości średnich oraz elementy macierzy Σ jednoznacznie opisywały właściwości stochastyczne charakterystyk jakości i stanowiły podstawę do dalszego nadzorowania procesu wtryskiwania.

Aby zwięźle zobrazować przykładowe wyniki zasadniczego etapu nadzorowania procesu wtryskiwania termoplastów, ze zbioru jednoczesnych obserwacji zmiennych: s_n , s_v , R_m wybrano próby doświadczalne reprezentujące zakłócenia specjalne. Zakłócenia

Rys. 3.
Zasadnicza faza nadzorowania. Szeregi czasowe charakterystyk jakości





Rys. 4.
Zasadnicza faza nadzorowania.
Wielowymiarowa karta kontrolna
Hotellinga T^2 wraz z wykresem
przedstawiającym dekompozycję
statystyk d_i (T_{sh}^2 , T_{sv}^2 , T_{rm}^2)

te wynikały z niekontrolowanej, spontanicznej zmiany czynników nastawczych procesu wtryskiwania lub zmiany partii wtryskiwanego tworzywa. Wyselekcjonowane próby stanowiły ciągi testowe dla wielowymiarowej karty kontrolnej Hotellinga T^2 i zostały zestawione w szeregi obserwacji przedstawione na rys. 3. Podobnie jak w przypadku pierwszego etapu nadzorowania za licznosc próby doświadczalnej przyjęto $n = 10$ obserwacji. Wykorzystując wcześniejsze wyniki obliczeń wektora wartości średnich oraz macierzy Σ (tabela 1), dla każdej z prób doświadczalnych wyznaczono wartości statystyki T^2 Hotellinga (5) oraz wartość górnej granicy kontrolnej UCL_2 (8). Wyniki obliczeń zilustrowano na rys. 4 w postaci karty kontrolnej T^2 .

Punkty wykraczające poza górną granicę kontrolną karty reprezentowały zakłócenia specjalne, odstępstwa od referencyjnego stanu procesu. Z wykresu karty kontrolnej T^2 nie wynikało wprost, która z nadzorowanych zmiennych lub też który z podzbiorów zmiennych wywołuje zakłócenie w procesie. Aby to stwierdzić, wymagana była dekompozycja statystyki T^2 wg formuły (9). Wyniki tych obliczeń przedstawiono na rys. 4, poniżej karty kontrolnej T^2 . Wartości statystyk d_i były reprezentowane symbolami: T_{sh}^2 , T_{sv}^2 , T_{rm}^2 . Zmienne procesu poddane zakłóceniom specjalnym reprezentowały znacznie większy wkład do statystyki T^2 niż pozostałe, co stanowiło istotną przesłankę dla inżyniera/operatora, poszukującego przyczyn rozregulowania procesu. Wartości T_{sh}^2 , T_{sv}^2 , T_{rm}^2 przekraczające zaznaczony na wykresie poziom odcięcia $CF = X^2_{0,01,1}$ wskazywały na zakłócenie odnoszone odpowiednio do zmiennej s_n , s_v lub R_m (lub ich podzbioru). Istotnie, porównując wyniki karty kontrolnej z wartościami średnimi otrzymanymi w poszczególnych próbach doświadczalnych (rys. 3), zaobserwowano, że w przedziale prób 4–7 za alarm karty kontrolnej odpowiadał umiarkowany wzrost wartości wytrzymałości mechanicznej R_m . Zakłócenie w seriach pomiarów 14–18 jest przypisywane zmianom skurczu poprzecznego s_v . Z kolei, w seriach 21–24 zakłócenie zostało wywołane jednoczesnym, gwałtownym wzrostem skurczu wzdłużnego i poprzecznego.

PODSUMOWANIE

Proces wtryskiwania tworzyw termoplastycznych jest nadzorowany ze względu na wiele kryteriów jakości, które należy analizo-

wać w sposób jednoczesny i systematyczny. W przedstawionych badaniach stan procesu oceniano na podstawie trzech charakterystyk jakości. Wyniki dyskutowanych badań wykazały wysoką skuteczność karty T^2 w detekcji zakłóceń specjalnych. Niewątpliwą zaletą wdrożenia wielowymiarowej karty kontrolnej T^2 jest zapobieganie niepotrzebnym ingerencjom w proces.

Wyniki kart kontrolnych pozwalają na ocenę aktualnego stanu procesu oraz odniesienie go do granic specyfikacji. Dodatkowo, wyniki kart kontrolnych są wykorzystywane do poszukiwania przyczyn powstawania wad produktów, wykrywania i eliminacji zakłóceń specjalnych, co bezpośrednio przekłada się na zwiększanie produktywności.

Zaletą stosowania wielowymiarowej karty kontrolnej T^2 jest uwzględnienie efektu korelacji między charakterystykami jakości. Kolejnym argumentem przemawiającym za ich wdrażaniem jest znaczące ograniczenie problemu związanego z detekcją dużej liczby fałszywych alarmów w przypadku jednoczesnego nadzorowania wielu charakterystyk jakości z zastosowaniem tradycyjnych, jednowymiarowych kart kontrolnych.

Gdy liczba obserwowanych zmiennych znacząco wzrasta, wdrażanie karty T^2 staje się nieefektywne. W takich sytuacjach stosuje się metody wykorzystujące analizę składowych głównych PCA (*principal component analysis*), redukującą liczbę obserwowanych zmiennych i jednocześnie wskazującą tendencje największych zmian wartości ogółu charakterystyk jakości.

LITERATURA

- [1] E. Bociąga: Polimery, 2000, nr 2, 89–98.
- [2] R. Wilkinson, E.A. Poppe, K. Leidig, K. Schirmer: Top 10 Moulding Problems, *Plastics and Rubber Weekly*, 1998, 9, September 19.
- [3] R. Sikora: Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych. Wydaw. Edukacyjne Zofii Dobkowskiej, Warszawa 1993.
- [4] A. Smorawiński: Technologia wtrysku, WNT, Warszawa 1989.
- [5] H. Zawistowski: Kształtowanie cech wewnętrznych wyprasek w procesie wtrysku. Technologie wtryskiwania i wytłaczania. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Rydzyna 1983.
- [6] D. Żuchowska: Polimery konstrukcyjne, WNT, Warszawa 1995.

- [7] J. Bown: Injection moulding of plastic components, A guide to efficiency, fault diagnosis, and cure. McGraw-Hill Book Co, London, New York 1979.
- [8] P. Stączek: Polimery, 2008, nr 9, 670.
- [9] E. Bociąga: Adv. Manufacturing Sci. Technol., 2000, 24, 89.
- [10] F. Johannaber: Wtryskarki. Poradnik użytkownika. Plastech, Warszawa 2000.
- [11] H. Zawistowski, D. Frenker: Konstrukcja form wtryskowych do tworzyw termoplastycznych, WNT, Warszawa 1984.
- [12] T.A. Osswald, L. S. Turng, P.J. Gramann: Injection molding handbook. Hansler Pub., Monachium 2001.
- [13] G. Potsch, W. Michael: Injection molding, An introduction. Hanser Pub Inc, Nowy York 1995.
- [14] P. Stączek: Polimery, 2009, 1, 42.
- [15] P. Stączek: Mat. Konf. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 2019, 710, 012010, doi: 10.1088/1757-899X/710/1/012010.
- [16] P. Wolszczak, W. Samociuk: Topics in nonlinear mechanics and physics, Springer Singapore, 2019, Red. M. Belhaq, 295.
- [17] A. Smorawiński: Mechanik, 1982, 5, 299.
- [18] I. Pandelidis, Q. Zou: Polymer Engineering & Science, t. 30, nr 15, s. 873–882, 1990.
- [19] I. Pandelidis i Q. Zou: Optimization of injection molding design. Part II: Molding conditions optimization, Polymer Eng. Sci., 1990, 30, nr 15, 883.
- [20] M. Bogucki, S. Płaska, P. Stączek: Polimery, 2003, 10, 714.
- [21] A.M. Joglekar: Statistical methods for six sigma. John Wiley & Sons 2003.
- [22] W. Samociuk, S. Płaska: Problemy Eksploatacji, 2011, nr 2, 153.
- [23] D.C. Montgomery, G.C. Runger: Appl. Statistics Probability Eng., Wiley, Hoboken, NJ 2013.
- [24] R. Cechowicz, P. Stączek: Eksploatacja Niezawodność, 2014, 16, nr 2, 198.
- [25] D.C. Montgomery: Statistical quality control. A Modern introduction, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ 2008.
- [26] T. Allen: Introduction to engineering statistics and six sigma. Statistical quality control and design of experiments and systems, Springer-Verlag, London 2006.
- [27] H. Hotelling: Techniques of statistical analysis, C. Eisenhart, M.W. Hastay W.A. Wallis, red., McGraw Hill, New York 1947.
- [28] <http://ctntw.prz.edu.pl/show/8223>, dostęp wrzesień 06, 2020.
- [29] PN-EN ISO 527-2 Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Część 2: Warunki badań tworzyw sztucznych przeznaczonych do różnych technik formowania.

Artykuł został zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny”, 2020, T. 99, nr 11, s. 1631-1635.

dr Marcin Bogucki

dr inż. Radosław Cechowicz

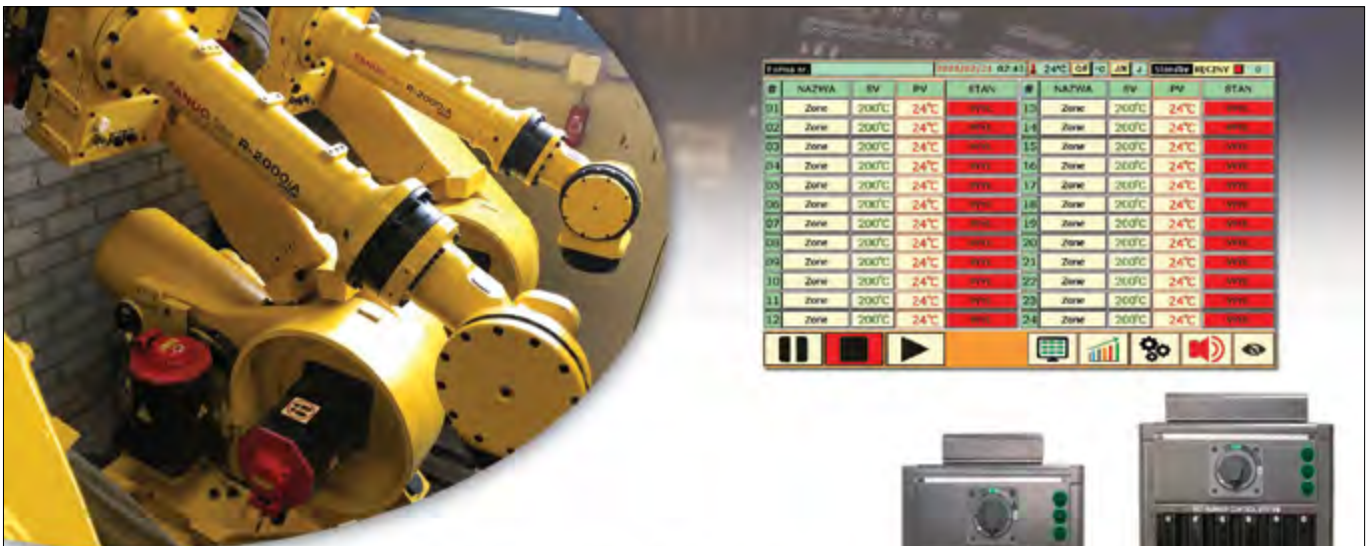
Politechnika Lubelska

dr hab. inż. Zbigniew Krzysiak

dr inż. Waldemar Samociuk

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

REKLAMA



TP02XX Kontrolery do grzanych kanałów do 12 stref.

HY20XX Dotykowe kontrolery do grzanych kanałów od 12 stref.

NPC wtryskarki z servonapędem.

XTL podajniki tworzywa.

FANUC integracja z wtryskarkami, szkolenia.

GOLEM MES OEE integracja, wdrożenia, szkolenia.

Urządzenia do przetwórstwa tworzyw nowe i używane.

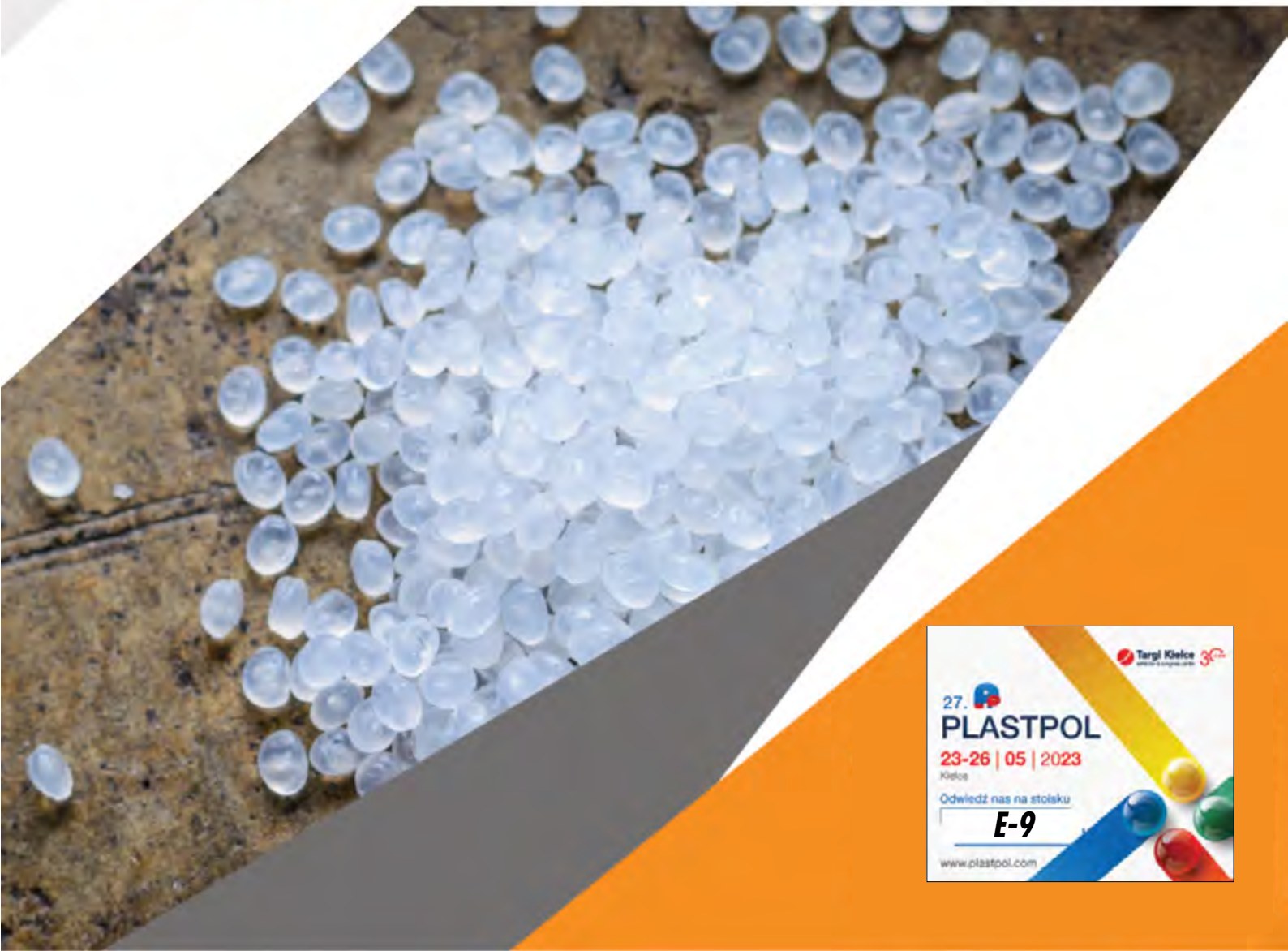
TECHNIKPLAST

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

bridge
polymers

WE DO MORE
THAN TRADE
POLYMERS

Bridge Polymers is a trader in polyolefins. Not a normal trader like "the others". We do things differently. We build relationships between producers and converters of plastics. Every day we strive to improve these relationships in order to build our Bridge: The Bridge between the producers and converters in the greater Europe.



 Targi Kielce
27. 
PLASTPOL
23-26 | 05 | 2023
Kielce
Odwiedź nas na stoisku
E-9
www.plastpol.com



bridgepolymers



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.

Sumitomo (SHI) Demag na Plastpol 2023

Sumitomo (SHI) Demag kontynuuje swoje zdecydowane działania na rzecz zrównoważonego rozwoju. Podążając za swoim hasłem przewodnim *Act!Sustainably*, w tym roku, na targach Plastpol w terminie 23–26 maja, firma na swoim stoisku F-19 w stałym już miejscu na hali F, zaprezentuje 2 energooszczędne gniazda produkcyjne oparte na wtryskarkach szybkobieżnych, w pełni elektrycznych, dedykowane branży technicznej i opakowaniowej.

SZYBKOBIEŻNA, W PEŁNI ELEKTRYCZNA INTELECT S 75 TON Z WŁASNYM ROBOTEM SAM-C

Na wtryskarce z nowej serii szybkobieżnych elektrycznych wtryskarek IntElect S, o sile zamykania 75 ton, zintegrowanej z robotem SAM-C typu handle & place, Sumitomo (SHI) Demag zaprezentuje produkcję osłonki o średnicy 4 centymetrów na element silnika. Detal będzie produkowany w formie czterogniazdowej, w cyklu 28 sekund. Następnie przy pomocy zintegrowanego robota własnej marki SAM-C, detal zostanie odebrany z formy i odłożony na taśmociąg. W całym procesie najbardziej zaskakująca jest wysoka energooszczędność tego gniazda produkcyjnego, jak i samej wtryskarki. Zużycie energii przez maszynę wynosi średnio zaledwie 1,4 kWh. Tak niskie zużycie energii jest możliwe tylko dzięki udoskonalonej konstrukcji wtryskarki, wyposażonej w wysokowydajne napędy bezpośrednie o niskiej bezwładności i wysokowydajne śruby kulkowe. Komponenty te zostały specjalnie zaprojektowane w celu ograniczenia zużycia energii potrzebnej do stopienia materiału do minimum, przez co nowa wersja serii IntElect S zapewnia wysoką wydajność i efektywność energetyczną. Jedną z kluczowych zalet procesowych elektrycznych napędów jest możliwość sterowania osią liniową z prędkościami przekraczającymi 500 mm/s. Biorąc pod uwagę szybki wzrost cen energii, przeciwdziałanie wpływowi rosnących kosztów produkcji poprzez wyższą produktywność, powtarzalność procesu i zmniejszenie ilości odpadów jest coraz bardziej konieczne z punktu widzenia konkurencyjności. Właśnie z tych powodów wersja IntElect S cieszy się tak dużym zainteresowaniem na rynku.

Razem z pokazem szybkobieżnej, elektrycznej wtryskarki IntElect 75 ton, firma zaprezentuje również swoje możliwości w zakresie automatyzacji, wykorzystując do tego robota własnej marki SAM-C typu handle & place, zintegrowanego z maszyną. Linia robotów SAM została zaprojektowana z myślą o zminimalizowaniu prac naprawczych poprzez zastosowanie własnej technologii silników serwo oraz prowadnicy o niewielkich wymaganiach konserwacyjnych. Zaprojektowane specjalnie w celu optymalizacji produkcji na wtryskarkach Sumitomo (SHI) Demag roboty SAM-C mogą znacznie zmniejszyć rozmiar samodzielnego gniazda produkcyjnego, jednocześnie ułatwiając użytkownikowi sterowanie maszyną. Niewątpliwą bowiem zaletą zintegrowanego z wtryskarką IntElect S 75 ton robota SAM-C jest obsługa obydwu urządzeń z panelu maszyny i możliwość zapisywania danych procesowych w jednym miejscu w pamięci maszyny. Nowa wersja IntElect S 75 ton w połączeniu z kompaktowym robotem SAM-C, zintegrowaną obudową i podajnikiem taśmowym, doskonale zobrazuje synergię między maszyną a robotem, tworząc w pełni wyposażone gniazdo produkcyjne.

Sumitomo (SHI) Demag zamierza zademonstrować efektywność energetyczną i ekonomiczność prezentowanej produkcji na wtryskarce IntElect S 75 ton poprzez umożliwienie przeprowadzenia testu porównawczego zużycia energii przez czajnik elektryczny oraz wtryskarkę. Obok wtryskarki IntElect S 75 ton będzie znajdował się czajnik i miernik, który umożliwi dokonanie pomiaru energii – odwiedzający stoisko firmy będą mieli możliwość przekonać się, które urządzenie jest bardziej ekonomiczne.

ENERGOOSZCZĘDNA INTELECT S 180 TON Z ROBOTEM R1 POLSKIEGO PRODUCENTA

Drugie gniazdo produkcyjne będzie również prezentacją energooszczędności, szybkości i zrównoważonego rozwoju podczas produkcji opakowań cienkościennych. Sercem tego gniazda będzie w pełni elektryczna szybkobieżna wtryskarka elektryczna IntElect S 180 ton. Będzie ona współpracować z robotem bocznym do aplikacji IML, opracowanym i stworzonym przez polską markę Matsim Sp. z o.o. z Koszalina. W tej aplikacji będzie produkowany pojemnik do żywności o pojemności 150 mililitrów w formie dwugniazdowej, w czasie cyklu ok. 4 sekund. Formę wykonała i dostarczyła firma JES Technology z Koszalina. Pojemnik będzie wyposażony w dwie etykiety IML – etykietę owijkową oraz etykietę dna. Opakowanie prezentowane na stoisku zaprojektowała firma JES Opakowania z Koszalina.

Zaletą IntElect S 180 ton jest większa sztywność płyt zapewniająca najwyższą precyzję nawet przy bardzo szybkich cyklach. Ta wysoka precyzja produkcji, charakteryzująca się dużą dynamiką i wysoką efektywnością energetyczną, znacząco przyczynia się do sukcesu tego projektu. Dzięki własnym napędom bezpośrednim IntElect zużywa do 20% mniej energii niż konwencjonalne, w pełni elektryczne wtryskarki dostępne na rynku.

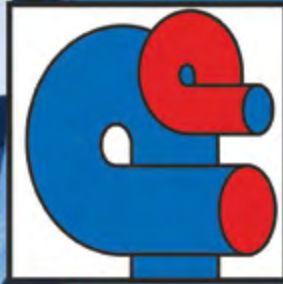
W celu uzyskania optymalnej wydajności gniazda produkcyjnego, współpracujący robot R1 wykonuje wiele zadań, w tym odbiera etykietę z magazynu, podaje etykietę, ruchem bocznym odbiera detal z formy, który następnie sztapluje na taśmociąg. Robot zachowuje przy tym wysoką energooszczędność, zużywając 0,046 kWh/kg tworzywa, a 0,36 kWh na godzinę. Robot firmy Matsim został od podstaw przystosowany do współpracy z wtryskarką IntElect S 180.

Robot R1 firmy Matsim jest dostosowany do przebrania magazynka etykiet IML oraz przebrania kopyt IML i odbiorów. W warunkach produkcyjnych pracuje naprzemiennie z dwiema różnymi formami produkującymi odrębny asortyment. Przebrojenie robota do pracy z drugą aplikacją zajmuje doświadczonemu operatorowi do 20 minut. Budowa robota oparta jest na ramie stalowej, na której posadowiona jest belka kompozytowa o dużym współczynniku tłumienia drgań. Robot nie wymaga zakotwiczenia do podłoża – choć oczywiście jest to zalecane. Ten model posiada napęd liniowy o wysokiej dynamice ruchu; może on osiągnąć maksymalną prędkość 7 m/s i przyspieszenie 72 m/s² (~7g).

Istotnym dla firm Sumitomo (SHI) Demag i Matsim jest pokazanie w tej aplikacji możliwości wdrożenia działań na rzecz zrównoważonego rozwoju przy produkcji opakowań z tworzyw sztucznych. Głównym założeniem podczas projektowania tego gniazda była jego energooszczędność oraz ochrona środowiska. W związku z tym firma Matsim wszystkie wyprodukowane detale podda zmieleniu, aby użyć surowiec ponownie w innych produkcjach.

Matsim Sp. z o.o. to polska firma stworzona przez specjalistów-praktyków z wieloletnim doświadczeniem w zakresie automatyzacji. Przedsiębiorstwo specjalizuje się w tworzeniu rozwiązań automatyzacji i robotyzacji dopasowanych do potrzeb klienta. Projektuje, przeprowadza symulacje projektów oraz konstruuje całe systemy automatyzacji, zapewniając również serwis swoich produktów. ■

 **Sumitomo**
SHI **DEMAG**



PLASTPOL 2023

HALA F, STOJSKO F-19

Wdrożenie produkcji w zakresie połączeń termoplast–kompozyt węglowy na podstawie symulacji numerycznych

Paweł Paździor, Mirosław Szczepanik

Artykuł poświęcony jest metodyce oraz wdrożeniu produkcji obudowy lusterka samochodowego, wykonanej jako połączenie klejonej części wierzchniej z kompozytu węglowego na bazie żywicy epoksydowej oraz insertu z materiału ABS mającego na celu umożliwienie połączenia obudowy z bazą lusterka. Podstawą opracowania były testy rzeczywiste oraz symulacje numeryczne przygotowane w oprogramowaniu Moldex3D. Zastosowane połączenie klejone obydwu komponentów nie zapewniło odpowiednich własności eksploatacyjnych, w wyniku czego dochodziło do pęknięć. Po przeprowadzeniu symulacji numerycznych ustalono, że miejsca pęknięć odpowiadają miejscom łączeń frontów płynącego tworzywa podczas wtrysku. Przyczyną pęknięcia okazała się duża różnica rozszerzalności cieplnej obydwu materiałów. W efekcie powstawały znaczące naprężenia, które niszczyły insert ABS w najbliższych miejscach. Problem skutecznie rozwiązano dzięki zmianie geometrii insertu.

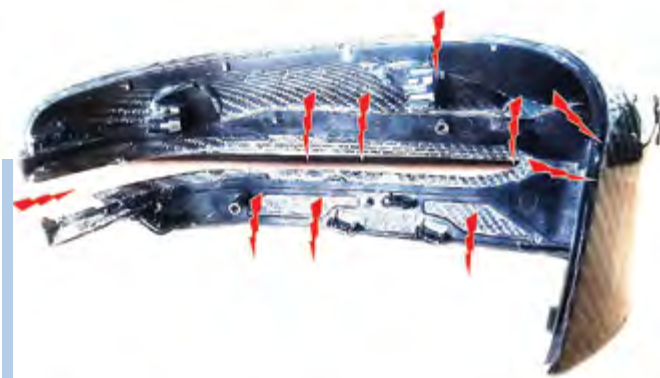
Części wykonane z kompozytów węglowych zyskują na popularności dzięki mnogości możliwych zastosowań oraz dzięki wielu metodom ich wytwarzania i łączenia. Dobierając technologię i materiały, można prawie zawsze osiągnąć satysfakcjonujący efekt. Rzadko spotyka się jednak elementy wykonane z kompozytu epoksydowo-węglowego w przedmiotach codziennego użytku. Przyczyn tego jest wiele, a część z nich stanowi problematykę tego artykułu [6, 8].

Jedną z trudności jest dobór odpowiedniego sposobu montażu komponentów. Elementy wykonane z kompozytu epoksydowo-węglowego w branży automotive często są zamiennikami oryginalnych części wykonanych z termoplastycznych tworzyw sztucznych.

Wytwarzając element z kompozytu węglowego, najczęściej uzyskuje się powłokę o niewielkiej grubości, która nie posiada odpowiednich miejsc przygotowanych do montażu [12]. Możliwe jest wykonywanie otworów i mocowanie poprzez skręcanie, jednak ten sposób jest widoczny z zewnątrz, co często psuje efekt wizualny [1]. Stosowanym rozwiązaniem jest wklejanie w epoksydowo-węglową powłokę części montażowych (klipsy, piny do przykręcania, piny prowadzące itp.) wykonanych z tworzyw sztucznych np. ABS. Mimo że przy zastosowaniu odpowiedniego rodzaju kleju połączenie jest wystarczająco wytrzymałe, to w czasie eksploatacji może ono nie spełniać wysokich wymagań jakościowych.

W przykładowym kompozytowym lusterku samochodowym, podczas testów klimatycznych, wykonany z ABS insert zawierający piny i klipsy montażowe pęka w wielu miejscach (rys. 1). W celu rozwiązania tego problemu postanowiono zapoznać się z warunkami, w jakich dochodzi do pęknięć oraz przeanalizować proces produkcji lusterek. Pierwsze rozpoznanie prowadziło do wniosków, że wprowadzana warstwa kleju o grubości 0,8mm nie zapewnia wystarczającej odkształcalności połączenia, a powstałe naprężenia działają niszcząco w najbliższym elemencie – wykonanym z ABS.

Aby rozwiązać ten problem, podjęto próbę poprawy procesu produkcji, przeanalizowano inne możliwości montażu i łączenia



Rys. 1. Miejsca pęknięć insertu obudowy lusterka [9]

oraz przeprowadzono testy innych klejów pozwalających osiągnąć wyższą elastyczność montażu. Ostatecznie zdecydowano się na zmianę geometrii insertu ABS. To rozwiązanie okazało się skuteczne, jednak kosztowne.

Historia produkcji detalu prezentuje kolejne ograniczenia, które opóźniają moment wejścia na rynek produktów wykonanych z kompozytów węglowych. Z pewnością stosowanie kompozytu węglowego znacząco podnosi prestiż produktu, obniża masę i zapewnia wyższą sztywność, jednak ze względu na brak możliwości swobodnego nadawania kształtu oraz specyficzne własności wpływające na trudności w przypadku łączenia go z innymi materiałami elementy kompozytowe na bazie włókien węglowych nadal pozostają w sferze technologii wysoko zaawansowanych, wymagającej udziału najlepszych technologów i konstruktorów oraz stosowane są w produktach wysokiej klasy i najwyższej półki cenowej.

PRZERWANIE CIĄGŁOŚCI INSERTU ABS

Zdiagnozowanie problemu rozpoczęto od dokładnego przeanalizowania warunków i sytuacji, w których dochodzi do pęknięć. Po końcowej kontroli jakości epoksydowo-węglowa obudowa lusterka wraz z wklejonym insertem wykonanym z ABS podlega

testom klimatycznym. Podczas testów mocowana jest do swojej rzeczywistej bazy. Pozwala to na uzyskanie rzeczywistych naprężeń montażowych oraz ustalenie dokładnej pozycji montażowej.

Test przeprowadzany był według normy wewnętrznej jednego z wiodących producentów samochodów. W czasie testu, według ustalonego schematu, przez kilka dni zmianie podlegają temperatura i wilgotność otoczenia lusterka. Celem testu jest sprawdzenie odporności produkowanych elementów na zmienne warunki klimatyczne [9].

Przyczyny pęknięć insertu

W czasie kilku testów większość insertów ABS uległa uszkodzeniu. W każdej z przeprowadzonych prób elementy pękały w podobnych miejscach. W większości przypadków nie były to miejsca pocienień materiału, miejsca karbu lub inne wskazujące na obniżenie wytrzymałości insertu ABS.

Negatywny wynik testu potwierdził znaczący wpływ zmian temperatury i wilgotności. Podczas dalszych prac zwrócono uwagę na różnicę współczynników rozszerzalności cieplnej materiałów. Podana przez producenta rozszerzalność zastosowanego tworzywa ABS wynosi $9,5E-5$ [1/K]. Rozszerzalność cieplna tkaniny węglowej wynosi $-0,4E-6$ [1/K], a całego kompozytu węglowego około $-0,1E-6$ [1/K]. Tak duża różnica w rozszerzalności temperaturowej determinuje powstawanie naprężeń, które mogą powodować pęknięcia insertu.

Jedną z prób rozwiązań problemu było sprawdzenie możliwości zmiany stosowanego kleju. Większość zastosowanych klejów adhezyjnych nie zapewniła jednak wymaganej wytrzymałości na ścinanie. Test przeszła pomyślnie tylko jedna próbka ze stosowanym już wcześniej klejem [10].

Ograniczone możliwości zmian

Prowadzone prace nie rozwiązały problemu pęknięcia insertu mimo wielu prób zmian wprowadzanych na różnych etapach produkcji. Możliwość zmiany materiału została ograniczona do ABS typu HH, czyli wersji o podwyższonej odporności temperaturowej, spełniającej wszystkie wymagania klienta.

Próby optymalizacji procesu klejenia nie wpłynęły na rozwiązanie omawianego problemu. Prowadzono też prace nad zmianami parametrów wtrysku, które również nie przyniosły efektu w postaci rozwiązania postawionego problemu pęknięcia insertu ABS. Po wielu nieudanych próbach postanowiono przeanalizować problem z zastosowaniem symulacji numerycznych.

ANALIZA PŁYNIĘCIA TWORZYWA

Analizę płynięcia materiału wykonano przy użyciu specjalistycznego oprogramowania Moldex3D, jednego z najbardziej zaawansowanych narzędzi klasy CAE dostępnych na rynku. Oferuje ono możliwość symulacji procesów przetwórczych termoplastycznych oraz tworzyw reaktywnych. W celu przygotowania modelu numerycznego oraz przeprowadzenia symulacji przyjęto dane wejściowe symulacji analogiczne do procesu rzeczywistego.

Tabela 1. Przyjęte wielkości parametrów modelu Crossa

n	0,168	-
τ	144000	Pa
D_1	$5,77e+015$	Pa.sec
D_2	373	K
D_3	0	K/Pa
A_1	38	-
\tilde{A}_2	51,6	K

Model materiałowy

Z bazy danych producenta wybrano model matematyczny materiału ABS odpowiadający rzeczywistemu materiałowi. Dla potrzeb obliczeń matematycznych lepkość materiału została zdefiniowana według modelu Crossa opisującego nienewtonowskie zasady zachowania się w polu ścinania (1–4) (tabela 1).

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

$$\eta_0 = D_1 \exp\left(\frac{-A_1(T-T_c)}{A_2 + (T-T_c)}\right) \quad (2)$$

$$T_c = D_2 + D_3 P \quad (3)$$

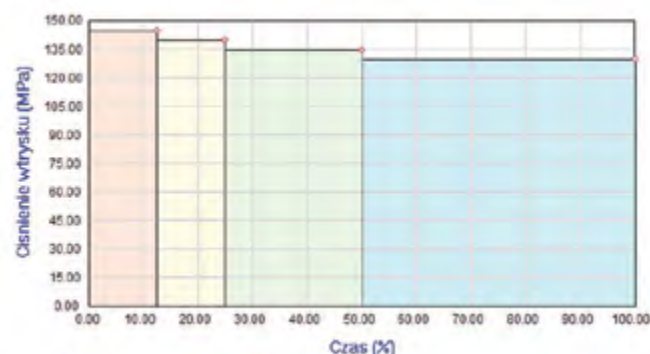
$$A_2 = A_2 + D_3 P \quad (4)$$

Równania opisują stan równowagi pomiędzy zrywaniem a tworzeniem wiązań [4], gdzie parametry zależne modelu oznaczone są jako: [5] τ – naprężenie styczne, przy którym plastyczno-płynne tworzywo zaczyna wykazywać właściwości płynu rozrzedzonego wprowadzeniem naprężeń ścinających; n – wykładnik płynięcia; D_1 – lepkość polimeru dla szybkości ścinania równej 0 w temperaturze zeszklenia i przy ciśnieniu atmosferycznym; A_1 – czułość zmian lepkości polimeru na temperaturę przy szybkości ścinania równej 0.

Stałe modelu to: p – ciśnienie; D_2 – temperatura zeszklenia polimeru przy ciśnieniu atmosferycznym; D_3 – zmiana temperatury zeszklenia w zależności od ciśnienia (dla ciśnienia atmosferycznego $D_3 = 0$); A_2 – zależna od gatunku rozpatrywanego polimeru.

Zmianę objętości właściwej w funkcji temperatury opisuje zmodyfikowany model Taita. Wykresy p-v-T otrzymano podając określone współczynniki odpowiednio dla stanu ciekłego i stałego [7]. Przyjmując dalej predefiniowane dane, lepkość sprężystość określono poprzez model Whitea-Metznera, gdyż uwzględnia on możliwość występowania fragmentów, w których zachowanie cieczy przypomina ośrodki „półsztywne” lub wręcz mechanikę ciała stałego. To mogące wystąpić wzdłuż całych kanałów płynięcia zjawisko, może skutecznie hamować przepływ, a nawet na krótko całkowicie go zablokować. W sytuacji, gdy zachodzi opisane zjawisko, nawet warstwy przyścienne nie zapewniają prawdopodobnych wyników obliczeń dla tych obszarów [15].

W celu uproszczenia obliczeń ustalono także stałą przewodność cieplną $K = 0,16$ [W/(m·K)] oraz pojemność cieplną na poziomie $C_p = 2050$ [J/(Kg·K)]. Przyjęto następujące izotropowe własności mechaniczne czystego polimeru: współczynnik Poissona – 0,4, moduł Younga – $2,7e9$ [Pa], współczynnik rozszerzalności liniowej $9,5e-5$ [1/K]. Przebiegi charakterystycznych parametrów materiałowych przedstawiono na wykresach poniżej (rys. 2).



Rys. 2. Profil ciśnienia wtrysku w czasie

Parametry wtrysku

Parametry wtrysku ustalono na podstawie testów rzeczywistych. Uległy one małym korekcjom przy wykonywaniu serii próbnej. Dla celów symulacji w pierwszej kolejności zaimplementowano maksymalne ciśnienie wtrysku oraz maksymalne ciśnienie docisku na poziomie 150MPa. Docisk to kolejna faza procesu po wtrysku, w czasie której osiągane jest maksymalne ciśnienie w celu uzupełnienia braków i skurczu tworzywa oraz zapobieganiu cofania się materiału. Następnie wprowadzono dane procesu przedstawione w tabeli 2. Zdecydowano się na sterowanie wyłącznie ciśnieniem wtrysku, zakładając cztery zmiany jego wartości, jak przedstawiono na wykresie (rys. 3). Założono, że analiza chłodzenia zostanie przeprowadzona w formie uproszczonej ze względu na skrócenie czasu obliczeń. Z tej przyczyny przyjęto stałą temperaturę formy w całej swej objętości równą 85°C. Temperatura cieczy chłodzącej i jej przepływ oraz przepływ

i dystrybucja ciepła w formie przybrały wartości domyślne. Przyjęto temperaturę cieczy równą 30°C oraz prędkość przepływu cieczy chłodzącej równą 120 cm³/s (tabela 2).

Model geometryczny

Model CAD przygotowano na podstawie istniejącej formy wtryskowej insertu. W czasie jednego procesu wtrysku wykonuje się 3 pary poszczególnych części insertu, odpowiednio lewych i prawych. Dwa elementy główne, dwa elementy boczne i dwie pary klipsów montażowych (rys. 4).

Pozwala to na obniżenie kosztów przygotowania produkcji poprzez ograniczenie ilości potrzebnych form.

Model CAD zdyskretyzowano za pomocą półautomatycznego narzędzia Moldex3D R14.0 Designer. W pierwszej kolejności na powierzchnię kanałów wlewowych została nałożona siatka trójkątna o zmiennym rozmiarze, przy czym maksymalny rozmiar elementu wynosił 3 mm. Podobnie na powierzchni gniazda zastosowano elementy nie większe niż 2,5 mm. Tak przygotowaną siatkę powierzchniową poprawiono ręcznie, zwiększając zagęszczenie w okolicach przewęzek i w innych miejscach o przewidywanym wysoko turbulentnym przepływie. Następnie dopasowano węzły siatek do siebie na łączeniach pomiędzy gniazdem i kanałami. Po przygotowaniu siatki powierzchniowej podzielono całą objętość wypraski wraz z kanałami na bryłowe elementy czworościenne (rys. 5). Parametry modelu dyskretnego przedstawiono w tabeli 3.

Dzięki temu otrzymano siatkę zoptymalizowaną dla obliczeń związanych z przepływem. Ze względu na zróżnicowaną prędkość

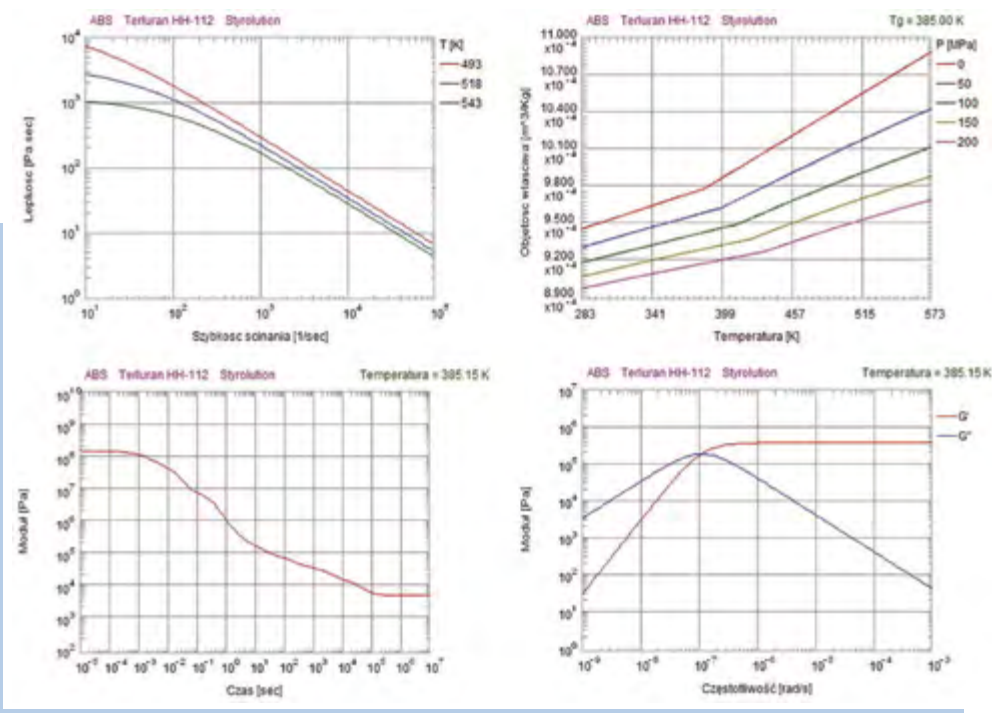
Tabela 2. Parametry procesu wtrysku

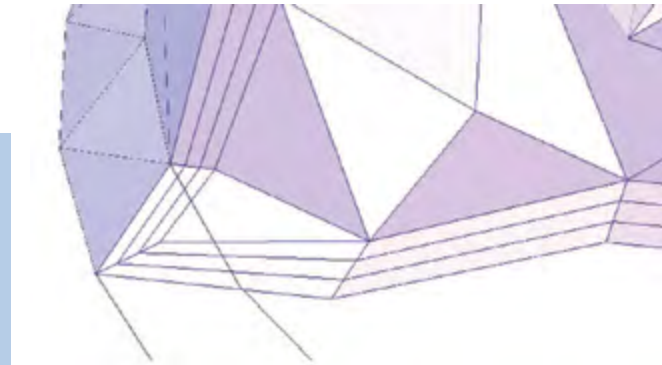
WYPELNIANIE	
Czas wypełniania (sec)	1,5
Temperatura materiału (°C)	270
Temperatura formy (°C)	85
Maksymalne ciśnienie wtrysku (MPa)	150
Objętość wtrysku (cm ³)	60,9042
DOCISK	
Czas docisku (sec)	4
Maksymalne ciśnienie docisku (MPa)	150
CHŁODZENIE	
Czas chłodzenia (sec)	50
Czas otwarcia formy (sec)	4
Temperatura wyrzutu (°C)	85
Temperatura powietrza (°C)	25
INNE	
Czas cyklu (sec)	59,5

Tabela 3. Parametry modelu dyskretnego

Element	Wartość
Liczba węzłów siatki gniazda	458 251
Liczba elementów siatki gniazda	923 741
<u>Objętość siatki gniazda</u>	<u>36,45 cm³</u>
Liczba węzłów siatki kanału wlewowego	74 469
Liczba elementów siatki kanału wlewowego	198 871
<u>Objętość siatki kanału wlewowego</u>	<u>76,42 cm³</u>

Rys. 3. Przebiegi charakterystyczne parametrów materiałowych





Rys. 4. Warstwy przyścienne

przepływu medium w zależności od odległości od ścian ograniczających siatkę gniazda została przygotowana z pięcioma warstwami przyściennymi, zaś siatka kanałów wlewowych z trzema (rys. 4). Maksymalna grubość warstwy przyściennej wynosi do 40% długości boku elementu skończonego.

Z uwagi na długi czas obliczeń całej wypraski dokonano uproszczeń siatki i uwzględniono w obliczeniach tylko najbardziej interesujący obszar.

Opis matematyczny

W procesie wypełniania przyjmuje się, że zarówno plastikowy stop, jak i powietrze są słabo ściśliwymi płynami o określonej lepkości. Zakłada się, że stopiony polimer jest uogólnionym płynem newtonowskim (GNF). Dlatego nieizotermiczny ruch 3D można opisać matematycznie w następujący sposób (5–8):

$$\frac{\delta \rho}{\delta t} + \nabla \cdot \rho u = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\delta}{\delta t} (\rho u) + \nabla (\rho u u - \sigma) = \rho g \quad (6)$$

$$\sigma = -pI + \eta (\nabla u + \nabla u^T) \quad (7)$$

$$\rho C_p \left(\frac{\delta T}{\delta t} + u \cdot \nabla T \right) = \nabla \cdot (k \nabla T) + \eta \dot{\gamma}^2 \quad (8)$$

u – wektor prędkości; T – temperatura; t – czas; ρ – ciśnienie; σ – tensor naprężeń całkowitych; ρ – gęstość; η – lepkość; k – przewodność cieplna; C_p – ciepło właściwe; $\dot{\gamma}$ – szybkość ścinania.

Lepkość stopu polimeru należy opisać za pomocą odpowiedniej funkcji. W tym przypadku zastosowano zmodyfikowany model krzyżowy z zależnością temperaturową Arrheniusa (9–10):

$$\eta(T, \dot{\gamma}) = \frac{\eta_0(T)}{1 + (\eta_0 \dot{\gamma} / \tau^*)^{1-n}} \quad (9)$$

$$\eta_0(T) = B \exp\left(\frac{T_b}{T}\right) \quad (10)$$

η – indeks prawa mocy; η_0 – lepkość zerowego ścinania, τ^* – parametr regionu przejściowego między zerowym współczynnikiem ścinania a obszarem prawa mocy krzywej lepkości.

Dodatkowo wprowadzono funkcję frakcji objętościowej f , aby śledzić zmiany frontu tworzywa. Poprzez $f = 0$ określa się fazę powietrza, a przez $f = 1$ fazę pełnego polimeru. Jeśli front tworzywa przepływa przez element skończony, wartość współczynnika f osiąga wartości z przedziału $0 < f < 1$. Zmiana f z upływem czasu jest regulowana następującym równaniem transportowym (11):

$$\frac{\delta f}{\delta t} + \nabla \cdot (uf) = 0 \quad (11)$$

Obliczenia zostały przeprowadzone na podstawie metody elementów skończonych (MES). MES zakłada dyskretyzację układu



Rys. 5. Siatka wypraski

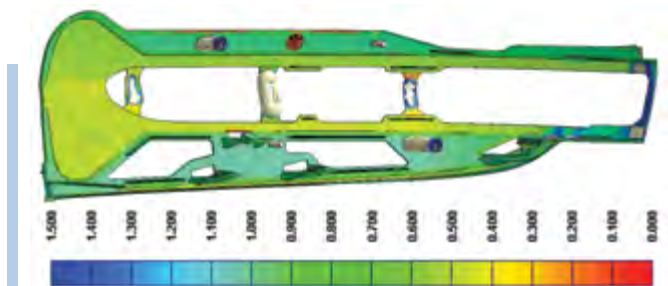
na elementy skończone odpowiedniego rozmiaru. Po dyskretyzacji obliczane są wartości danej wielkości w węzłach i aproksymowane są wartości w obszarze elementu. Dokładność symulacji MES jest silnie zależna od gęstości rozmieszczenia węzłów (ilości i wielkości elementów skończonych) [11].

Na podstawie wyżej przedstawionych zależności matematycznych i metody elementów skończonych przeprowadzono analizy i symulacje. Uwzględniono w nich warunki brzegowe odpowiadające rzeczywistym procesom produkcyjnym oraz wzorce materiałów i procesów, których dokładność jest wprost proporcjonalna do osiągniętych wyników [3].

Wyniki symulacji

Podczas analiz zwrócono uwagę na różnicę grubości insertu względem jego gabarytów – przy długości przekraczającej 300 mm przeciętna grubość insertu to niecały milimetr. Tymczasem, minimalna grubość gniazda do wypełnienia zalecana przez producenta materiału wynosi 1,5 mm. Na rys. 6 przedstawiono barwną mapę grubości. Skala została ograniczona do 1,5 mm, by lepiej zobrazować różnice w grubości detalu. Jak widać, przeważająca część wypraski jest grubości 0,5 mm, co znacząco utrudnia swobodne płynięcie materiału w całej objętości.

Najważniejsze wyniki uzyskane w czasie symulacji dotyczą naprężeń wewnętrznych, zimnych frontów i pułapek powietrznych.



Rys. 6. Rozkład grubości insertu wykonanego z ABS



Rys. 7. Pułapki powietrzne i linie łączenia

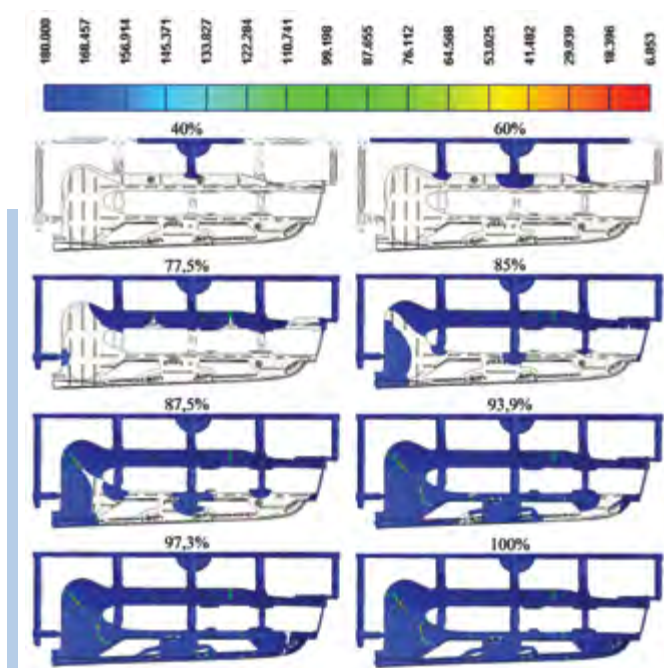
Wyniki symulacji wykazały, że tylko w 0,3% objętości gniazda naprężenia wewnętrzne przekraczają wartość 1 MPa. Niepokojąca jest jednak powszechność występowania zjawiska tzw. zimnych frontów. Taka sytuacja może wystąpić w nawet 436 miejscach, gdzie łączą się dwa niezależnie od siebie płynące fronty materiału. To zjawisko jest silnie niekorzystne i może wpływać na powstawanie pęknięć w czasie testów klimatycznych.

Kolejnym niekorzystnym zjawiskiem mogącym wystąpić w 69 miejscach są tzw. pułapki powietrzne (rys. 7). Mogą one miejscowo zmniejszać wytrzymałość, a ustawione w linii wraz z liniami łączenia frontów determinują miejsca pęknięć. Pułapki powietrzne występujące na powierzchni zmniejszają także ogólną estetykę wypraski.

Linie łączenia strumieni tworzywa (tzw. zimne fronty) to miejsca, w których spotkały się płynące w gnieździe strugi tworzywa. Czasami są one widoczne gołym okiem na powierzchni detalu, gdyż tworzą rysę, karb w kształcie litery „V”. Ta wada należy do najpowszechniejszych i najbardziej kłopotliwych wad powierzchniowych wyprasek. Gdy czoło płynącego materiału spotyka przeszkodę, rozdwaja się, by opłynąć ją z obu stron, następnie łączy się za przeszkodą. Wyróżnia się dwa rodzaje linii łączenia. Obszar łączenia prostopadłego (*weld line*), gdy kąt pomiędzy frontami tworzywa jest mniejszy niż 135° oraz strefę łączenia równoległego (*meld line*), gdy kąt jest większy niż 135° [2, 13, 14].

Głównym celem przeprowadzenia symulacji była analiza płynięcia materiału oraz wyznaczenie miejsc łączenia się frontów płynącego tworzywa, zwanych też zimnymi czołami. To właśnie w tych miejscach następuje obniżenie własności wytrzymałościowych materiału. Zjawisko potęguje obniżona o kilka stopni temperatura czoła materiału, przez co połączenie w tym miejscu jest słabsze – charakteryzuje się niższą wytrzymałością mechaniczną.

Już pierwsza wykonana symulacja potwierdziła, iż miejsca, w których spotykają się czoła materiału pod kątem mniejszym niż 135 stopni, pokrywają się z miejscami propagacji pęknięć pojawiających się podczas testów klimatycznych. Poniżej zaprezentowano wybrane etapy wypełnienia gniazda formy na barwnych mapach przedstawiających kąt zetknięcia się frontów płynącego tworzywa (rys. 8).



Rys. 8. Wybrane etapy wypełniania gniazda formy

Rozważając różne propozycje rozwiązania problemu, wykonano kolejne symulacje przy zmianie niektórych danych wejściowych. Kilka z nich zaprezentowano poniżej. Symulowano wtrysk do formy z zamkniętym środkowym kanałem wtryskowym (rys. 9). Takie rozwiązanie miało ograniczyć liczbę zimnych frontów ze względu na zmniejszenie ilości przewęzek. Niestety, mimo zmniejszenia liczby niebezpiecznych miejsc odnotowano niższą temperaturę w miejscach łączenia frontów, co powoduje jeszcze większą podatność na pęknięcie w tych obszarach.

Kolejną koncepcją było przedzielenie całego insertu na 2 części i zamknięcie środkowej przewężki (rys. 10). Poza wyciętym obszarem linie łączenia frontów pozostały przy zauważalnym wzroście temperatury, co pozwala na ograniczenie skutków wystąpienia miejsc łączenia.

Testowano również inną koncepcję, w której zastosowano tylko jedną środkową przewężkę lub koncepcję, w której cały materiał podano od jednej strony (rys. 11). Niestety, w obydwu przypadkach wypełnienie całej objętości okazało się niemożliwe. Cienkie ścianki skutecznie blokowały płynięcie materiału niezależnie od parametrów wtrysku.

Kolejne iteracje pozwoliły osiągać coraz to lepsze wyniki wypełnienia dla różnych przypadków rozmieszczenia przewęzek. Jednak na podstawie przeprowadzonych analiz numerycznych okazało się, iż osiągnięcie satysfakcjonującego rozwiązania w przypadku istniejącej formy wtryskowej jest niemożliwe i konieczne jest poszukiwanie nowych rozwiązań.

WPROWADZENIE ZMIAN I ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Nowa konstrukcja

W kolejnym etapie prac zdecydowano o przeprowadzeniu analiz numerycznych pozwalających określić zasadność przygotowania nowych form wtryskowych. Nowa konstrukcja formy powinna spełniać dwa założenia będące wynikiem przeprowadzonych



Rys. 9. Wtrysk bez zastosowania środkowej przewężki. Po lewej - udział przewęzek w wypełnieniu. Po prawej - miejsca występowania niekorzystnych zetknięć frontów płynącego tworzywa



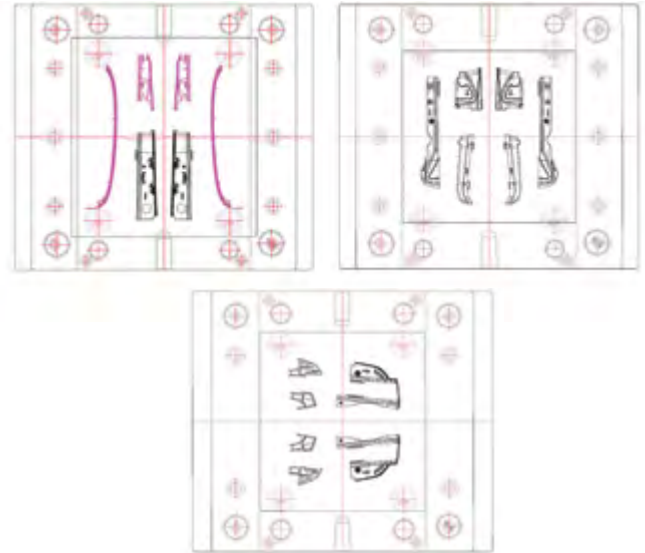
Rys. 10. Dzielony insert bez środkowej przewężki. Po lewej - dystrybucja przewęzek. Po prawej - zimne fronty



Rys. 11. Wyniki wtrysków jednopunktowych



Rys. 12. Widok insertu lusterka przed zmianami (u góry) i po optymalizacji (na dole)



Rys. 13. Rozmieszczenie poszczególnych części insertu w formach wtryskowych

wcześniej badań i symulacji. W pierwszej kolejności konstrukcja formy powinna zapewniać wyeliminowanie lub znaczące ograniczenie łączenia zimnych frontów w obszarze insertu, który klejony do sztywniejszego kompozytu epoksydowo-węglowego na całej swej powierzchni pęka w miejscach ich pojawiania się. W drugiej kolejności geometria detali powinna uwzględniać różnicę w rozszerzalności cieplnej elementów. Powinna zapewnić także przerwy dylatacyjne uwzględniające odkształcalność części podzielonego insertu tak, aby wyeliminować pojawianie się dodatkowych naprężeń spowodowanych ich kontaktem.

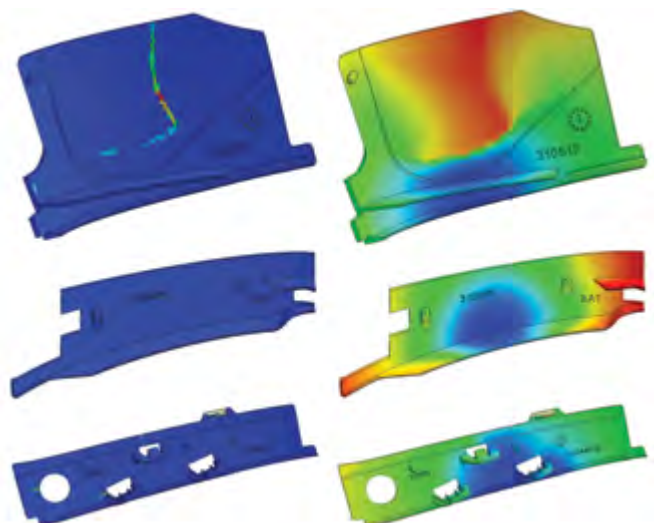
Efekt tego etapu prac przedstawiono na rys. 12. Insert został podzielony w taki sposób, aby przyjęte linie podziału nie generowały dodatkowych problemów związanych z wytwarzaniem lub mocowaniem. Bardzo trudne okazało się odpowiednie pozycjonowanie podczas wklejania elementów mocujących (jak klipsy i piny do przykręcania). Wcześniej, mocując jeden duży insert, możliwe było bazowanie całości na poszczególnych pinach i żeberkach pozycjonujących. W zoptymalizowanej koncepcji konieczne było dodanie wielu dodatkowych elementów pozycjonujących w celu umożliwienia osobnego bazowania każdej części insertu.

Zmieniona strategia wtrysku

Zmieniona została nie tylko geometria formy wtryskowej i w efekcie samego insertu, ale również strategia wtrysku, która umożliwiła wypełnienie każdego detalu z tylko jednego punktu wtrysku. Zrezygnowano z wykonania detali przy zastosowaniu jednej formy, na rzecz podziału elementów na trzy osobne formy (rys. 13). Dzięki temu rozwiązaniu możliwa jest większa elastyczność produkcji, a przede wszystkim możliwa jest praca na niższych ciśnieniach wtrysku i dobiecia. Za sprawą mniejszego upakowania cząsteczek materiału, uzyskiwane części mają dużo wyższą dokładność wymiarową.

Wyniki

Przeprowadzone analizy wykazały zasadność proponowanych zmian w geometrii oraz zmian w strategii wtrysku. Szybkie symulacje przeprowadzone dla części nowego insertu potwierdziły, że zjawisko niekorzystnego łączenia frontów w tym przypadku prawie nie występuje. Jak przedstawiono na poniższych barwnych mapach kąta łączenia frontów i czasów płynięcia, prawdopodobieństwo pęknięcia detalu z powodu niekorzystnego łączenia czoł płynącego tworzywa znacząco spada (rys. 14). Mimo to



Rys. 14. Łączenie frontów i czasy płynięcia części nowego insertu

w pierwszym przedstawionym przypadku, ze względu na znaczącą zmianę grubości (w zakresie od 0,5 mm do 1,0 mm) zaobserwowano zetknięcie się frontów na elemencie, związane z wyborem drogi o najmniejszym oporze przepływu. Jest to jednak przypadek akceptowalny ze względu na niewielkie wymiary detalu oraz centralną pozycję łączenia.

Aby zapobiec ewentualnemu problemowi z pozycjonowaniem elementów w czasie klejenia, zdecydowano się na dodanie dodatkowych pinów bazujących. Dzięki temu każdy element będzie ustawiony zawsze w jednej, dokładnie ustalonej pozycji. Ponadto przygotowanie dodatkowych elementów montażowych i pozycjonujących umożliwi łatwe wyznaczenie baz pomiarowych i dokonanie pomiarów poprawności wykonania detalu w procesie kontroli jakości.

Na tym etapie rozwiązywania problemu posiadana wiedza oraz zaufanie do wyników analiz numerycznych pozwoliły na podjęcie zdecydowanych kroków w celu rozwiązania omawianego problemu. Zgodnie z przeprowadzonymi wcześniej symulacjami zdecydowano o produkcji trzech nowych form dla dzielonego insertu.

Po rozpoczęciu produkcji lusterek z dzielonymi insertami problem pęknięcia został wyeliminowany. Potwierdza to słuszność obranej drogi rozwiązania problemu oraz zasadność użycia symulacji numerycznych w celu zobrazowania, a następnie rozwiązania rzeczywistego problemu.

WNIOSKI

Kompletna obudowa lusterka po zmianach i zatwierdzeniu przez klienta trafiła do seryjnej produkcji. Wykonany szereg rzeczywistych testów dla proponowanych kolejno koncepcji rozwiązania problemu pęknięcia insertu lusterka okazał się bezskuteczny, kosztowny i czasochłonny. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metodyki rozwiązań istniejących problemów występujących podczas fazy planowania produkcji, która zakłada zastosowanie symulacji komputerowych już w początkowej fazie planowania procesów produkcyjnych komponentów wykonanych z materiałów termoplastycznych.

W przypadku konstrukcji, które wykonane są z kilku komponentów wykonanych z różnych tworzyw sztucznych, pojawiają się problemy związane z istotnymi różnicami w zakresie ich własności, które mogą w efekcie prowadzić do niewłaściwej współpracy komponentów w różnych warunkach, co dalej skutkuje pojawianiem się i propagacją pęknięć.

W przypadku elementów wzmacniających, których grubość jest niewielka, zaś gabaryt jest znaczący, należy dokonać podziału wypraski na mniejsze części z uwzględnieniem rozszerzalności cieplnej materiału i z zachowaniem odpowiednich przerw dylatacyjnych zgodnie z istniejącymi założeniami konstrukcyjnymi oraz wynikami symulacji numerycznych uzyskanymi na podstawie analizy całego układu. Takie podejście umożliwi odpowiednią współpracę wszystkich elementów składowych. Aby przystąpić do wprowadzania rozwiązań konstrukcyjnych tego typu, konieczne jest zapoznanie się z przewidywanymi warunkami pracy elementów. Jest to szczególnie ważne przy wdrażaniu części wykonanych z nowych, innowacyjnych materiałów, które nie pozwalają na intuicyjną ocenę zachowań.

Rozważając różne sposoby montażu, należy unikać przeszywania konstrukcji, a jeśli to konieczne, to stosować zabiegi zmniejszające niepożądane skutki rozszerzalności cieplnej.

Wprowadzenie grubszej warstwy kleju lub kleju bardziej plastycznego rozwiązuje problem tylko w zakresie nieznacznych odkształceń. W innym przypadku niezbędna może okazać się zmiana sposobu mocowania elementów lub podział na mniejsze części.

Geometria elementów wklejanych powinna ułatwiać wypełnienie formy, a punkty wtrysku i konstrukcja formy powinny ograniczyć występowanie linii łączenia zimnych frontów oraz obszarów pustek powietrznych. Dodatkowo należy zwrócić szczególną uwagę na kierunek ułożenia włókien carbonu. W kierunku najszybszym rozszerzalność temperaturowa carbonu jest najmniejsza, więc różnice odkształcalności względem termoplastu będą największe.

Artykuł jest wynikiem pierwszego etapu badań wskazujących na pozytywne aspekty opracowania procesu wtrysku oraz projektu formy wtryskowej na bazie wyników pochodzących z symulacji numerycznych. Dzięki takiemu podejściu uzyskuje się ogromne korzyści zarówno w zakresie czasu potrzebnego na przygotowanie projektu, jak i jego jakości, wytrzymałości oraz ceny. Dalsze prace będą miały na celu opracowanie metodologii dotyczącej zagadnień związanych z projektowaniem części samochodowych budowanych z wielu części wykonanych z materiałów o różnych właściwościach.

LITERATURA

- [1] M. Bernaciak: Klejenie kompozytów. Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie. 2012, nr 11, s. 3-6.
- [2] E. Bociąga, T. Jaruga: Powstawanie obszarów łączenia strumieni tworzywa w wypraskach. POLIMERY 2009, nr 9, s. 654-661.
- [3] CoreTech System Co. Ltd.: Mathematical Models and Assumptions. 2014 Czerwiec 26 [Dostęp: 21 czerwiec 2017 <http://support.moldex3d.com>].
- [4] M. Dziubiński, T. Kiljański, J. Sęk: Podstawy teoretyczne i metody pomiarowe reologii. W: Monografie Politechniki Łódzkiej. Łódź: Politechnika Łódzka, 2014.
- [5] W. Frącza: Wpływ wielokrotnego przetwórstwa polimerów na parametry stanu tworzywa w formie wtryskowej. W: Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej 2012, nr 284, s. 15-29.
- [6] D. Gorgosz: Materiały przyszłości w procesie cięcia. Magazyn Przemysłowy 2017, nr 08, s. 31-32.
- [7] B. Kowalska, R. Sikora: Wpływ czasu ochładzania wyprasek wtryskowych na termodynamiczne równanie stanu. POLIMERY 2003, t. 3. nr 5, s. 359-364.
- [8] P. Mayer, J.W. Kaczmar: Właściwości i zastosowania włókien węglowych i szklanych. Tworzywa Sztuczne i Chemia, 2013, nr 6, s. 52-56.
- [9] MICHAEL Teresa Michalik: Raport z badania klimatycznego, CL/06/07/2017, 2017.
- [10] MICHAEL Teresa Michalik, EDS Polska Sp. z o.o.: Raport badań przyczepności klejów 2017.
- [11] M. Paszko, K. Łygas: Współczesne metody modelowania przepływów turbulentnych w otoczeniu poruszającego się autobusu miejskiego. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe. 2016 Grudzień, Tom XVII, nr 12, s. 1269-1272.
- [12] A. Pramanik, A.K. Basak, Y. Dong, P.K. Sarker, M.S. Uddin, G. Littlefair, A.R. Dixit, S. Chattopadhyaya: Joining of carbon fibre reinforced polymer (CFRP) composites and aluminium-alloys-A review. Composites Part A Applied Science and Manufacturing. 2017 Czerwiec, nr 101, p. 1-29.
- [13] PSG GmbH.: Wady wyprasek. Środki zaradcze cz. 1. TS RAPORT. 2015, nr 74, s. 19-23.
- [14] PSG GmbH.: Wady wyprasek. Środki zaradcze cz. 2. TS RAPORT. 2015, nr 75, s. 2-4.
- [15] S. Zahorski: Powolne przepływy cieczy lepkosprężystych w obszarach wejściowych rur i kanałów. Mechanika teoretyczna i stosowana. 1974, Tom XII, nr 4, s. 561-576.

Podziękowanie

Finansowanie prac ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na podstawie umowy nr 12/DW/2017/01/1 z dnia 07.11.2017 r.
 Autorzy kierują podziękowanie do firm EDS Polska Sp. z o.o., MICHAEL Teresa Michalik i KUFETA S.J. za udostępnienie materiałów oraz zapewnienie opieki merytorycznej i technicznej oraz firmie CoreTech System Co. Ltd., producentowi oprogramowania Moldex3D za udostępnienie licencji edukacyjnej.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Modelowanie Inżynierskie”, 2018, T. 37, nr 68, s. 98-110.

dr inż. Paweł Paździor

dr hab. inż. Mirosław Szczepanik prof. PŚ

Katedra Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej
 Wydział Mechaniczny Technologiczny
 Politechnika Śląska, Gliwice

Energia elektryczna – wyciągać wnioski

Rok 2023 jest okresem, w którym następuje swojego rodzaju nowe otwarcie na rynku energii elektrycznej. Nie tylko dla odbiorców końcowych, ale również, a może nawet przede wszystkim, dla spółek obrotu energią elektryczną. Lata 2021-2022 powinny większości z nas jasno wskazać, że wszystko do czego się przyzwyczailiśmy, jeśli chodzi chociażby o zawieranie kontraktów na kupno energii elektrycznej i gazu zaczęło funkcjonować zupełnie inaczej.

Jeszcze kilka lat temu ponad 80% przedsiębiorców zawierało umowy na zakup energii i gazu w IV kwartale danego roku. Jednak rok 2021, a zwłaszcza koniec roku 2022, w którym ceny kontraktowe na kolejne lata przekraczały 2000 pln/MWh powinny dać przedsiębiorcom jasny sygnał, że kontrakty zawiera się wtedy, kiedy ceny na rynku są na poziomie akceptowalnym dla utrzymania rentowności naszego biznesu. Oczywiście akceptowalność cen dla każdego jest inna, ale jeśli sprawdzimy, jak wzrosły kontrakty długoterminowe na energię elektryczną przez ostatnie 2 lata (z poziomu około 350pln/MWh do 1200pln/MWh na dzień 20.04.2023) to naturalne jest to, że nasz „próg akceptacji” musiał wzrosnąć razem z cenami napędzanymi przez galopującą inflację.

– Dlaczego uważamy, że obecny rok będzie przełomowy dla rynku? – pyta Marcin Zubrycki prezes firmy Anywhere.to. Po pierwsze ustawa zamrażająca ceny energii spowodowała, że spółki świadczące usługę sprzedaży energii będą musiały dołożyć z własnych kieszeni ponad 27 miliardów złotych. Po drugie, dramatyczna sytuacja na rynku paradoksalnie spowodowała, że większość korzystających

z energii, niezależnie od wielkości zużycia, zaczęła się poważnie interesować rozwiązaniami, które pozwalają minimalizować skutki podwyżek cen. I w końcu po trzecie rynek zrozumiał, że prognozy pokazujące znaczne wzrosty cen nie są straszakiem napędzającym sprzedaż, tylko realnym zagrożeniem, które wszyscy przedsiębiorcy odczuli na własnej skórze – uzupełnia Marcin Zubrycki.

Mamy połowę 2023 roku, gdzie znacząca część odbiorców płaci stawki „ustawowo zamrożone”. Jednocześnie mamy wszyscy świadomość, że ceny, które proponowano przedsiębiorstwom w drugiej połowie zeszłego roku były dwu- a nawet trzykrotnie wyższe. I teraz dochodzimy do sedna: – Czy zawirowania z zeszłego roku były wystarczającym motywatorem do tego, aby zmienić przyzwyczajenia i zabezpieczyć kolejne lata? – zastanawia się Michał Kulesza główny analityk Anywhere.to. Co zaskakujące, chyba pierwszy raz w historii odpowiedź na to pytanie jest pozytywna. – Widzimy bardzo dużą pozytywną zmianę w samej świadomości przedsiębiorców, którzy zauważając, że historycznie pierwsza połowa roku cechuje się najniższymi cenami energii sami zaczynają aktywnie poszukiwać satysfakcjonujących dla siebie ofert na energię elektryczną. Od początku kwietnia doprowadzamy do pozytywnego zakończenia negocjacji cenowych średnio dla kilkunastu firm tygodniowo.

–Zwracam się do wszystkich, którzy myślą o swoim biznesie w perspektywie dłuższej niż 2 lata, aby nie czekali i już dziś zabezpieczali się na kolejne lata – apeluje Marcin Zubrycki prezes Anywhere.to. ■

REKLAMA

CZY JUŻ WIESZ, CO BĘDZIE PO 2023 ROKU?

U NAS ZAMROŻENIE CENY ENERGII ELEKTRYCZNEJ TRWA DO 2030 ROKU.

A DO TEGO:

- REDUKCJA KOSZTÓW OPŁAT DYSTRYBUCYJNYCH,
- WŁASNE ŹRÓDŁA WYTWÓRCZE,
- EKSPERT NA WYŁĄCZNOŚĆ.



www.anywhereto.pl @: biuro@anywhereto.pl

+48 576 204 085

AnywhereTo
Doradztwo Energetyczne

Kolejna edycja Seminarium Technicznego **Plastech Info na PLASTPOL-u**

Tak jak od wielu lat wydarzeniem towarzyszącym 27. edycji Targów PLASTPOL w Kielcach będzie Seminarium Techniczne PLASTECH INFO. Odbędzie się ono w drugim dniu Targów 24 maja 2023 r., a motywem przewodnim, skupiającym techniczny nurt prezentacji i wystąpień, będzie hasło „ZAAWANSOWANE MATERIAŁY POLIMEROWE – TECHNOLOGIE, PRZETWÓRSTWO, APLIKACJE”.

Zakres tematyczny Seminarium w największej mierze odnosić się będzie do roli i znaczenia tworzyw sztucznych w codziennym życiu człowieka, jako materiału dającego możliwość opracowania i implementacji innowacyjnych rozwiązań dla stale zmieniających się potrzeb i wyzwań stawianych przez społeczeństwo.

– Wszechstronne, trwałe i z ogromnym potencjałem dostosowania do różnych potrzeb, tworzywa sztuczne to grupa niezwyklej materiałów, nierozdzielnie związanych z przemysłem, rozwojem technologii, innowacjami a także nauką – mówi Jacek Szczerba, reprezentujący Serwis Internetowy WWW.TWORZYWA.PL

– Polska od wielu dziesięcioleci zajmuje pozycję niekwestionowanego lidera branży przetwórstwa tworzyw sztucznych w regionie Europy Środkowo-Wschodniej. Ten ogromnie istotny obszar dla polskiej gospodarki jest lokowany na 3. miejscu spośród sektorów przetwórstwa przemysłowego (mając na uwadze wytwarzaną wartość dodaną brutto) i zatrudniający ponad 200 tysięcy osób. Według danych Fundacji Plastics Europe, wielkość lokalnej produkcji tworzyw, szacuje się na 1,7 mln ton i jest ona całkowicie niewystarczająca na potrzeby przetwórców, pomimo licznych instalacji polimeryzacji (m.in.: HDPE, LDPE, PA6, PET, PP, PS, PVC) oraz obecności lokalnych compounderów zajmujących się produkcją modyfikowanych odmian szerokiej gamy tworzyw. Dlatego duża część zapotrzebowania pokrywana jest surowcami z importu.

Tak naprawdę tworzywa sztuczne definiują sposób, w jaki dzisiaj żyjemy. Poprawiają jakość życia milionów ludzi na całym świecie, czyniąc je łatwiejszym, bezpieczniejszym i przyjemniejszym, a jednocześnie są kluczem do przyspieszenia europejskiego przejścia na niskoemisyjną gospodarkę o obiegu zamkniętym, w której zasoby i energia są wykorzystywane w najbardziej efektywny sposób. Pamiętajmy także, że tworzywa sztuczne to bardziej wytrzymałe i jednocześnie lżejsze konstrukcje gwarantujące nie tylko odpowiedni poziom bezpieczeństwa, ale także niższy poziom hałasu, redukcję emisji spalin czy wprost ratujących zdrowie i życie. Wymagają one jednak interdyscyplinarnych umiejętności pozwalających na odpowiednie ich stosowanie i przede wszystkim przetwórstwo.

Zapraszając do udziału w Seminarium wszystkich uczestników Targów PLASTPOL, chcemy pokazać jak bardzo ciągle rozwijające się i nieustannie udoskonalane technologie przetwórstwa TS zrewolucjonizowały i nadal zmieniają nasze codzienne życie. To dzięki tworzywom i umiejętnie dobranym technologiom produkujemy wyroby lepsze, bardziej trwałe i doskonałe, odpowiadające ciągle zmieniającym się wymogom rynku – dodaje.

– Długoterminowe i długofalowe inwestycje rozwojowe oparte o wysoki poziom i stopień innowacji, dobrze wykształconą kadrę inżynierską i techniczną oraz odpowiednio tworzone zachęty ekonomiczne (specjalne strefy i ulgi podatkowe) pozytywnie wpłynęły na automatyzację, robotyzację i wzrost konkurencyjno-



ści przedsiębiorstw oraz implementację najnowszych osiągnięć i technologii w branży przetwórstwa TS (w tym rozwiązań energooszczędnych i niskoemisyjnych oraz instalacje odzysku ciepła), które przekładają się na obecność na naszych Targach europejskich liderów sektora przetwórczego – mówi Kamil Perz, Dyrektor Targów Kielce.

Będąc jednoznacznie przekonani, że tworzywa sztuczne stanowią materiał zapewniający zrównoważoną przyszłość i rozwój, dla których kluczowymi wyznacznikami są takie obszary jak ecodesign, ekoprojektowanie, zielone technologie czy też zielona energia, polskie firmy z całą pewnością wyznaczają europejski kurs rozwoju całej branży. Potwierdzeniem tego stanu jest widoczne zainteresowanie i inwestycyjne zaangażowanie polskich producentów i przetwórców tworzyw sztucznych, mające na celu rozszerzanie swojego portfolio produktowego w kierunku wyznaczanym przez wyzwania klimatyczne i gospodarkę, obiegu zamkniętego. I o tym wszystkim będzie traktować tegoroczna edycja naszego Seminarium PLASTECH INFO. Chcemy także eksponować rolę wiedzy, kompetencji i doświadczenia dla procesu projektowania i rozwoju wyrobu oraz jego produkcji poprzez właściwy dobór materiału, technologii i optymalizację procesu przetwórczego.

W przekonaniu organizatorów w dalszym ciągu w całej branży istnieje silna potrzeba propagacji i zwiększenia odpowiedniego poziomu wiedzy inżynierskiej oraz nieustannego kreowania pozytywnego wizerunku tworzyw i wpływu technologii przetwórstwa oraz ich rozwoju na poprawę warunków życia nas wszystkich.

Zapraszamy do Kielc!

Miejsce Wydarzenia

PLASTPOL'2023, Targi Kielce

Pawilon E, Sala Konferencyjna

24.05.2023

WSTĘP WOLNY

Partnerem i Współorganizatorem Seminarium jest Serwis Internetowy www.tworzywa.pl.

www.tworzywa.pl

Phillips Plastics – dbamy o szczegóły

Na rynku przetwórstwa tworzyw sztucznych Phillips Plastics jest widoczne od niedawna, jednak historia wtryskowni jest dużo dłuższa.

Phillips Plastics to część zakładu Phillips Poland specjalizującego się w produkcji komponentów do aut ciężarowych i naczep. Elementy plastikowe stanowią istotną część składową produktów oferowanych przez Phillips Poland, stąd firma postanowiła zainwestować w rozwój działu wtryskarek. Początkowo było to kilka maszyn, które obsługiwały bieżące zapotrzebowanie, jednak z czasem zarząd firmy postanowił wykorzystać zdobytą wiedzę na temat rynku Automotive i rozwinąć gałąź biznesu odpowiedzialną za produkcję plastikowych elementów wyposażenia auta.

Sukces na polu produkcji dla sektora Automotive przełożył się na rozszerzenie działalności w innych obszarach. Długoletnia praktyka w zakresie przetwórstwa tworzyw sztucznych, nacisk na wysoką jakość oferowanych produktów oraz utrzymywanie najwyższych standardów dotyczących napraw i wymian, umożliwiły Phillips Plastics podjęcie współpracy z czołowymi światowymi producentami AGD.

Obecnie w skład Phillips Plastics wchodzi nowoczesny park maszynowy zajmujący powierzchnię 1200 m², profesjonalna na-

rzędziownia świadcząca usługi naprawy oraz konserwacji form, przestrzeń magazynowa umożliwiająca wysokie składowanie, dział R&D oraz dział jakości. Misją firmy jest stworzenie procesu produkcyjnego z wykorzystaniem najnowocześniejszych rozwiązań dostępnych dla tej branży, jednocześnie maksymalnie bezpiecznych dla środowiska.

Dla Phillips Plastics, podobnie jak dla całej spółki Phillips, kluczowe jest zapewnienie najwyższego poziomu oferowanych produktów oraz usług.

– Jesteśmy przekonani, że zastosowanie nowoczesnych metod zarządzania jakością przynosi wymierne, codzienne korzyści dla naszych klientów. *On time in full* (OTIF) nie jest jedynie hasłem reklamowym, a konkretnym celem, do którego dąży firma. – mówi Piotr Janke Manager ds. Rozwoju Biznesu.

Już niebawem Phillips Plastics zaprezentuje swoje możliwości podczas targów PLASTPOL w Kielcach. Tymczasem zapraszamy na ich stronę internetową: www.phillips-plastics.com. ■

REKLAMA

PHILIPS

**DBAMY
O SZCZEGÓŁY**

POZNAJ NAS

www.phillips-plastics.com

Kolejna edycja sympozjum technicznego *Plastech* już za nami!

27. edycja Sympozjum Technicznego PLASTECH już za nami. 156 uczestników, blisko 80 firm, 22 prezentacje i wystąpienia oraz ogromna potrzeba wymiany myśli, informacji i wszelkiego rodzaju doświadczeń i kontaktów interpersonalnych – to najkrótsze podsumowanie tego wydarzenia, które odbyło się w Folwarku ŁOCHÓW w dn. 20–21. kwietnia 2023 r.

Każda edycja naszych wydarzeń jest bez wątpienia inna. Tematyka, prelegenci, uczestnicy, program, lokalizacja – to tylko wybrane elementy z całości każdego Plastech-u. Jednak niezmiennie od wielu lat dla mnie to miejsce, w którym wszyscy razem możemy poczuć jak silną i elitarną grupą branżystów jesteśmy wszyscy razem. Bez względu na specjalizację, doświadczenie, reprezentowaną firmę i docelowy obszar zainteresowań – mówi Jacek SZCZERBA, reprezentujący organizatorów wydarzenia.



Każdego dnia w tym co robimy – bez względu na specjalizację i zakres codziennych zadań – w moim przekonaniu możemy być lepsi, bardziej doskonali, elastyczni i niezawodni. Do tego wszystkiego jednak koniecznym jest ciągły i nieustanny kontakt z branżą. I to właśnie takie miejsca jak to są do tego optymalnym narzędziem i rozwiązaniem. Z ogromną radością chciałbym oznajmić, że w tegorocznej edycji ogromnie widocznym był wątek wymiany pokoleniowej. Całe mnóstwo nowych twarzy i firm napawa nas jako organizatorów tak radością jak i optymizmem – dodaje.

Wierzę, że jako branża i ludzie dzięki takim spotkaniom jesteśmy jeszcze bardziej silni dając wyraz swoich przekonań i poglądów we wspólnym i właściwym kształtowaniu świata, którego integralną i nierozzerwalną częścią są TWORZYWA SZTUCZNE pamiętając, że NIE MA ŚWIATA BEZ TWORZYW.

Do zobaczenia za rok!

Następna edycja Sympozjum Technicznego PLASTECH została zaplanowana w Łochowie na 18–19 kwietnia 2024 r.

www.plastech.tworzywa.pl

Producent noży przemysłowych



RADFORM

ul. Czętochowa 83, 62-800 Kalisz, tel. 509 540 612

biuro@radform.pl, www.radform.pl

Nasza oferta cechuje się dużą dywersyfikacją produktów. Wytwarzamy ostrza i noże do wielu różnych branż i zróżnicowanych maszyn.

W NASZEJ OFERCIE PRODUKTOWEJ ZNAJDĄ PAŃSTWO:

- noże do młynów
- noże do kruszarek
- noże do zagęszczarek
- noże do granularek
- ostrza tarczowe do cięcia kebabu
- noże do wytłaczarek
- noże do ekstruderów
- noże do paczkarek
- noże do zgrzewarek
- noże listwowe
- noże ramkowe o różnych kształtach
- noże do gilotyn
- noże tarczowe
- wykrojniki
- głowice do granularek
- części maszyn
- narzędzia specjalne
- części na indywidualne zamówienie



Noże
krążkowe



Noże do młynów
kruszarek



Noże do
granularek
i zagęszczarek



Noże do maszyn
pakujących

Bezprzewodowe liczniki cykli

System zdalnego odczytu liczników



System MoldMaker to zaawansowany system IT & Industry IoT, który jest nowoczesnym narzędziem nadzoru produkcji dla form wtryskowych, tłoczników i wykrojników. Gromadzi i porządkuje wszystkie dane produkcyjne w jednym miejscu. Umożliwia kontrolę czasu cyklu, temperatury i wydajności narzędzi w czasie rzeczywistym. Narzędzia mogą pracować w różnych lokalizacjach na całym świecie.



Wdrożenie systemu w zakładzie produkcyjnym polega na wyposażeniu narzędzi w liczniki bezprzewodowe oraz zainstalowaniu na hali koncentratora MMCD. Dane gromadzone są w chmurze MoldMaker i są widoczne dla użytkownika po zalogowaniu na swoje konto.

Do niewątpliwych zalet systemu MoldMaker należy: globalny zasięg działania, bezprzewodowy odczyt wartości liczników, dostęp online do danych o pracy narzędzi, automatyczne i bezobsługowe działanie systemu, szybkie i intuicyjne wdrożenie systemu.

ZASADA DZIAŁANIA SYSTEMU MOLDMAKER

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

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

NOWOŚĆ!

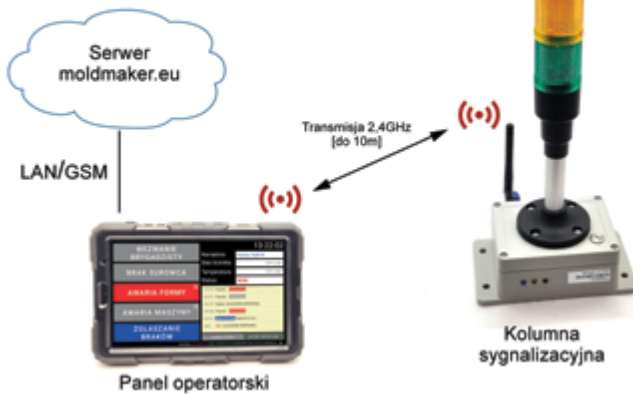
PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ

Nowością systemu MoldMaker są bezprzewodowe panele operatorskie, za pomocą których operator jednym przyciskiem może np. zgłosić awarię maszyny lub formy, wezwać brygadziście, zgłosić brak surowca itp. Możliwe zdarzenia konfiguruje się w zależności od potrzeb firmy. Najważniejsza funkcja Panelu Operatorskiego to możliwość zgłaszania braków produkcyjnych, dzięki czemu na bieżąco można kontrolować i rejestrować przyczyny powstawania braków.

Panel Operatorski jest wyposażony w lampę sygnalizacyjną, która za pomocą kolorów zapalanych lamp wizualizuje aktualny, zgodny z systemem status narzędzia pracującego na maszynie, np.: OK lub NOK. Kolumna wizualizuje również pozostałe komunikaty systemu, np.: przekroczony harmonogram, przekroczona temperatura, alarm demontażu, zgłoszenie serwisowe oraz inne.



moldmaker.eu PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ



BEZPRZEWODOWE LICZNIKI CYKLU

Rozróżniamy kilka rodzajów liczników, w zależności od ich odporności temperaturowej. Licznik MMC-11 Standard jest najbardziej uniwersalny i przeznaczony do większości zastosowań. 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 Standard to 85°C. Gwarantowany zasięg odbioru to ok. 30 m. W praktyce zasięg ten dochodzi do 100 m. Czas pracy baterii: 4–5 lat.

Liczniki wysokotemperaturowe MMC-12 HT do 150°C przewidziano do form grzanych olejowo oraz MMC-12 UHT do 205°C do form wulkanizacyjnych do gumy oraz innych narzędzi o najwyższej temperaturze pracy.

Liczniki MoldMaker posiadają następujące funkcjonalności: rejestr narzędzi i ich lokalizacji, bieżący status narzędzi, czas cyklu, alarm demontażu licznika, monitoring temperatury narzę-

dzia i alarm przekroczenia, przypomnienia serwisowe i rejestracja przeglądów, folder dokumentacji technicznej, statystyki i wskaźniki wydajności, graficzna prezentacja danych na dużym TV umieszczonym na hali, przywołanie brygadzysty, ustawiacza bądź kontroli jakości, zgłoszenie awarii maszyny oraz zgłoszenie ilości braków, podgląd produkcji w odległych halach oraz u podwykonawców realizujących produkcję na formach powierzonych, odczyt danych na dowolnym urządzeniu z dowolnego miejsca na świecie.

KONCENTRATOR MMCD (MOLDMAKER CLOUD DATA)

Jest to bezobsługowe urządzenie odbiorcze pełniące 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, przechowując odczyty z liczników w swojej wewnętrznej pamięci, a po uzyskaniu połączenia internetowego przesyła zebrane dane do serwisu, zachowując ciągłość pracy.

Koncentratory MMCD stosuje się w firmach posiadających wiele narzędzi produkcyjnych, gdzie potrzebna jest szybkość i regularność odczytów. Koncentrator montuje się na suficie lub na ścianie, z dala od metalowych elementów i urządzeń, które mogłyby zakłócać jego pracę, takich jak routery WiFi, zasilacze impulsowe, lampy.

APLIKACJA SMARTFONOWA MOLDMAKER SCAN

Aplikacja mobilna MoldMaker Scan na platformę Android i iOS umożliwia zdalny i zbliżeniowy odczyt liczników.

Za pomocą aplikacji na smartfonie wyposażonym w interfejs Bluetooth i NFC można wykonać także: identyfikację formy, przypisanie licznika do formy lub jego zwolnienie, konfigurację licznika, odczyt Karty Formy Wtryskowej, obsłużyć notatki i harmonogramy serwisowe.

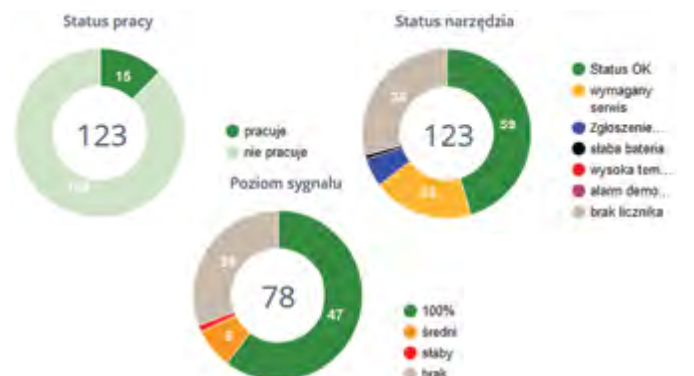
SERWIS INTERNETOWY HTTPS://MOLDMAKER.EU

Sercem systemu MoldMaker jest oprogramowanie internetowe dostępne przez standardową przeglądarkę internetową. Użytkownik może nadzorować pracę narzędzi na żywo oraz zdalnie analizować wydajność, czas cyklu, mierzyć współczynnik OEE, ustalać plany konserwacji, ustawiać przypomnienia, rejestrować przeglądy techniczne, tworzyć zadania dla narzędziowni itp.



Licznik MMC-11STD z widocznym przyciskiem demontażu

Licznik MMC-12HT



Obudowa ochronna

Przycisk demontażu

Producentem systemu MoldMaker operatorem i administratorem danych jest:
MEGA MOLD Sp. z o.o.
36-002 Jasionka 252E
tel. +48 607 259 412
e-mail: moldmaker@moldmaker.eu
www.moldmaker.eu

Potrzebujesz wykwalifikowanego pracownika? Potrzebujesz specjalisty?

ENTRO HOLDINGS

Brakuje fachowców, kompetentnych, profesjonalnych, umiejących pracować na nowoczesnych maszynach do obróbki tworzyw sztucznych. Efektywne szkolenie to nie tylko wykłady, ale praca na maszynach i urządzeniach, obserwacja procesów i ćwiczenie umiejętności.

Od zawsze istniały fabryki, które kształciły swoich przyszłych pracowników w zorganizowanych przez siebie pracowniach, współpracujące ze szkołami technicznymi i wyższymi uczelniami.

W świetle polityki odbudowy kształcenia specjalistów i przywracania istnienia szkół technicznych, kształcących m.in. specjalistów operatorów maszyn obróbczych ważne jest zapewnienie odpowiednich pomocy dydaktycznych:

- niezawodnych;
- wszechstronnych;
- nowoczesnych.

CRClarke & Company to rodzinna firma, założona przez Chrisa Clarke'a w 1974 roku, skupiająca się na segmencie termoformierek przeznaczonych dla szkół zawodowych i wyższych uczelni technicznych oraz laboratoriów przemysłowych.

Wielofunkcyjne urządzenie 911Thermoforming Center to właśnie takie narzędzie dydaktyczne, pozwalające na zapoznanie się z siedmioma metodami obróbki tworzyw sztucznych. Jedno urządzenie realizujące następujące metody obróbki:

- formowanie podciśnieniowe (termoformowanie);
- formowanie z rozciąganiem (rozdmuch – *dome blowing*);
- powlekanie fluidyzacyjne (*dip coating*);
- wtryskiwanie;
- wytłaczanie;
- prasowanie;
- spawanie.



Prosta, bezpieczna, intuicyjna obsługa, mobilność urządzenia to zalety tego rozwiązania. Niebagatelną jest również strona finansowa – zakup jednego urządzenia zamiast 7 różnych maszyn do pokazów metod przetwórstwa.

Przemysł, poszukujący nowych materiałów i nowych, energooszczędnych rozwiązań, wyposaża laboratoria, a w konsekwencji przyczynia się do przyspieszania prac nad

ochroną środowiska i poszukiwaniem nowych rozwiązań w przemyśle opakowaniowym, termoformierki laboratoryjne są wykorzystywane do badania konstrukcji folii oraz folii biodegradowalnych.

Termoformierki typu 725FLB – proste, ręczne, energooszczędne – są najczęściej wybieranym modelem. Pracują już na kil-

ku uczelniach technicznych, wykorzystywane są do nauki i rozpowszechniania wiedzy na temat obróbki tworzyw sztucznych. Korzystają z nich również producenci opakowań cukierniczych, blistrów, krótkich serii produktów.



Mini wtryskarka M25 pozwala na produkcję niewielkich elementów i badanie ich pod kątem procesów wytrzymałościowych.



ENTRO Holdings jest dystrybutorem urządzeń CRClarke urządzenia CRClarke pracują m.in. w laboratorium Grupy Azoty, Linpac, na Politechnice Częstochowskiej, Poznańskiej, Rzeszowskiej i innych.

Zapraszamy do kontaktu z naszym biurem:

biuro@entro.com.pl

tel. 604 255 258, 22 642 23 74

odwiedzenia strony internetowej www.entro.com.pl

Servomold – serwo-automatyka dla form wtryskowych

Servomold jest międzynarodowym liderem na rynku i w technologii serwoelektrycznych systemów wrzeczonych, siłowników liniowych, komponentów i serwosterowników dla wydajnej, czystej i bezpiecznej produkcji form wtryskowych.

Jako pełnozakresowy dostawca zindywidualizowanych rozwiązań w zakresie automatyzacji, opracowujemy i produkujemy indywidualne rozwiązania w zakresie automatyzacji form wtryskowych dla naszych klientów na całym świecie i od 2012 roku zaplanowaliśmy ponad 1000 systemów servomold z ponad 650 serwosterownikami.

Wielu klientów z różnych branż polega na naszych systemach:

- technologie medyczne i farmaceutyki (40%);
- technologia pakowania (20%);
- kontrola płynów i inżynieria elektryczna (20%);
- przemysł motoryzacyjny i inne (20%).

Ponad 80% zastosowań stanowi usuwanie gwintów. Od pojedynczych gwintów w komponentach technicznych do narzędzi wielogniazdowych do medycznych gwintów Luerlock i zastosowań wysokociężkich np. w kapslach – nasze rozwiązania systemowe serwonapędów oferują wiele korzyści:

- najwyższa precyzja, powtarzalność i czystość;
- optymalne bezpieczeństwo narzędzi;
- 100% kontrola i możliwość śledzenia;

- znaczne oszczędności energii do 75%;
- bezolejowe i praktycznie bezobsługowe – dlatego idealne do pomieszczeń czystych.

Pozostałe zastosowania to ruchy liniowe w formach wtryskowych (ruchy ślizgowe, płyty skokowe, ciągi rdzeniowe), jak również ruchy płyt wskaźnikowych i stoły obrotowe.

Nasz asortyment obejmuje szerokie spektrum standardowych, ale także niestandardowych komponentów i zespołów:

- jednostki odkręcające i połowa narzędzia do odkręcania;
- jednostki napędowe i jednostki liniowe;
- obracarka płytek indeksujących i systemy regulacji temperatury;
- serwonapędy;
- usługi uruchomieniowe.

Servomold GmbH & Co. KG

Gewerbepark Gräsig 72

64711 Erbach, Niemcy

tel. +49 6062 80933-0

info@servomold.com, www.servomold.com

REKLAMA

servomold®

- 1 Jednostka odkręcająca
- 2 Obracarka płytek indeksowych
- 3 Siłownik liniowy
- 4 Sterowanie serwem



www.servomold.com

Wymienniki płytowe w branży tworzyw sztucznych



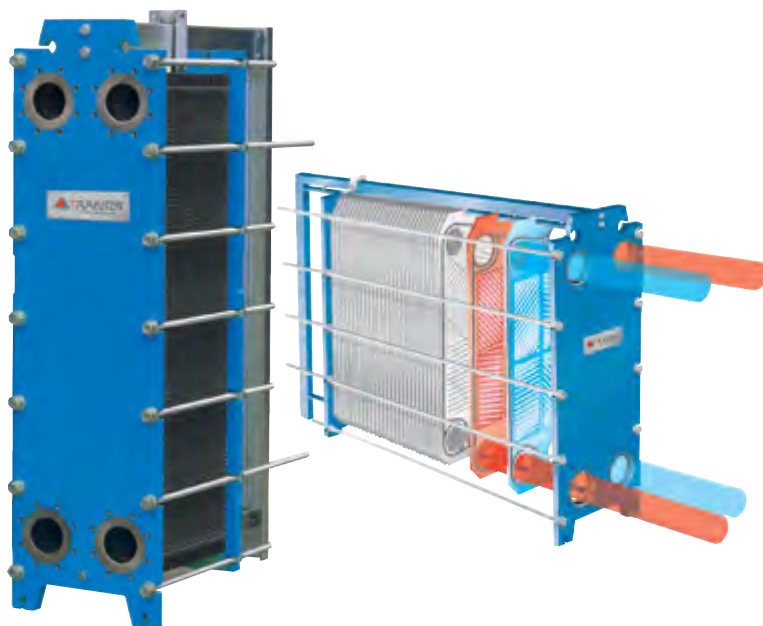
Wymienniki płytowe TRANTER znajdują szerokie zastosowanie w branży przetwórstwa tworzyw sztucznych. Mogą pracować zarówno w układach grzania, jak i chłodzenia.

Szeroki zakres typów płyt wymiennikowych pozwala optymalnie dostosować się do wymagań klienta. Od mocy 10 kW do mocy 10 MW.

Wymienniki płytowe TRANTER są używane zarówno w instalacjach technologicznych na przykład produkujących żywice, jak i w zakładach produkujących elementy z tworzyw sztucznych, znajdując zastosowanie w układach zamkniętego chłodzenia wtryskarek, pozwalają na ochronę urządzeń wrażliwych na niską jakość przepływającego medium. Coraz częściej dostarczamy wymienniki do odzysku ciepła z urządzeń (np. jako dolnych źródeł dla pomp ciepła).

W procesie wytwarzania pianek i styropianów wykorzystanie wymiennika płytowego pozwala na uzyskanie stabilnej temperatury polioli oraz izocyjanianów.

Stosowanie wymienników płytowych dla zamknięcia obiegu chłodzenia kompresorów powietrza zapewnia bezpieczną ich eksploatację przez długi czas.



TRANTER International AB jest globalnym dostawcą wymienników płytowych, z których korzystają producenci wielu urządzeń oraz wykonawcy kompletnych linii produkcyjnych. W Polsce często wymienniki TRANTER spotyka się w kompletnych liniach produkcyjnych zakupionych za granicą.

Oddział w Polsce służy pomocą zarówno w przypadku doboru nowych wymienników według potrzeb klientów, jak i dostawą oryginalnych części (płyt i uszczelek) do wymienników pracujących w już istniejących urządzeniach i instalacjach.



TRANTER International AB
Oddział w Polsce
ul. Podolska 18, 48-303 Nysa
tel. 077 433 05 95
biuro@tranter.com
www.tranter.com



Connect with us

GTP – nowy typoszereg wymienników Tranter

Maksymalne wykorzystanie energii stało się globalnym imperatywem. Im większa efektywność wymiennika ciepła, tym więcej energii można zaoszczędzić. Dlatego Tranter opracował wysoce wydajny i innowacyjny wzór płyty zwany Omniflex™, obejmujący serię płyt GT o nazwie ThermoFit™, które pozwolą naszym Klientom zaoszczędzić jeszcze więcej energii!

Wymienniki GT gwarantują wysokie współczynniki wymiany ciepła przy niskich oporach hydraulicznych.





tworzywa.org

Portal branży tworzyw



www.tworzywa.org | redakcja@tworzywa.org

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

85-758 Bydgoszcz, ul. Przemysłowa 8C

KANAŁY CHŁODZĄCE FORM

COOLINGCARE

DIAGNOSTYKA | CZYSZCZENIE | KONSERWACJA

Efektywne i skuteczne czyszczenie dzięki opatentowanej technologii skraca proces czyszczenia co najmniej kilkukrotnie i pozwala stosować łagodne roztwory chemii.

KOMUNIKACJA

- zdalna komunikacja z urządzeniem w czasie rzeczywistym poprzez protokół OPC UA
- raportowanie parametrów i statusu maszyny sms, mail, chmura
- zintegrowana baza form i projektów z możliwością powiązania z systemami ERP

CZYSZCZENIE / KONSERWACJA

- 4 zdefiniowane fabrycznie tryby pracy automatycznej
- 4 programowalne indywidualnie algorytmy trybów pracy
- możliwość manualnego wywołania dowolnej funkcji
- indywidualne dla każdej sekcji generatory kawitacji
- w procesie możliwość wykorzystania sprężonego powietrza, wody sieciowej oraz niezależnych zbiorników z roztworem chemii, neutralizatorem oraz inhibitorem korozji
- automatyczne zakończenie procesu po usunięciu osadów, osuszeniu i konserwacji

DIAGNOSTYKA

- diagnostyka szczelności i drożności
- pomiary wydatków i oporów przepływu
- wykrywanie awarii elementów systemu chłodzenia

SERWIS

- autodiagnostyka
- serwis online
- serwisanci na terenie całej Europy

3
LATA
GWARANCJI



15
MODELI

Certyfikacja TÜV Rheinland System zarządzania, UL, CE

Fado Sp. z o.o.

tel. +48 52 370 79 79
email: sales@coolingcare.eu

www.coolingcare.eu

STOISKO
D
56

Odwiedź nas na targach
PLASTPOL
23-26.05.2023, KIELCE

REKLAMA

BF Bänninger Formtechnik

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

BÄNNINGER-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.



Przegląd prac nad bioaktywnymi foliami tworzywowymi modyfikowanymi pochodnymi guanidyny

Bogusław Królikowski, Kkrzysztof Bajer, Lucja Wyrębska, Iwona Mastowska-Lipowicz

Od wielu lat Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników wspólnie z Siecią Badawczą Łukasiewicz – Łódzkim Instytutem Technologicznym prowadzi badania nad syntezą bioaktywnych pochodnych guanidyny i ich aplikacją do folii poliolefinowych celem uzyskania nowych funkcjonalnych materiałów opakowaniowych.

W zakresie biocydów możliwych do wprowadzenia w folie opakowaniowe, opierając się na opracowaniu Denyera [1], szczególną uwagę zwrócono na kationocenne związki polimeryczne wykazujące właściwości biobójcze. Obszerne opracowanie tego tematu zawarte jest w artykule z 2007 r. autorstwa G.J. Gabriel i współautorów [2]. W artykule tym wyodrębniono specyficzną grupę biocydów nazywaną AMMs (*antimicrobial macromolecules*). AMMs są przykładem syntetycznych polimerów z aktywnością biochemiczną naśladującą naturalne białka wykazujące działanie biobójcze tzw. HDPs, czyli *Hot Defense Peptides* [3].

W opracowaniu z 2017 roku pośród wielu antybakteryjnych makrocząsteczek AMMs wyodrębniono grupę określaną jako „oligoguanidines” czyli grupę pochodnych powstałych przez kondensację soli guanidyny z diaminami [3]. Zalicza się do nich między innymi poliheksametylenoguanidyna (PHMG) i poliheksametylenobiguanidyna (PHMB).

W badaniach prowadzonych w obu instytutach w latach 2008–2009 badano mikrobiologiczną przydatność kompozycji polietylenowych (PE) i polipropylenowych (PP) z następującymi, syntezowanymi związkami, opartymi na PHMG:

1. stearynian PHMG o temperaturze topnienia T_i w zakresie 120–150°C,
2. sól kwasu sulfanilowego PHMG o temperaturze topnienia T_i w zakresie 150 – 175°C,
3. granuląt wosku polietylenowego PE zawierający 20% mas. PHMG o temperaturze topnienia T_i w zakresie 102 – 113°C,
4. sól tartrazyny PHMG – pigment pomarańczowy,
5. sól błękitu brylantowego FCF PHMG – pigment fioletowy.

Stwierdzono aktywność i skuteczność powyższych substancji, jak i ich kompozytów polimerowych wobec szczepów bakterii takich jak: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Enterokoki*, *Pseudomonas aeruginosa*.

W latach 2008–2011 w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Łódzkim Instytucie Technologicznym opracowano i wdrożono produkcję PHMG, której *know-how* sprzedano kontrahentowi kanadyjskiemu. Zastosowanie samego PHMG w przetwórstwie polimerycznym nie jest możliwe ze względu na jego rozpuszczalność w wodzie i w konsekwencji migrację z polimeru. Dlatego w kolejnych latach opracowano i opatentowano nowatorski sposób syntezy i wytwarzania nowych pochodnych PHMG nierozpuszczalnych w wodzie i podatnych do wprowadzenia w materiał polimerowy [4-6]. Uzyskane kompozyty w postaci produktów foliowych wykazywały bardzo dobre właściwości bioaktywne [7], co obrazuje tabela 1.

Zsyntezowane w skali technicznej w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Łódzkim Instytucie Technologicznym substancje aktywne wprowadzono do osnów polimerowych wg metod opracowanych w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników. Wynikiem tych prac było opracowanie [8], uzyskany patent [9] i jego wdrożenie w przemyśle opakowaniowym bioaktywnych folii polietylenowych do długoterminowego pakowania głęboko mrożonych wyrobów spożywczych (mieszanek mięsno-warzywnych – rok 2015).

W mieszaninach ww. substancji z poliolefinami (PE i PP) otrzymano kompozyty, które granulowano i wytłaczano w postaci folii płaskiej.

Kompozyty przygotowywano poprzez proste nanoszenie substancji czynnej na granulāt tworzywa macierzystego metodą pudrowania w taki sposób, aby uzyskać jej odpowiednie stężenie w masie. Tak przygotowane mieszaniny ujednorodniano i granulowano przy pomocy wytłaczarki dwuślimakowej współbieżnej. Granulāt poddawano procesowi wtryskiwania celem uzyskania kształtek do prób wytrzymałościowych, tj. rozciągania statycznego, udarności z karbem oraz badań mikrobiologicznych. Granulāt poddawano także wytłaczaniu za pomocą wytłaczarki jednoślimakowej celem uzyskania wstęgi płaskiej folii jednowarstwowej do dalszych badań. Najkorzystniejszymi ilościami substancji czynnych w osnowie polimerowej było 0,3 i 0,5% mas. i takie stężenia stosowano przy wytłaczaniu folii.

Dla zastosowań przemysłowych powyższe badania rozszerzono o badanie technologii wytwarzania folii rękawowych 3- lub 5-warstwowych, gdzie warstwa wewnętrzna, zawierająca substancję bioaktywną stykała się bezpośrednio z materiałem pakowanym (żywnością). Takie próby prowadzono w skali półtechnicznej na maszynach przemysłowych z udziałem wewnętrznej warstwy tworzywa PE modyfikowanego pochodną aminobenzenosulfonową PHMG (SKS) w ilości 1% mas. Folie badano w warunkach długoterminowego składowania żywności w niskich temperaturach do -40°C. Grubość foliowej kompozycji (3- lub 5-warstwowej) nie przekraczała 0,08–0,04 mm; w przypadku folii 5-warstwowej osiągnięto grubość folii 0,04 mm, przy względnie równomiernym rozkładzie poszczególnych warstw (λ – 8 μ m). Folie sprawdziły się w zastosowaniu w przemyśle spożywczym [8, 9].

Dalsze prace, prowadzone w latach 2012–2014, dotyczyły otrzymywania tzw. folii wskaźnikowych, wskazujących na rozkład substancji białkowych pakowanego materiału (produkty mleczne, mięsne). W tym celu w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Łódzkim Instytucie Technologicznym opracowano i opatentowano innowacyjną metodę otrzymywania pochodnych fluoresceiny (*dilauroilofluoresce-* ►

Wyprzedzające rozwiązania powierzchniowe dostępne od ręki!
Co nowego w Oerlikon Balzers?

oerlikon
balzers

Rosnące wymagania rynku skłaniają nas do ciągłego rozwoju. Dzięki bogatemu, ponad 75-letniemu doświadczeniu dobrze wiemy z jakimi wymaganiami zmagają się przetwórcy tworzyw sztucznych. Staramy się wyjść naprzeciw Państwa oczekiwaniom. Oerlikon Balzers, lider w technologiach powierzchniowych, ma przyjemność przedstawić nowości w swojej ofercie, powłoki przeznaczone narzędzia stosowane w branży TS. Warstwy PVD zapewniają doskonałe zabezpieczenie form przed zużyciem ściernym oraz adhezją tworzywa. Pokrycia skracają cykl oraz czas potrzebny na konserwację i przeglądy. Mają pozytywny wpływ na trwałość, wydajność, jakość oraz koszty. Umożliwiają pracę form wtryskowych na sucho, bez zatarć. Są rekomendowane zarówno na wypolerowane powierzchnie formujące jak i te teksturowane. Użytkownik unika w ten sposób zarysowań i problemów jakościowych z wypraską.



W obecnych czasach powłoki DLC zyskały dużą popularność i uznanie. Ze względu na wysoką twardość, odporność na zużycie ściernie i korozję, są idealnym rozwiązaniem dla wielu zastosowań. Dotyczy to elementów narażonych na duże tarcie, przyspieszone zużycie poprzez kontakt (współpracę) z innymi elementami i wysokie obciążenia. Dzięki temu powłoka **BALINIT® DLC (a-C:H)** zapobiega zatarciom, wżerom i uszkodzeniom elementów podczas pracy. Umożliwia pracę na sucho, bez smarowania. Obniża opory ruchu, organicza zużycie energii.

BALINIT® MOLDENA (CrN/CrON) Warstwa ta stanowi doskonałe rozwiązanie dla wtrysku i wytłaczania tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu, wzmocnionym włóknem szklanym (GFRP) oraz materiałów o wysokiej zawartości uniepalaczy. Redukuje narosty, wydłuża trwałość formy, stabilizując proces produkcyjny i utrzymuje wysoką jakość wypraski. Charakteryzuje się wysoką twardością i odpornością chemiczną. Zapobiega korozji.



T: +48 785 400 065 | Formy wtryskowe | www.oerlikon.com/balzers/pl



Tabela 1. Wyniki badań aktywności biologicznej foliowych wyrobów tworzywowych wobec szczepów bakteryjnych w zależności od rodzaju matrycy polimerowej i stężenia substancji bioaktywnej [6]

	Pr. 1. Stearynian PHMG				Pr. 2. Sól kwasu sulfanilowego PHMG (SKS)				Pr. 3. Granulat WP zaw. 20% PHMG				Pr. 4. Sól tartrazyny PHMG				Pr. 5. Sól błękitu brylantowego PHMG				
	PE 0,8%	PE 0,2%	PP 0,8%	PP 0,2%	PE 0,8%	PE 0,2%	PP 0,8%	PP 0,2%	PE 0,8%	PE 0,2%	PP 0,8%	PP 0,2%	PE 0,8%	PE 0,2%	PP 0,8%	PP 0,2%	PE 0,8%	PE 0,2%	PP 0,8%	PP 0,2%	
<i>E. coli</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Z	X	X	X	X	X	X	X
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	X	Y	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>S. aureus</i>	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Enterokoki	X	X	Y	Y	Z	Z	Z	Z	X	X	Y	Y	Z	Z	Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	X	X	X	Z	X	X	X	X	X	Y	X	Y	X	X	X	X	X	X	X	X	X

inę – DLF oraz dibutyrylofluoresceinę – DBF) i w odpowiednich proporcjach wprowadzano do osnowy polimerowej typu PE i PP. Substancje te, w obecności enzymów powstających w wyniku psucia się białka, rozkładają ww. związki do postaci fluoresceiny, która zaczyna świecić seledynowym światłem obserwowanym w świetle lampy ultrafioletowej. Uzyskany patent [10], dotyczący tej technologii, był przedmiotem szerokiego zainteresowania przemysłu.

Podobne właściwości bioaktywne wykazują pochodne poliheksametylenobiguanidyny – PHMB. W latach 2018–2021 w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Łódzkim Instytucie Technologicznym na bazie PHMB syntezowano i opatentowano nierozpuszczalne substancje wykazujące właściwości polimerycznych cieczy jonowych:

- pochodną rodankową PHMB – SCN [11];
- pochodną benzoesową PHMB – BS [12] oraz w oparciu o PE FABS 23-D022.

Obie substancje badano na możliwość zastosowania ich jako substancji bioaktywnych do tkanin tekstylnych – bawełny typu – keper, wobec szczepów bakterii *S. aureus* i *E. coli*. Aplikowane na tkaninę bawełnianą w ilości 1,5% mas. wykazały dobrą skuteczność antybakteryjną wobec ww. szczepów bakterii. Skuteczność antybakteryjną badano każdorazowo w oparciu o metodę opisaną w normie PN-EN-ISO 20743:2013.

Próba wprowadzenia pochodnej rodankowej PHMB – SCN do osnowy polietylenowej nie powiodła się. Natomiast podczas przetwarzania w temperaturze wyłaczania PE, kompozycja zmieniała barwę z jasnożółtej do ciemnobrunatnej i nie wykazywała aktywności antybakteryjnej. Kompozycja foliowa PE z pochodną benzoesową PMBG – BS wykazała bardzo dobre właściwości antybakteryjne wobec ww. badanych szczepów.

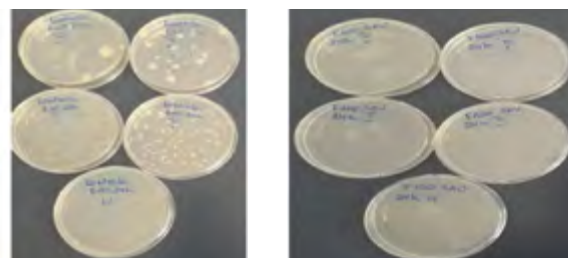
Długoletnia współpraca obu instytutów zaowocowała osiągnięciami, które znalazły już zastosowanie praktyczne. Licencja sprzedana w roku 2009 do Kanady dotyczyła syntezy chlorowodoru PHMG, przeznaczonego do dezynfekcji dużych powierzchni użytkowych (hale produkcyjne, pomieszczenia sanitarne, baseny kąpielowe).

Technologię wytwarzania bioaktywnych, wielowarstwowych folii do pakowania głęboko mrożonej żywności zastosowano w roku 2015 w Tarnowskich Zakładach Osprzętu Elektrycznego „TAREL” (Wola Rzędzińska).

Wspólne badania wskazują na potencjał, jaki jest związany z dalszym rozwojem pochodnych guanidyny. Na pewno znajdą się ich dalsze zastosowania w takich dziedzinach gospodarki jak opakownictwo, higiena i ochrona zdrowia, czy przemysł tekstylny.

LITERATURA

[1] S.P. Denyer, G. Stewart: Mechanisms of action of disinfectants, International Biodeterioration&Biodegradation, 1998, 41, s. 261.
 [2] G.J. Gabriel i in.: Infectious Disease: Connecting Innate Immunity to Biocidal Polymers, Materials Science and Engineering: R: Reports; 2007, 57, (1-6), s. 28.



Rys. 1. Przykład wizualizacji wzrostu *E. coli* na próbce kontrolnej (a) (czysta folia PE FABS) i na próbce folii PE FABS z PHMB - BS (b) po 24 h inkubacji

[3] L. Szuster, Ł. Wyrębska, A. Kwiecień: Sposób nadawania włóknom bawełnianym właściwości bakteriobójczych nową reaktywną pochodną poliheksametylenoguanidyny, Technologia i Jakość Wyrobów, 2017, 62, s. 96.

[4] Patent PL 211371 (2011) – Sposób otrzymywania preparatu bioaktywnego.

[5] Patent PL 225392 (2016) – Sposób wytwarzania pochodnej aminibenzenosulfonowej PHMG.

[6] Patent PL 230338 (2018) – Sposób wytwarzania substancji bioaktywnej i jej zastosowanie.

[7] „Opracowanie technologii wytwarzania wyrobów tworzywowych zawierających czynną substancję antybakteryjną poliheksametylenoguanidynę (PHMG) i/lub jej pochodne”, nr zlecenia 11.1.3, Sprawozdanie z działalności statutowej IPS za rok 2008, praca niepublikowana.

[8] „Prace badawcze nad problemem długotrwałego zachowania funkcji użytkowych opakowaniowych folii wielowarstwowych”, nr zlecenia 110 045, Sprawozdanie z działalności statutowej IMPIB za rok 2015, praca niepublikowana.

[9] Patent PL 215449 (2013) – Sposób wytwarzania folii polimerowej.

[10] Patent PL 216143 (2013) – Sposób wytwarzania dilauroilofluoresceiny DLF.

[11] Patent PL 238337 (2021) – Nowa polimeryczna ciecz jonowa i sposób jej wytwarzania.

[12] Zgłoszenie wynalazku P.440793 (zgłoszenie do UP RP 29.03.22) – Nowe polimerowe cieczki jonowe, sposób ich wytwarzania oraz zastosowania.

Artykuł został zamieszczony w czasopiśmie „Polimery dla Biznesu” 2022, nr 4 październik, s. 30-32.

dr hab. inż. Bogusław Królikowski, prof. Instytutu
dr inż. Krzysztof Bajera


Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników

inż. Łucja Wyrębska
dr inż. Iwona Masłowska-Lipowicz

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny



Anwil
GRUPA ORLEN



**Tworząc chemię,
napędzamy przyszłość**



Zapraszamy do odwiedzenia
naszego stoiska
na targach PLASTPOL

23-26.05.2023 | Kielce | Hala E - 42

polanvil

creovil

Właściwości mechaniczne elementów drukowanych z polilaktydu o strukturze porowatej

Kinga Majewska-Laks

Wykonano cztery filamenty z PLA do druku przestrzennego, różniące się zawartością poroforu: 0, 1, 1,5 i 2% mas. Wytłaczanie wykonano w temperaturze niższej od temperatury aktywacji modyfikatora. Następnie wykorzystano je do wykonania próbek technologią druku przestrzennego Fused Filament Fabrication- FFF. Podczas druku przekroczono temperaturę rozkładu i została utworzona wtórna porowata struktura w drukowanych elementach. W pracy zbadano wpływ dodatku poroforu na właściwości mechaniczne elementów wytwarzanych w technologii przyrostowej FFF. Wydrukowane elementy poddano próbom statycznego rozciągania i zginania w celu oznaczenia ich cech wytrzymałościowych.

Technologie wytwarzania przyrostowego rozwijane są od 35 lat. Początkowo znajdowały zastosowanie w szybkim prototypowaniu, z czasem zaczęto je wykorzystywać do wytwarzania produktów finalnych i narzędzi. Drukowanie przestrzenne skraca czas kształtowania prototypów i końcowych elementów oraz koszty z tym związane. Daje możliwość szybkiego reagowania na potrzeby konsumentów, tworząc modele o lepszej jakości i skomplikowanych kształtach, w pełni spersonalizowane [2, 10].

TECHNOLOGIA FDM/FFF

Najbardziej rozpowszechnioną metodą modelowania przestrzennego jest osadzanie stopionego materiału FDM (*Fused Deposition Modeling*) lub FFF (*Fused Filament Fabrication*). Metoda ta polega na wytwarzaniu modelu poprzez nakładanie uplastycznionego materiału, przyrostowo warstwa po warstwie. Nagrzewany w głowicy filament o nominalnej średnicy (najczęściej 1,75 mm, 2,85 mm, 3 mm), wytłaczany jest przez dyszę na stół roboczy. Najpopularniejszy model opiera sposób działania na układzie kartezjańskim, pozwala to na tworzeniu skomplikowanych brył poprzez ruch głowicy w osiach X i Y oraz platformy roboczej w osi Z. W technologii FDM zapewniona jest stała temperatura druku poprzez zastosowanie zamkniętej komory, czym odróżnia się od metody FFF [7, 8].

Podczas druku metodą FFF materiał, opuszczając dyszę, jest szybko chłodzony. Powoduje to mniejszą przyczepność między warstwami i poszczególnymi nitkami filamentu. W strukturze wykonanych tą technologią produktów stwierdzono występowanie pustych przestrzeni, tzw. pustek, które oddzielają od siebie wytłaczane strugi materiału. Wewnętrzne pustki są obszarami kumulacji naprężeń, co w efekcie prowadzi do inicjowania i propagacji pęknięć w próbce, na skutek oddziaływania na nią obciążeń zewnętrznych. Występowanie obszarów nieciągłości jest główną przyczyną pogorszenia się właściwości mechanicznych próbek drukowanych technologią addytywną względem elementów wtryskiwanych [3].

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE TECHNOLOGII FDM/FFF

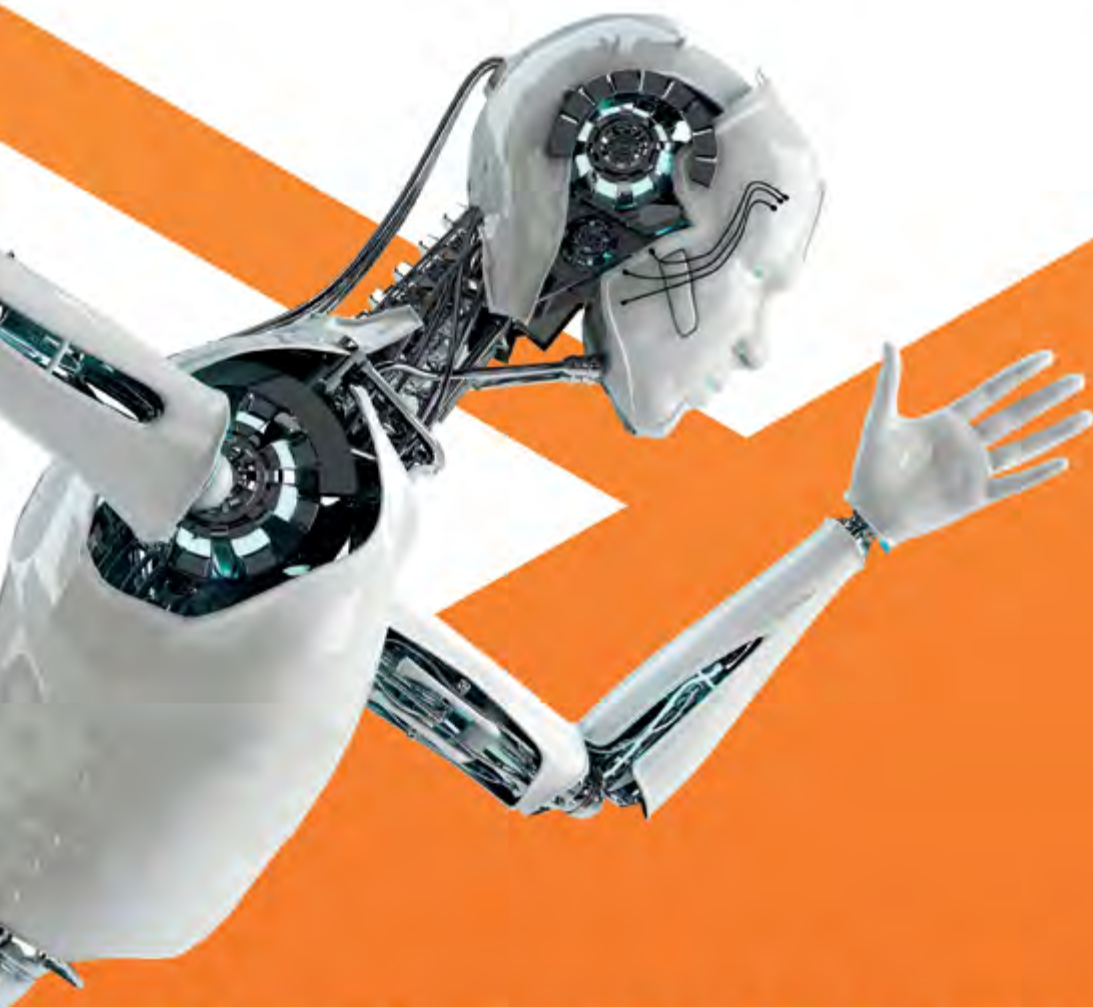
Doniesienia literaturowe wskazują, że podejmowano próby poprawy cech użytkowych drukowanych elementów i poprawy

jakości powierzchni poprzez m.in. lakierowanie, piaskowanie, polerowanie oraz waporyzację acetonową. Aceton rozpuszcza zewnętrzną warstwę materiału, np. ABS, tworząc na powierzchni cienką warstwę wzmacniającą, które polepsza twardość elementu. Badania wykazały, że waporyzacja acetonem zmniejszyła również puste przestrzenie w próbkach drukowanych, na skutek częściowego rozpuszczenia ABS przez aceton. Dłuższa ekspozycja próbek w acetonie, w niektórych przypadkach nieznacznie zwiększyła wytrzymałość na rozciąganie badanych próbek [6].

W celu poprawy właściwości mechanicznych drukowanych elementów wykonywano również mechaniczną modyfikację filamentu poprzez utworzenie linii śrubowej na jego powierzchni zewnętrznej. W ten sposób ujednorodniono przekrój żyłki materiału podawanej przez dyszę na stół roboczy, czyli zniwelowano zmiany objętości tworzywa wytłaczanego podczas druku. Poprzez zmianę chropowatości filamentu zmniejszono również ryzyko poślizgu materiału w ekstruderze. Zmianę właściwości drukowanych elementów uzyskuje się również poprzez dodatek modyfikatorów oraz wypełniaczy do wytwarzanego filamentu. W technologiach FDM/FFF wykorzystuje się materiały kompozytowe na osnowie ABS lub PLA, zawierające jako wypełniacz m.in. proszek miedziany, z brązu lub stali. Elementy drukowane z takiego materiału wsadowego do złudzenia przypominają detale metalowe [4, 10].

Jednym ze sposobów modyfikacji tworzyw sztucznych jest porowanie, odpowiedzialne za zmianę struktury materiału z litej na porowatą. Wprowadzenie poroforu do materiału oraz zapoczątkowanie jego rozkładu odbywa się w temperaturze niższej od temperatury procesu porowania. Przetwórstwo w temperaturze niższej od temperatury aktywacji modyfikatora, powoduje jedynie częściowe porowanie materiału. Pewna ilość nieaktywowanego poroforu pozostaje w materiale i podczas ponownego przetwarzania w temperaturze wyższej od temperatury rozkładu poroforu następuje jego rozkład i tworzenie się wtórnej porowatej struktury w próbkach. Stwierdzono, że czas od momentu zasypu granulatu do układu uplastyczniającego do osiągnięcia przez stop polimerowy temperatury rozkładu poroforu ma istotny wpływ na morfologię oraz właściwości fizyczne i mechaniczne wytworu [1, 5, 9, 11].

Dotychczas modyfikacja tworzyw polimerowych poprzez porowanie wykorzystywana była najczęściej w procesie wtryskiwania ►



RAZEM W PRZYSZŁOŚĆ

Twój dostawca w zakresie tworzyw konstrukcyjnych

Nasi partnerzy



Katalog tworzyw



K.D. Feddersen CEE GmbH
Member of the Feddersen Group

Twój kontakt: **Dariusz Obarek** | Dariusz.Obarek@kdfeddersen.com | Telefon +48 795 860110 | kdfeddersen.com

oraz wytłaczania. W przeprowadzonych badaniach podjęto próbę wytworzenia filamentu napełnionego poroforem chemicznym, który został użyty do wytworzenia wytworu metodą przyrostową FFF. Założono, że intensywny rozkład substancji czynnej i uzyskanie struktury porowatej w PLA nastąpi w czasie uplastycznienia materiału w głowicy drukującej. Celem doświadczenia było zbadanie wpływu dodatku poroforu do filamentu na właściwości mechaniczne drukowanych elementów.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Do procesu wytłaczania filamentu wykorzystano krystaliczny polilaktyd o nazwie handlowej IngeoTM Biopolymer 2500HP. Granulat przed procesem przetwórczym suszono w temperaturze 50°C przez 10 godzin. Dodatek stanowił porofor chemiczny na bazie pochodnych kwasu cytrynowego o nazwie firmowej Plastronfoam D40. Temperatura początku rozkładu poroforu podana przez producenta wynosi <20°C, a temperatura procesu porowania tworzywa powinna wynosić między 210 a 240°C. Koncentrat poroforu w formie granulatu dodawano do tworzywa w ilości 0%, 1%, 1,5% i 2% mas. przed wsypianiem do cylindra wytłaczarki.

Filament o średnicy nominalnej 1,75±0,05 mm wytłaczano na wytłaczarce laboratoryjnej W25-300 w Katedrze Technik Wytwarzania UTP w Bydgoszczy. Wytwarzany był z mieszanin o składzie podanym w tabeli 1. Temperatury stref grzewczych wytłaczarki, począwszy od strefy zasilania wynosiły: 135°C, 175°C, 180°C, a temperatura głowicy równała się 175°C. Prędkość obrotowa ślimaka wytłaczarki wynosiła 54 obr · min⁻¹.

Elementy przeznaczone do badań wytworzono na drukarce Tevo Tarantula metodą przyrostową FFF (rys. 1). Parametry dru-

kowania przedstawiono w tabeli 2. Wytworzono 12 belek o wymiarach 80 x 10 x 4 mm oraz 12 wiosełek typu 1BA zgodnie z normą PN-EN ISO 527-2 (rys. 2).

Wydrukowane próbki poddano próbom trójpunktowego zginania oraz statycznego rozciągania przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell model Z030. Wytrzymałość na zginanie oznaczono z prędkością 2 mm · min⁻¹, odległość między podporami wynosiła 64 mm. W próbach statycznego rozciągania prędkość trawersy wynosiła 50 mm · min⁻¹, a odległość między uchwytami 58 mm.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

W badaniu trójpunktowego zginania belki drukowane z litego PLA wykazały dużą elastyczność, obserwowano jedynie ich wygięcie bez pęknięcia (rys. 3). Natomiast próbki zawierające w składzie porofor pękały, co wskazuje na większą sztywność i kruchość. Uzyskane wyniki przedstawiono na wykresach (rys. 4–5).

Najlepsze właściwości wykazały próby zawierające w składzie 1,5% mas. modyfikatora. Wytrzymałość na zginanie wzrosła w tym przypadku dwukrotnie, a moduł sprężystości przy zginaniu o 66%, w porównaniu z serią PLA. Przekroczenie zawartości poroforu 1,5% mas. powoduje spadek właściwości przy trójpunktowym zginaniu. Wartość wytrzymałości na zginanie serii PLA+2% zmniejszyła się o 15% względem prób z dodatkiem 1,5% poroforu, natomiast moduł zginania o 11%.

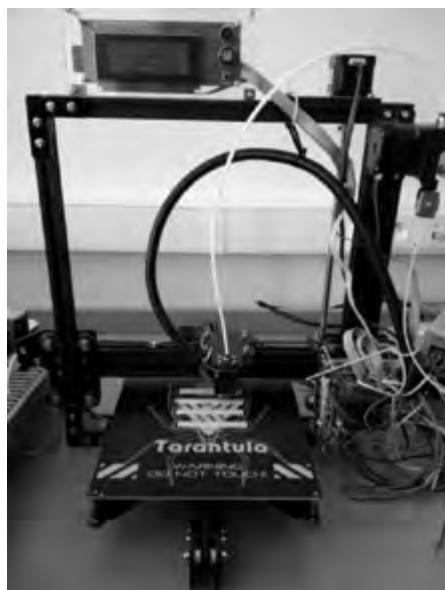
Bardzo podobne zależności wytrzymałościowe uzyskano w próbie statycznego rozciągania. Stwierdzono istotny wzrost wytrzymałości na rozciąganie R_m oraz modułu sprężystości dla porowatych próbek PLA (tab. 3). Maksymalną war-

Tabela 1. Skład mieszaniny materiałów użytych do wytłaczania filamentów (opracowanie własne)

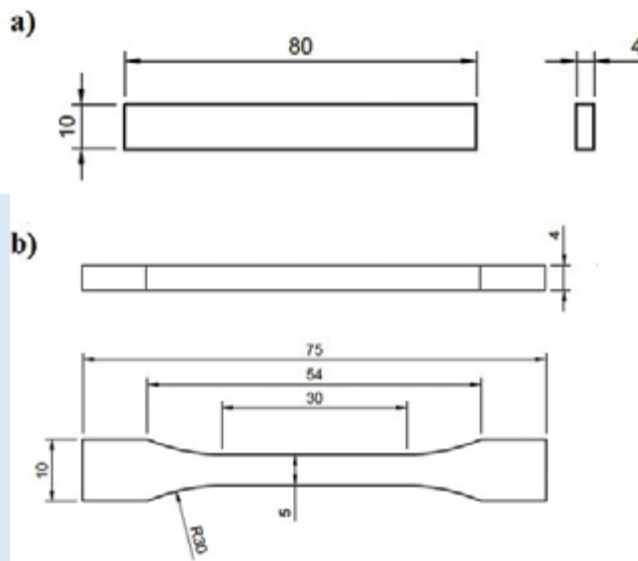
Oznaczenie filamentu	Zawartość PLA [g]	Zawartość poroforu [g]
PLA	250	0
PLA+1%	247,5	2,5
PLA+1,5%	246,25	3,75
PLA+2%	245	5

Tabela 2. Parametry drukowania zastosowane w badaniach (opracowanie własne)

Średnica dyszy	0,04 mm
Prędkość druku	10 mm·s ⁻¹
Wysokość warstwy	0,2 mm
Temperatura dyszy	230°C
Temperatura stołu	60°C



Rys. 1. Drukarka Tevo Tarantula zastosowana w badaniach (fot. autorka)



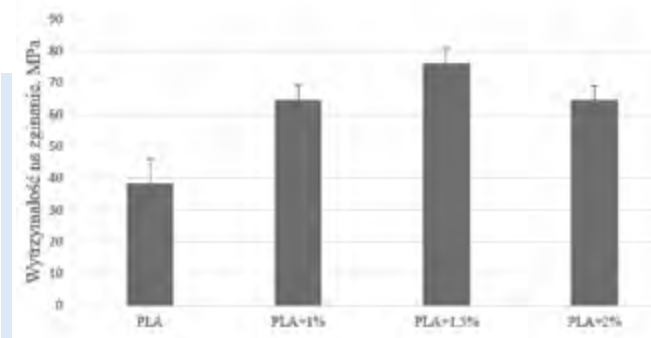
Rys. 2. Kształt i wymiary próbek użytych w badaniach: a) trójpunktowego zginania, b) przy statycznym rozciąganiu (opracowanie własne)



Rys. 3. Widok próbek po zrealizowaniu trójpunktowego zginania (opracowanie własne)

tość modułu Younga charakteryzują się próbki PLA zawierające 1,5% mas. poroforu. Wartość ta jest o 45% większa niż w próbach referencyjnych wykonanych z litego filamentu. Dalszy wzrost ilości modyfikatora powoduje nieznaczny spadek wartości tej cechy wytrzymałościowej. Różnica ta wynosi 9% dla PLA+2% w odniesieniu do materiału zawierającego 1,5% poroforu. Można stwierdzić, że dla wszystkich badanych próbek, dodatek poroforu do litego PLA spowodował znaczące podwyższenie sztywności materiałowej próbek - do poziomu charakterystycznego dla bardzo dobrych termoplastycznych tworzyw konstrukcyjnych, takich jak poliwęglan PC czy polioksymetylen POM.

Największą wytrzymałość na rozciąganie wykazały próbki z PLA+1%, wartość ta przewyższa PLA o 54%. Wraz ze wzrostem zawartości modyfikatora D40 powyżej 1% mas., wartość maksymalnego naprężenia rozciągającego badanych próbek maleje, jednak przewyższa wartości otrzymane dla elementów drukowanych z filamentu litego (rys. 6). Największe wartości wydłużenia względnego wykazują próbki wytworzone z PLA+1% oraz z PLA+2%, a najmniejsze wykazały wiosetka z serii PLA oraz PLA+1,5%. Jednak można zauważyć, że różnica między wydłu-



Rys. 4. Wytrzymałość na zginanie próbek drukowanych metodą FFF w zależności od zawartości poroforu (opracowanie własne)

żeniem przy maksymalnym naprężeniu dla próby referencyjnej, a dla PLA+1% wynosi zaledwie 0,53%.

W celu pełniejszej analizy uzyskanych wyników wykonano pomiar gęstości wydrukowanych elementów, a uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 4. Próbki zawierające w składzie porofor wykazały mniejszą gęstość w porównaniu z serią PLA litego, na co miały wpływ występujące pory. Wśród próbek o strukturze porowatej największą gęstość wykazała seria PLA+1,5%, przy dodatku 2% poroforu nastąpił spadek gęstości. Podczas wytłaczania filamentu następowało porowanie materiału, na skutek czego likwidowane były puste przestrzenie w objętości próbek (wcześniej opisane pustki), wynikające z istoty tworzenia modeli 3D metodą FFF. Powodowało to polepszenie właściwości mechanicznych w stosunku do serii PLA. Na zdjęciach mikroskopowych elementów drukowanych z PLA łatwo odróżnić warstwy

REKLAMA

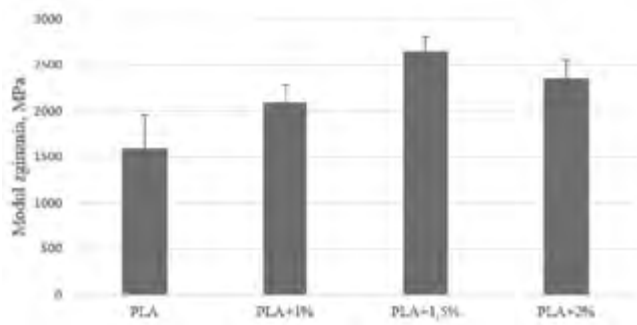
TURN ON

Versatile yet specific - we always offer exactly the right tool for solutions perfectly tailored to you. **GRAFE** - Turning Good into Great.

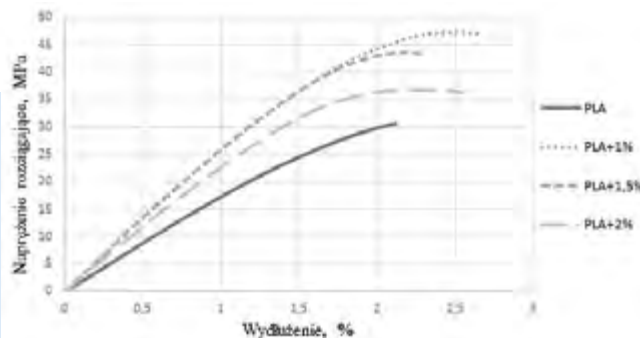
FUTURE IN PLASTICS

turn-on.grafe.com

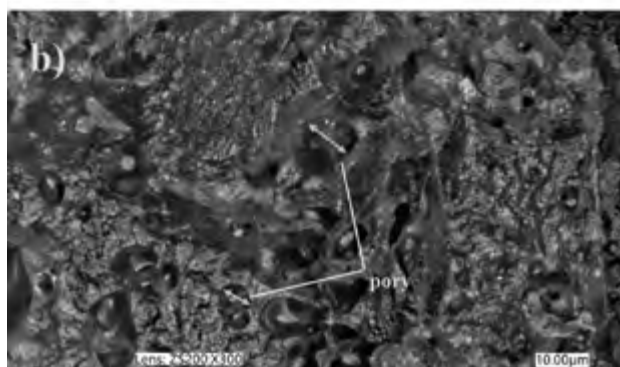
GRAFE



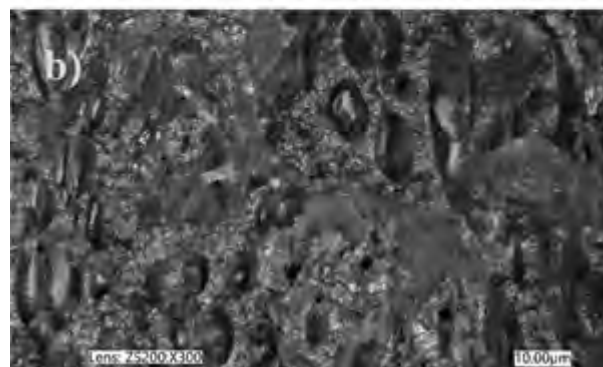
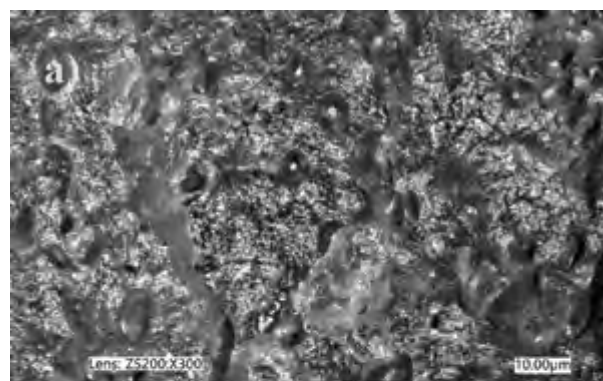
Rys. 5. Zmiany modułu sprężystości przy zginaniu w zależności od zawartości poroforu (opracowanie własne)



Rys.6. Przykładowe wykresy zmian naprężeń rozciągających od wydłużenia względnego dla próbek drukowanych metodą FFF z użyciem filamentu PLA napętnionego poroforem (opracowanie własne)



Rys. 7. Zdjęcia mikroskopowe elementów drukowanych z filamentu: a) PLA z widocznymi pustymi przestrzeniami między warstwami, b) PLA+1% o strukturze porowatej (opracowanie własne)



Rys. 8. Zdjęcia mikroskopowe elementów drukowanych z filamentu: a) PLA+1,5%, b) PLA+2% (opracowanie własne)

Tabela 3. Właściwości mechaniczne próbek oznaczone w próbie statycznego rozciągania (opracowanie własne)

Seria	Moduł Younga, MPa	Maksymalne naprężenie, MPa	Wydłużenie przy maks. naprężeniu, %
PLA	1922 ± 217	29,61 ± 4,33	1,99 ± 0,42
PLA+1%	2669 ± 128	45,56 ± 4,83	2,52 ± 0,23
PLA+1,5%	2788 ± 141	41,88 ± 4,77	1,86 ± 0,31
PLA+2%	2551 ± 125	40,56 ± 3,81	2,27 ± 0,02

Tabela 4. Gęstość dla badanych serii próbek (opracowanie własne)

Oznaczenie	Gęstość [g·cm ⁻³]
PLA	1,227 ± 0,032
PLA+1%	1,075 ± 0,007
PLA+1,5%	1,120 ± 0,010
PLA+2%	1,072 ± 0,014

oraz ścieżki materiału drukowanego (rys. 7a). Natomiast zdjęcie próbki wydrukowanej z użyciem filamentu zawierającego porofor przedstawia bardziej jednolitą strukturę (rys. 7b). Większa zawartość porów w strukturze litej pogarsza cechy mechaniczne, dlatego też seria PLA+2% wykazała niższe wartości wytrzymałości mechanicznej (rys. 8).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania i ich analiza pozwalają na stwierdzenie, że materiał wykorzystany w technologii przyrostowej o strukturze porowatej zwiększa wytrzymałość mechaniczną drukowanych elementów. Wskutek powstania struktury mikroporowatej drukowane próbki zwiększają także swoją sztywność.

Wytwarzanie przyrostowe poprzez spajanie sąsiednich ścieżek uplastycznionego tworzywa opuszczającego głowicę w postaci wstęgi jest nieefektywne, powoduje powstawanie wolnych przestrzeni w elemencie, odpowiadających za obniżenie właściwości mechanicznych. Porowanie filamentu w trakcie druku przyczynia się do zmniejszenia tych pustek, wskutek czego element jest bardziej wytrzymały. Następuje ujednorodnienie jego struktury i zmniejszenie obszarów nieciągłości kumulujących naprężenia wewnątrz wytworu, odpowiedzialnych za inicjowanie pęknięć. Określono korzystny przedział zawartości porofora, powyżej którego zaobserwowano obniżenie cech mechanicznych próbek PLA wytworzonych metodą FFF.

LITERATURA

- [1] E. Bociąga, P. Palutkiewicz: Wtryskiwanie mikroporujące. *Przetwórstwo Tworzyw* 4(154)/2012, s. 309–317.
- [2] A. Borysiewicz, P. Gonera, D. Łęgowik, T. Dembiczak, K. Gospodarek: Wykorzystanie metody przyrostowej w prototypowaniu. *Prace naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie* t. VI/2018, s. 45–56.
- [3] P. Czyżewski, M. Bieliński, D. Sykutera, M. Jurek, M. Gronowski, Ł. Ryl, H. Hoppe: Secondary use of ABS co-polymer recycles for the manufacture of structural elements using the FFF technology. *Rapid Prototyping Journal* 9(24)/2018, s.1447–1454.
- [4] P. Dudek: FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements. *Archives of metallurgy and materials* vol 58/2013, s. 1415–1418.
- [5] T. Garbacz, D. Czarnecka-Komorowska, K. Mencil: Efektywność przetwórstwa porowanych rur osłonowych z PVC. *Przetwórstwo tworzyw* 4(178)/2017, s.285–293.

- [6] D. Marciniak, P. Szewczykowski, P. Czyżewski, D. Sykutera, M. Bieliński: Effect of Surface modification by acetone vaporization on the structure of 3D printed acrylonitrile-butadiene-styrene elements. *Polimery* 11-12(63)/2018, s.785–789.
- [7] A. Mazurkiewicz: Analiza jakości wydruku elementu z termoplastu ABS wykonanego w technologii FDM. *Autobusy* 6/2017, s. 956–960.
- [8] R. Shilpesh, K. Harshit: Analysis of tensile strength of a fused filament fabricated PLA part using an open-source 3D printer. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 101/2019, s. 1525–1536.
- [9] D. Sykutera, M. Bieliński: Selected properties of recycled polypropylene obtained from porous injection molded parts. *Polimery* 7-8(59)/2014, s.602–605.
- [10] A. Szmidt, A. Rębosz-Kurdek: Sposoby doskonalenia druku 3D w technologii FDM/FFF. *Mechanik* 3/2017, s.258–261.
- [11] A. Tor-Świątek, T. Garbacz, V. Sedlarik, P. Stloukal, P. Kucharczyk: Influence of polylactide modification with blowing agents on selected mechanical properties. *Advances in Science and Technology Research Journal* 4(11)/2017, s. 206–214.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Postępy w Inżynierii Mechanicznej”, 2019, nr 14(7), s. 23-32.

mgr inż. Kinga Majewska-Laks
Politechnika Bydgoska

REKLAMA



**POLSKI PRODUCENT
MIESZANEK GUMOWYCH**

- Mieszanki bieżnikowe,
- Mieszanki ogólnego przeznaczenia,
- Odporne na oleje i smary,
- Odporne na rozcieńczone kwasy i zasady,
- Odporne na wysoką i niską temperaturę,
- O podwyższonej odporności na oddziaływanie atmosferyczne,
- Odporne na ścieranie,
- Z atestem PZH do kontaktu z wodą pitną,
- Z atestem PZH do wykorzystania w systemach udojowych (mleko).



www.kabat.pl

ul. Gumowa 6, 64-840 Budzyń, tel. +48 67 28 34 100, email: sprzedaz@kabat.pl

Wpływ na trwałość i użyteczność eksploatowanej powłoki gumowej instalacji odsiarczania spalin

Anna Kołodziej, Krystian Filipczyk

Metoda mokra wapienna jest jedną z popularnych metod odsiarczania spalin. Jej niewątpliwą zaletą jest brak produktów ubocznych trudnych do utylizacji, gdyż jedynym produktem uzyskiwanym w wyniku oczyszczania spalin jest gips znajdujący szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach życia. W metodzie mokrej odsiarczania spalin kluczową rolę odgrywa absorber, w którym zachodzi większa część procesu odsiarczania spalin. Ze względów ekonomicznych absorbery budowane są z tanich stali węglowych, co pozwala znacząco wpłynąć na koszt budowy całej instalacji. Stale węglowe nie są odporne na agresywne czynniki obecne w spalinach, dlatego bez zastosowania odpowiedniej ochrony ich trwałość uległaby znacznemu skróceniu. Z tego powodu powierzchnie wewnętrzne elementów instalacji odsiarczania spalin zabezpieczane są przede wszystkim wykładzinami chemoodpornymi.

Szerokie zastosowanie w zabezpieczaniu absorberów znalazły powłoki gumowe. Szacuje się, że przy prawidłowo prowadzonej eksploatacji i stałym nadzorze diagnostycznym powłoka gumowa spełnia swoją funkcję ochronną przez około 10 lat. Doświadczenie „Energopomiar” Sp. z o.o. pokazało, że w sprzyjających warunkach trwałość ochronnej powłoki gumowej może zostać znacznie wydłużona, nawet o kilkadziesiąt procent. W warunkach niesprzyjających trwałość i zdolność do przyjmowania obciążeń może zostać natomiast znacznie ograniczona.

CZYNNIKI ŚRODOWISKOWE ODDZIAŁUJĄCE NA WYKŁADZINY GUMOWE IMOS PODCZAS AKTYWNEGO PROCESU PROWADZONEGO W ABSORBERZE

Ochronne wykładziny gumowe położone na powierzchniach wewnętrznych w absorberach pracują w bardzo niekorzystnych warunkach i są narażone na szereg agresywnych czynników, takich jak: wilgoć, temperatura, tlenki siarki, tlenki azotu, chlorki, fluorki, metale ciężkie (Hg, Pb, Cd, As, Se), popiół, kumulacja wielu czynników agresywnych, niestabilna eksploatacja instalacji, uszkodzenia mechaniczne, wpływ montażu.

Pod wpływem panujących w absorberze warunków środowiskowych wykładziny gumowe ulegają procesom starzenia i niszczenia. W efekcie po wieloletnim okresie eksploatacji ograniczeniu ulegają ich własności m.in. antykorozyjne.

Podstawowym czynnikiem wpływającym negatywnie na trwałość i użyteczność powłoki gumowej jest wilgoć. Jej obecność w absorberze wynika z samej technologii prowadzenia procesu, zaś powłoka gumowa ma za zadanie ochronę przed negatywnymi skutkami oddziaływania wody na stalowy płaszcz absorbera. Podczas diagnostyki przeprowadzanej na próbkach pobranych z eksploatowanych wykładzin gumowych podstawowym parametrem jest określenie stopnia nasycenia i głębokości wnikania wilgoci na grubości powłoki. Przyjmuje się, że wynik badania jest pozytywny, jeśli zawartość wody w gumie nie przekracza 15%.

Powłoka gumowa eksploatowana w absorberze IMOS powinna być również zdolna do przenoszenia obciążeń spowodowanych temperaturą. Podczas normalnej, stabilnej pracy absorbera temperatura wewnątrz tego elementu oscyluje w okolicach 60–70°C. Dopuszczalny jest chwilowy skok temperatury do wartości około

120–130°C. Takie wahanie powinno pozostać bez wpływu na żywotność i właściwości gumy. Jednakże praca w niestabilnych warunkach i długotrwałe oddziaływanie temperatury wyższej niż zakładana może być przyczyną różnych problemów, w tym przyspieszonego zużycia powłoki ochronnej.

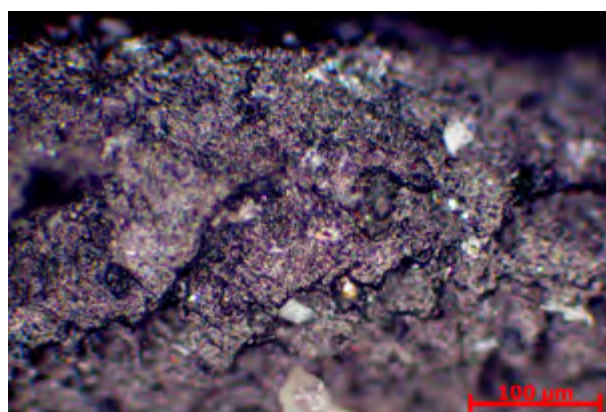
Prawidłowo zaprojektowana i dobrana powłoka gumowa musi być również odporna na długotrwałe oddziaływanie czynników chemicznych, a zatem nie wchodzić z nimi w reakcje pomimo wahających się warunków pracy, jak również nie dopuścić do przedostania się tychże czynników poprzez grubość powłoki. W przypadku gdy szacuje się, iż powłoka nie jest w stanie przyjąć obciążających ją czynników, istnieje możliwość zastąpienia jej różnego rodzaju żywicami bądź też czasami wystarcza pogrubienie warstwy gumy w newralgicznych obszarach. Podobnie ma się rzecz z czynnikami mechanicznymi mogącymi oddziaływać na powłokę. Niejednokrotnie w miejscach szczególnie narażonych na niekorzystne działanie wystraczające jest pogrubienie warstwy ochronnej.

PRZYKŁADY NAJCZĘSTSZYCH USZKODZEŃ WYKŁADZIN

Trwałość powłoki przede wszystkim zależy od prawidłowego dobrania samego rodzaju powłoki oraz jej właściwości fizykochemicznych. W miejscach narażonych np. na oddziaływanie erozyjne powłoka powinna być większej grubości. Można również, w miejscach szczególnie narażonych na zniszczenie, zastosować podwójną warstwę powłoki. Kluczem do sukcesu, czyli wydłużenia czasu bezpiecznej i efektywnej eksploatacji, jest nałożenie w prawidłowy sposób powłoki gumowej, zastosowanie właściwego i dobrze dobranego spoiwa łączącego powłokę ochronną ze stalowym podłożem oraz zachowanie właściwych warunków prowadzenia procesu nakładania powłoki. Przede wszystkim należy więc mieć na uwadze właściwą temperaturę prowadzenia procesu nakładania, jak również dopilnować warunków fizykochemicznych panujących w momencie nakładania w atmosferze. Ważnym aspektem jest stałe monitorowanie punktu rosy, gdyż jakakolwiek wilgoć skroplona na ścianie stalowej będzie prowadzić do szybkiego atakowania powierzchni wewnętrznej elementu procesami korozji. Skutkiem postępujących procesów korozyjnych materiału będzie obniżenie trwałości powłoki i jej właściwości ochronnych. Przykładem złego zabezpieczenia powierzchni przed wilgocią podczas gumowania jest powstawanie charakterystycznych bąbli (fot. 1–2).



Fot. 1. Wybrzuszenie gumy.
Źródło: „Energopomiar” Sp. z o.o.



Fot. 3. Spulchniona warstwa wykładziny gumowej.
Widoczne charakterystyczne pęcherze utworzone
w warstwach przypowierzchniowych.
Źródło: „Energopomiar” Sp. z o.o.

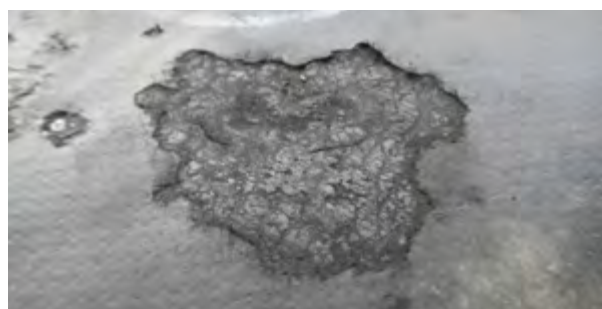
Wybrzuszenie takie jest niewątpliwie wynikiem oddziaływania na gumę wilgoci i gazów mogących pochodzić np. z aktywnych procesów korozyjnych. Na skutek oddziaływania wilgoci połączenie klejone może również utracić swoje właściwości adhezyjne, a w konsekwencji obniżeniu ulegnie wytrzymałość całej powłoki.

Oddziaływanie wilgoci jest niebezpiecznym czynnikiem również od strony medium. Specyfika prowadzenia procesu odsiarczania powoduje, że wilgoć obecna w atmosferze pracy może również niekorzystnie wpłynąć na właściwości gumy. Nadmierne obciążenie warstwy ochronnej wilgocią może prowadzić do jej spulchnienia (fot. 3) i przenikania wilgoci do struktury gumy. Wskutek niekorzystnego oddziaływania wody i dużego obciążenia wykładziny szybciej dochodzi do wyczerpania jej własności ochronnych i zużycia. Dyfuzja wilgoci przez grubość wykładziny gumowej jest bowiem zasadniczą cechą gumy i to od niej w głównej mierze zależy będzie długotrwałość pracy. Gdy wilgoć dyfundująca przez powłokę gumową zbliży się do stalowej powierzchni ściany absorbera, guma przestaje spełniać swoje zadanie i wykładzinę gumową należy wymienić.

Kolejnym niezwykle istotnym parametrem wpływającym na trwałość powłoki jest temperatura. Jest to czynnik niezwykle ważny zarówno na etapie nakładania powłoki gumowej (niebezpieczeństwo przekroczenia punktu rosy), jak i w trakcie eksploatacji. Niestabilne warunki pracy, w tym warunki temperaturowe, mogą doprowadzić do szeregu niekorzystnych czynników mających duży wpływ na późniejszą trwałość wykładziny gumowej. Jak wspomniano wcześniej, temperatura ma wpływ zarówno w po-



Fot. 2. Przekrój bąbla utworzonego w powłoce gumowej.
Widoczny wyciek wody.
Źródło: „Energopomiar” Sp. z o.o.



Fot. 4. Uszkodzenie powłoki gumowej w wyniku
lokalnego przegrzania.
Źródło: „Energopomiar” Sp. z o.o.

czątkowym etapie nakładania warstwy gumowej, jak i na etapie jej stabilizacji. Stosowane do ochrony powierzchni absorberów wykładziny gumowe charakteryzują się samowulkanizacją. Wulkanizacja zachodzi więc przez pewien okres po nałożeniu powłoki. W tym czasie należy zapewnić stabilność temperatury, aby wykładzina mogła osiągnąć pełnię swoich własności.

Zbyt wysoka temperatura spalin i jej wahania są kolejnym zagrożeniem dla trwałości powłok gumowych. W takich okolicznościach warstwa gumowa traci swoje właściwości ochronne na skutek zachodzenia w strukturze gumy szeregu niekorzystnych czynników (fot. 4–5).

Przyczyną obniżenia trwałości wykładziny może być również obecna w medium zawiesina popiołów, tlenków siarki, azotu oraz chlorków, fluorków i metali ciężkich. Przede wszystkim zagrożeniem może być agresywność chemiczna wyżej wymienionych składników. W przypadku jakiegokolwiek nieszczelności powłoki istnieje wysokie ryzyko korozyjne. Drugim niebezpiecznym aspektem jest możliwość uszkodzenia mechanicznego powłoki na skutek erozyjnego oddziaływania cząstek stałych zawieszonych w zawieszynie. Czynnikiem ten może doprowadzić nie tylko do bezpośredniego zniszczenia wykładziny, ale również do jej znacznego pocienienia, co w wysokim stopniu ograniczy zdolność powłoki do ochrony.

Podczas eksploatacji realne staje się również zagrożenie uszkodzenia mechanicznego powłoki. Może to nastąpić na skutek oderwania się różnorodnych elementów samej instalacji (np. części skraplacza), jak również odpadnięcia kalcytów z powierzchni absorbera (fot. 6–7).

MOŻLIWOŚĆ ZAPOBIEGANIA USZKODZENIOM I MOŻLIWOŚĆ WYDŁUŻENIA ŻYWIOTNOŚCI

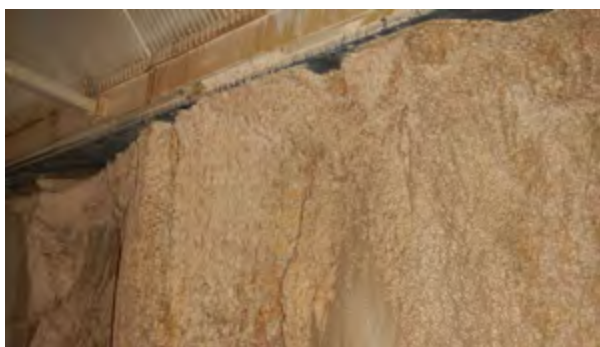
Wykładzina gumowa poddawana wieloletnim obciążeniom związanym z warunkami eksploatacji w absorberach ulega procesom ►



Fot. 5. Uszkodzenie powłoki gumowej na skutek niekorzystnego oddziaływania zbyt wysokiej temperatury. Źródło: „Energopomiar” Sp. z o.o.



Fot. 6. Uszkodzenie mechaniczne powłoki gumowej. Widoczna stalowa powierzchnia zaatakowana przez procesy korozyjne. Źródło: „Energopomiar” Sp. z o.o.



Fot. 7. Nawisy kalcytów. Oderwanie się części takiego osadu prowadzi do uszkodzeń mechanicznych powłoki gumowej. Źródło: „Energopomiar” Sp. z o.o.

starzenia, a tym samym następuje jej zużycie. Wraz z upływem lat pracy instalacji zmniejszają się właściwości antykorozyjne powłoki. Z tego powodu najważniejszym aspektem wydłużenia żywotności powłoki ochronnej jest jej okresowa kontrola. Kontrola powinna być prowadzona w sposób ciągły, w czasookresach wskazanych przez inspektorów. Podstawowymi parametrami, które powinny być wzięte pod uwagę podczas diagnostyki powinny być stopień nasycenia i głębokość wnikania wilgoci na przekroju wykładziny oraz parametry fizyczne takie jak twardość i wytrzymałość na zrywanie.

Parametry przykładowej wykładziny gumowej w warunkach dostawy stosowanej jako ochrona stalowych powierzchni IMOS zestawiono w tabeli 1.

Ponadto warto również określić takie parametry fizykochemiczne jak przyczepność i wytrzymałość na rozciąganie. Każdorazowa inspekcja stanu powłoki powinna być ponadto rozpoczęta od starannej wizualnej oceny wykładziny zainstalowanej na ścianach absorbera. Oględziny 100% powierzchni powłoki, przeprowadzone przez zespół doświadczonych inspektorów, pozwolą wychwycić nawet najdrobniejsze negatywne zmiany w wyglądzie powłoki gumowej, a tym samym pozwolą na uniknięcie poważnych awarii poprzez natychmiastowe zabezpieczenie i usunięcie nieprawidłowości.

Podczas oględzin powłoki zwraca się uwagę na zmiany powierzchniowe gumy m.in. pęknięcia, pęcherze, osady, ubytki

warstwy oraz inne widoczne gołym okiem nieprawidłowości. Dopiero jednak zestawienie wszystkich zbadanych danych daje odpowiedź na temat kondycji wykładziny i pozwoli prognozować czas pozostały do zużycia. Wychwycenie uszkodzeń na wczesnym etapie powstawania pozwoli zminimalizować ich propagację, a także pozwoli na efektywniejszą eksploatację wykładziny bez konieczności przeprowadzania długotrwałych napraw. Pozwoli również na ocenę stabilności warunków pracy, co umożliwi dalsze, optymalne prowadzenie procesu odsiarczania.

PODSUMOWANIE

Jak widać na przytoczonych w artykule przykładach, trwałość i czas eksploatacji wykładziny gumowej chroniącej powierzchnie wewnętrzne absorbera zależy od bardzo wielu czynników lub też od ich kumulacji. Niezwykle ważny w aspekcie wieloletniej eksploatacji staje się regularny i stały nadzór diagnostyczny prowadzony od początku powstawania inwestycji. Regularne oględziny diagnostów umożliwiają wychwycenie już najmniejszych zmian zagrażających trwałości powłoki i podjęcie działań zapobiegawczych. Taka profilaktyka pozwala w dużej mierze wykluczyć ryzyko nieprzewidzianej awarii, zaplanować wcześniejsze remonty, a stały nadzór wraz z utrzymywaniem stabilnych warunków pracy przełoży się na wydłużenie o kilka lat użyteczności wykładziny bez konieczności jej wymiany.

LITERATURA

- [1] Sprawozdania i wyniki prac pomiarowych i badawczych, opracowania „Energopomiar” Sp. z o.o., Gliwice 2010–2018 (niepubl.).
- [2] A. Kołodziej, K. Filipczyk: Diagnostyka wykładzin gumowych instalacji odsiarczania spalin w aspekcie wieloletnich doświadczeń, Ochrona przed Korozją 2014, nr 5.
- [3] A. Kołodziej, K. Filipczyk: Skrócenie efektywnego czasu eksploatacji wykładzin gumowych absorberów na skutek uszkodzeń powłoki ochronnej – przyczyny, diagnostyka, zapobieganie, Ochrona przed Korozją 2018, nr 5.
- [4] A. Kołodziej, K. Filipczyk: Uodpornione. Wpływ diagnostyki wykładzin gumowych IOS na planowanie modernizacji instalacji, Energetyka Ciepła i Zawodowa 2015, nr 8.

Artykuł został zamieszczony w czasopiśmie „Energetyka”, 2019, nr 9, s. 630-633.

Anna Kołodziej
Krzysztof Filipczyk
 „Energopomiar” Sp. z o.o.

Tabela 1.

Nominalna grubość [mm]	Gęstość g/cm ³	Twardość Shore A	Siła odrywająca N/mm	Wydłużenie %	Siła rozrywająca N/mm ²
4,0	1,28 ±0,02	65 ± 5	> 4	> 300	>4,0

**GM Color to firma
z wieloletnim doświadczeniem
w produkcji koncentratów barwiących
oraz dodatków modyfikujących
do tworzyw sztucznych**

Naszą ofertę stanowi szeroka gama wysokiej jakości masterbatchy – koncentratów barwiących w granulacie. Nieustanny rozwój firmy oraz odpowiedź na oczekiwania naszych Klientów zaowocowały stworzeniem linii koncentratów barwiących w płynie. Oferowane koncentraty płynne cechuje wysoka jednorodność oraz bardzo dobra kompatybilność z wieloma rodzajami tworzyw. Są one również wysokoskoncentrowane, dzięki czemu przy niewielkim dozowaniu, uzyskuje się odpowiednie nasycenie koloru i wybarwienie wyrobu gotowego.

Specjalizujemy się także w produkcji compoundów, które wytwarzamy w postaci granulatów oraz proszków. Niewątpliwym atutem jest to, iż cały proces produkcyjny odbywa się w naszym zakładzie, z użyciem własnych koncentratów barwiących, dodatków modyfikujących oraz stabilizatorów. Wykorzystujemy do tego procesu w pełni zautomatyzowaną linię produkcyjną.

Ponadto oferujemy szeroki asortyment dodatków do przetwórstwa, który jest dedykowany dla niemal wszystkich rynków i branż. Dodatki modyfikujące zapewniają możliwość poprawy właściwości i jakości gotowych produktów. Dzięki zastosowaniu naszych dodatków zoptymalizują Państwo wydajność oraz koszty produkcyjne.

GM Color bazując na swoim bogatym doświadczeniu, specjalistycznej wiedzy oraz możliwościach korzystania z zaawansowanych technologii, każdego dnia dostarcza swoim Klientom wysokiej jakości produkty. Zdobyte kompetencje i umiejętności pozwalają zapewniać profesjonalne doradztwo i wsparcie techniczne naszym Kontrahentom. Głównym atutem firmy GM Color jest elastyczność, efektywność działania oraz szybkość realizacji zamówień.



GM Color Sp. z o.o.
ul. Wojska Polskiego 65A
85-825 Bydgoszcz
tel. 52 515 35 35
office@gmcolor.pl
zamowienia@gmcolor.pl
www.gmcolor.pl

Nowe centrum biznesowe Huntsman

Huntsman zapowiada wzrost zatrudnienia do 200 osób w nowo otwartym centrum usług biznesowych GBS w Krakowie.

- Firma planuje zatrudnić ponad 200 specjalistów w zakresie księgowości, kredytów, zasobów ludzkich, bezpieczeństwa i zdrowia pracy, zakupów, automatyki i zaawansowanej analityki, planowania i analizy finansowej, obsługi klienta, zarządzania łańcuchem dostaw oraz komunikacji.
- Z Polski firma będzie świadczyć usługi w Europie i na świecie.

Huntsman Corporation (NYSE: HUN), globalna firma chemiczna z siedzibą w Woodlands w Teksasie, zainaugurowała działalność swojego krakowskiego centrum Global Business Services (GBS) dla regionu Europy, Bliskiego Wschodu i Afryki (EMEA) w Polsce. Peter Huntsman, Prezes i Dyrektor Generalny firmy, poprowadził uroczystość, do której dołączyli liderzy biznesu oraz 60 pracowników już zatrudnionych w centrum. Uroczystości towarzyszyło symboliczne przecięcie wstęgi.

Zatrudnienie w centrum usług biznesowych GBS w Krakowie ma wzrosnąć do końca 2023 roku do 200 osób. Centrum będzie wspierać operacje firmy na całym świecie, ze szczególnym uwzględnieniem działań w regionie EMEA. Nowe biuro w Krakowie umożliwi firmie lepsze zrównoważenie kosztów, usług i szybkości działania, przy jednoczesnym ciągłym doskonaleniu w każdym aspekcie działalności.

Firma planuje zatrudnić specjalistów w zakresie księgowości, kredytów, zasobów ludzkich, bezpieczeństwa i zdrowia pracy, zakupów, automatyki i zaawansowanej analityki, planowania i analizy finansowej, obsługi klienta, zarządzania łańcuchem dostaw oraz komunikacji.

– Polska doskonale wpisuje się w kulturę organizacyjną firmy Huntsman, zapewnia dostęp do talentów, wysoko wykwalifikowanych pracowników oraz nowoczesnej infrastruktury. Wierzymy, że kompleksowe i wielofunkcyjne centrum zapewni naszym współpracownikom doskonały start zawodowy i możliwości rozwoju - powiedział Paul Rollé, Site Leader centrum GBS firmy Huntsman w Krakowie. Centra GBS firmy Huntsman są integralną częścią długoterminowej strategii naszej organizacji. Do biura w Krakowie poszukujemy osób, które identyfikują się z wartościami określającymi nasz zespół GBS i całą firmę: uczciwość, odpowiedzialność, szacunek i rzetelność, będącymi w centrum wszystkiego, co robimy.

Huntsman prowadzi aktywną rekrutację do nowego centrum GBS. Od kandydatów wymagana jest umiejętność komunikowania się w języku angielskim w zakresie tematyki biznesowej i technicznej zarówno w formie pisemnej, jak i ustnej. Firma ofe-

ruje programy szkoleniowe dla pracowników w zakresie podnoszenia kwalifikacji oraz pogłębiania wiedzy branżowej. Obejmują spersonalizowane plany rozwojowe oraz ścieżki kariery, a także możliwość nauki wirtualnie, jak i stacjonarnie. Możliwości rozwoju kariery oraz wymagania dotyczące poszczególnych stanowisk są dostępne na stronie: www.huntsman.com/poland-careers.



Huntsman posiada ponad 50-letnie doświadczenie w produkcji i sprzedaży 7 500 produktów dla kluczowych sektorów, takich jak: lotnictwo, transport, budownictwo, konserwacja żywności oraz energetyka i paliwa. Innowacyjne rozwiązania firmy Huntsman przyczyniają się do redukcji gazów cieplarnianych o około 750 milionów ton rocznie, odgrywając ważną rolę w tworzeniu zrównoważonej przyszłości. Wykorzystywane są m.in. do zwiększania efektywności energetycznej budynków, zmniejszania zapotrzebowania na paliwo w transporcie naziemnym i powietrznym, do redukcji ilości odpadów czy też umożliwiają stosowanie alternatywnych rozwiązań energetycznych.

O HUNTSMAN

Huntsman Corporation to globalny producent i dystrybutor specjalistycznych chemikaliów, notowany na giełdzie, którego przychody w 2021 roku wyniosły około 8 miliardów dolarów. Nasze produkty chemiczne liczone są w tysiącach sztuk i sprzedawane na całym świecie producentom obsługującym szeroki i zróżnicowany rynek konsumencki oraz przemysłowy. Posiadamy ponad 70 zakładów produkcyjnych, badawczo-rozwojowych i operacyjnych w blisko 30 krajach i zatrudniamy obecnie około 9000 pracowników w ramach czterech odrębnych pionów biznesowych. Więcej informacji o firmie Huntsman na stronie internetowej firmy: www.huntsman.com.

Źródło: www.tworzywa.pl

Nowatorski aktywator jako zamiennik DPG poprawiający właściwości fizykomechaniczne wulkanizatów

Robert Bosch

W niniejszym artykule przedstawiono właściwości nowego aktywatora działającego jak ciecz jonowa, opartego na technologii **ACTIV8**, opracowanej przez firmę Rubber Nano Products (Pty) Ltd, jako zamiennika przyspieszacza – 1,3-difenylguanidyny (DPG) i jako dodatku sieciującego. Nowatorski aktywator charakteryzuje się dobrym czasem sieciowania, a jednocześnie wykazuje bezpieczeństwo podwulkanizacji oraz powiększoną wydajność przyspieszacza oraz stwarza możliwość zmniejszenia zawartości tlenku cynku. W niniejszym artykule skupiono się na zamienniku DPG dla branży oponiarskiej oraz taśm przenośnikowych w przemyśle gumowym. Badania te są prowadzone na dwóch mieszankach gumowych zawierających kauczuk naturalny (NR) napełniony sadzą oraz kauczuk butadienowo-styrenowy (SBR) o wysokiej zawartości silanizowanej krzemionki. Oceniono wpływ zmiennej zawartości tlenku cynku, dodatku krzemionki, usuwania DPG, dodawania **PREMIX ACT18** (zamiennik DPG) na parametry sieciowania i właściwości mechaniczne materiałów. Dodatek **PREMIX ACT18** wpływa na zachowanie lub nawet poprawę właściwości dynamicznych wulkanizatów.

Rola DPG działającego synergicznie z sulfenamidem jest dobrze ugruntowana w sektorze produkcji opon [1]. Zastosowanie DPG zwiększa szybkość sieciowania, poprawiając jednocześnie właściwości dynamiczne dzięki interakcji z kwasem krzemowym, ponieważ DPG jest zasadą organiczną. Efekt ten jest często postrzegany jako lepsze wyniki $\tan \delta$, które są niższe niż w przypadku wielu innych kombinacji zespołów sieciujących i środków wspomagających. Efekty wspomaganie utwardzania i poprawy oporów toczenia są zwykle lepsze w przypadku stosowania sulfenamidu i DPG [2].

Przemysł motoryzacyjny zmierza w kierunku eliminacji DPG, ponieważ jest on potencjalnym prekursorem aniliny. Właśnie dlatego artykuły gumowe zawierają potencjalnie niebezpieczny związek chemiczny. W niniejszym artykule omówiono zastosowanie nowatorskiego aktywatora, który może zastąpić DPG i zapewnić podobne lub lepsze właściwości produktu. Omówiony w niniejszym artykule nowatorski aktywator jest dostępny na rynku UE i na wiele nowych i interesujących sposobów wpływa na mieszanki i wyroby gumowe. W niniejszym artykule skupiono się na zamienniku DPG dla branży oponiarskiej oraz taśm przenośnikowych w przemyśle gumowym.

MATERIAŁY I METODY ACTIV8

Nowatorski aktywator **ACTIV8** (rys. 1), produkowany przez ES-SECO Srl (Włochy) w całości z surowców zarejestrowanych zgodnie z rozporządzeniem REACH, składa się ze związku funkcjonalizowanego poli(tlenku etylenu) (PEG), który został zmieszany z SBEC (dibenzyloditiokarbaminian sodu). Grupy końcowe PEG są modyfikowane poprzez odwodnienie próżniowe przy użyciu $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (pentahydrat metakrzemianu sodu) w reakcji z grupami hydroksylowymi polimeru. Wytwarzanie tego produktu jest opisane w dokumentacji PCT [3].

PREMIX ACT18

PREMIX ACT18 (rys. 2), produkowany przez RDC Srl, jest wytwarzany z mieszanki materiału **ACTIV8** z krzemionką, predyspergowanej następnie w procesie wyłaczania na zimno na nośniku PEO [poli(tlenku etylenu)] o niskiej temperaturze topnienia. Jak w przypadku wszystkich predyspergowanych środków chemicznych produkowanych przez RDC Srl, jest on łatwiejszy w użyciu i umożliwi lepsze dyspergowanie podczas procesu mieszania. Połączenie z krzemionką daje pewne korzyści, które zostaną przedstawione w danych, zaprezentowanych w dalszej części artykułu.

Przedmieszki

Badanie to jest prowadzone na dwóch mieszankach gumy. Obie przedmieszki mają zastosowanie do opon, przy czym jedna zawiera kauczuk naturalny (NR) napełniony sadzą, a druga



Rys. 1. Ciecz jonowa **ACTIV8**

Tabela 1. Skład przedmieszki NR

Składnik	phr
NR (SMR GP)	100
CB 550	50
Kwas stearynowy	2
Antyoksydant	2
Antyozonant	1
Łącznie	155

Tabela 3. Skład mieszanek NR (ilości w phr)

NR	A0	A1	A3	A5	A7	A9
Przedmieszka	155	155	155	155	155	155
ZnO	3	3	1	0,2	1	1
CBS	2	2	2	2	2	2
DPG	2					
Siarka	2	2	2	2	2	2
PREMIX ACTI8		2	2	2,5	2	2
Krzemionka			2	2		
TBBS					1,99	
DCBS						2,89



Rys. 2. PREMIX ACTI8

kauczuk butadienowo-styrenowy (SBR) o wysokiej zawartości silanizowanej krzemionki. W tabelach 1 i 2 przedstawiono skład przedmieszek kauczukowych, przygotowanych za pomocą standardowego mieszania w mikserze Banbury'ego.

Ze sporządzonych przedmieszek wykonywano na walcach mieszanki, badając wpływ zmiennej zawartości tlenku cynku, dodania dodatkowej krzemionki, usuwania DPG oraz dodania PREMIX ACTI8. Pokazano również wpływ dodatkowych przyspieszaczy: TBBS (*N*-*t*-butylo-2-benzotiazolosulfenamid) lub DCBS (*N*-dicykloheksylo-2-benzotiazolosulfenamid). Jednocześnie wykonano mieszanki odniesienia niezawierające PREMIX ACTI8.

Mieszanki NR

W tabeli 3 przedstawiono skład przygotowanych mieszanek NR. Standardowa mieszanka wykorzystuje aktywowany przez ZnO układ przyspieszaczy synergicznych CBS (*N*-cykloheksylo-2-benzotiazolosulfenamid) i DPG. Zostaje on zastąpiony przez taką samą ilość (phr) PREMIX ACTI8. Przedstawiono również efekt zmiany zawartości ZnO z 3 phr na 0,2 phr. Przedstawiono efekt dodania do mieszanki pewnej ilości niesilanizowanej krzemionki, a także dodatkowych przyspieszaczy TBBS lub DCBS.

Tabela 2. Skład przedmieszki SBR

Składnik	phr
S-SBR	70
BR	30
CB N224	15
Krzemionka	70
Silan TESP	5,6
Kwas stearynowy	1,5
Antyoksydant	2
Antyozonant	2
Wosk	2
Olej technologiczny	38
Łącznie	235,1

Tabela 4. Skład mieszanek SBR (ilości w phr)

SBR	B0	B1	B3	B5	B7	B9
Przedmieszka	235,1	235,1	235,1	235,1	235,1	235,1
ZnO	3	3	1	0,2	1	1
CBS	2	2	2	2	2	2
DPG	2					
Siarka	2	2	2	2	2	2
PREMIX ACTI8		2	2	2,5	2	2
Krzemionka			2	2		
TBBS					1,99	
DCBS						2,89

Mieszanki SBR

W tabeli 4 przedstawiono skład mieszanek SBR. Podobnie jak w przypadku NR, w mieszankach tych zastąpiono DPG przez PREMIX ACTI8. Pokazano również wpływ zmiennej zawartości ZnO, dodania krzemionki i dodatkowych przyspieszaczy: TBBS lub DCBS.

Określanie właściwości mieszanek

Kinetykę wulkanizacji różnych mieszanek NR i SBR określano za pomocą reometru MDR 3000 Professional (Montech) w różnych zakresach temperatury. Mieszanki wulkanizowano w temperaturze 160°C oraz czasie t_{90} [4] oraz określano ich właściwości fizykomechaniczne.

Wulkanizaty te następnie poddano procesowi starzenia w temperaturze 75°C przez 168 godzin. W następnej kolejności wyznaczono końcową wytrzymałość na rozciąganie (UTS) oraz określono zmianę właściwości wulkanizatów pod wpływem starzenia.

Właściwości dynamiczne tych wulkanizatów określono za pomocą urządzenia oscylacyjnego w temperaturze 60°C przy stałej częstotliwości 1 Hz.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przedstawiono wyniki pomiarów reometrycznych, właściwości fizykomechanicznych oraz dynamicznych różnych mieszanek oraz wykazano różnice przy zastosowaniu PREMIX ACTI8.

Reometria

Reometria NR

Parametry sieciowania różnych mieszanek kauczuku naturalnego przedstawiono na rysunku 3. W przypadku mieszanek PREMIX ACTI8 czas podwulkanizacji mieszanki gumowej jest wydłużony. Widać to na przykładzie trendu czasów t_{s2} w całej serii mieszanek NR.

Pierwszą interesującą właściwością jest to, że dodatek krzemionki i jednocześnie zmniejszenie zawartości ZnO (jak w A1 i A3)

powoduje wzrost czasu podwulkanizacji t_{s2} i wzrost szybkości sieciowania tych związków. Zmniejszenie zawartości ZnO zwykle powoduje skrócenie czasu i zmniejszenie modułu podwulkanizacji.

Wpływ znacznego ograniczenia zawartości ZnO można zaobserwować, porównując A3 do A5. Sieciowanie zaczyna się wolniej, a t_{90} jest krótszy. Co ciekawe, maksymalna szybkość sieciowania spada, co oznacza, że zmniejszona zawartość ZnO w niewielkim stopniu wpływa na parametry wulkanizacji.

Przy zmniejszonej zawartości ZnO oraz braku DPG w celu uzyskania podobnych parametrów gumy jak w mieszance odniesienia należy uzupełnić zespół sieciujący o dodatkowy przyspieszacz – TBBS lub DCBS. Kinetyka reakcji wulkanizacji takiej mieszanki jest wyższa przy bezpieczniejszej podwulkanizacji.

Reometria SBR

Parametry sieciowania mieszanek SBR PREMIX ACTI8 wyznaczone w reometrze w 160°C są przedstawione na rys. 4 w porównaniu do mieszanki odniesienia z zespołem sieciującym CBS/DPG.

Bezpieczeństwo podwulkanizacji tych mieszanek jest różne w zależności od badanych mieszanek. Dodatek krzemionki, jak w B1 do B3, nie poprawia czasu podwulkanizacji. Wynika to z tego, że w mieszankach tych zastosowano już krzemionkę jako napelniacz.

Zmniejszona zawartość ZnO, jak w B5, wskazuje na mniejsze bezpieczeństwo podwulkanizacji, z uwagi na niedostępność ZnO. Właściwości sieciujące dodatkowego przyspieszacza, jak w B7, wskazują na większe bezpieczeństwo podwulkanizacji

i wyższą szybkość sieciowania, a także krótszy t_{90} w porównaniu z mieszanką odniesienia.

Wytrzymałość na rozciąganie

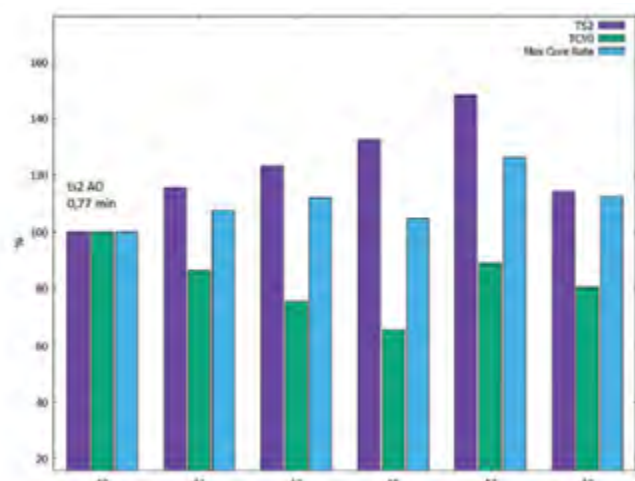
Końcowa wytrzymałość na rozciąganie NR

Wytrzymałość na rozciąganie wulkanizatów NR dla PREMIX ACTI8 pokazano na rysunku 5. Wulkanizaty PREMIX ACTI8 z krzemionką jako napelniaczem wykazują podobną wytrzymałość na rozciąganie co próbka odniesienia. Krzywe naprężenia w funkcji odkształcenia dla PREMIX ACTI8 wyraźnie pokazują, że bardzo niska zawartość ZnO wynosząca 0,2 phr nie przekłada się na mocny wulkanizat, jak w A5, odkształcenie jest bardzo wysokie, a moduł i UTS są niższe.

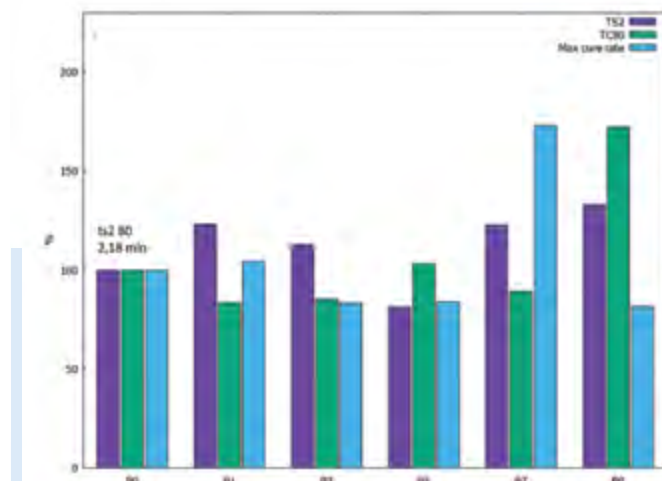
Właściwości wytrzymałościowe wulkanizatów po starzeniu przedstawiono na rysunku 6. Starzenie odbywało się metodą na sucho w temperaturze 75°C przez łącznie 168 godzin ekspozycji. Próbka A1 po wygrzaniu była dobrym przykładem zastosowania PREMIX ACTI8 jako zamiennika DPG. Właściwości wulkanizatów NR wyraźnie ulegają pogorszeniu, co jest dla nich normalne. Względne porównanie zmian właściwości z powodu starzenia przedstawiono na rysunku 7.

Końcowa wytrzymałość na rozciąganie SBR

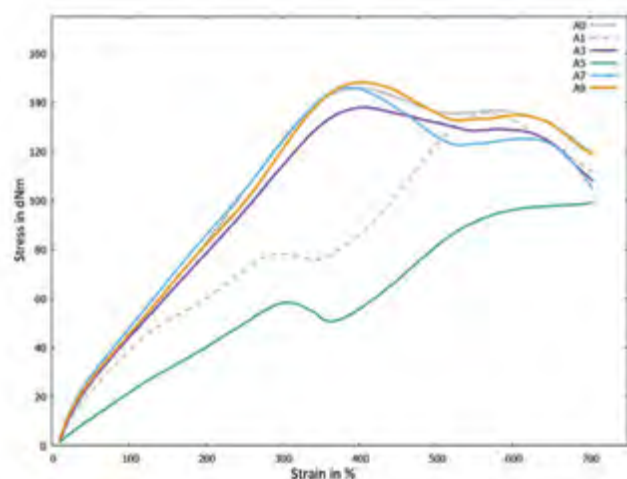
Wytrzymałość na rozciąganie wulkanizatów SBR pokazano na rysunku 8. Jest prawdopodobne, że pełne dopasowanie UTS do DPG będzie wymagało niewielkiej zmiany w proporcjach układu utwardzacza, aby osiągnąć pożądane właściwości fizyczne.



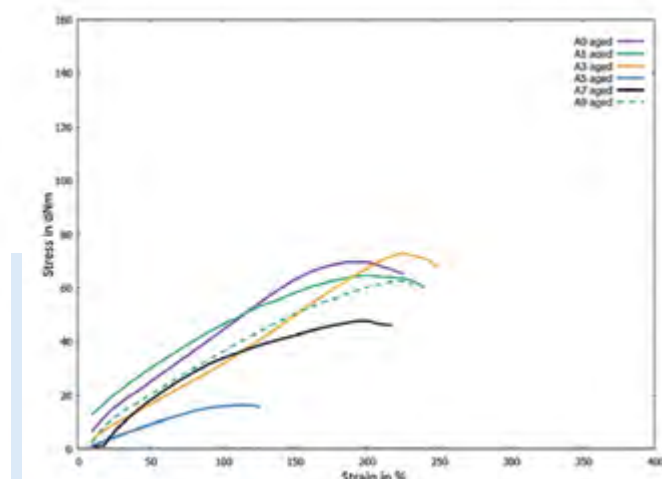
Rys. 3. Parametry sieciowania mieszanek NR



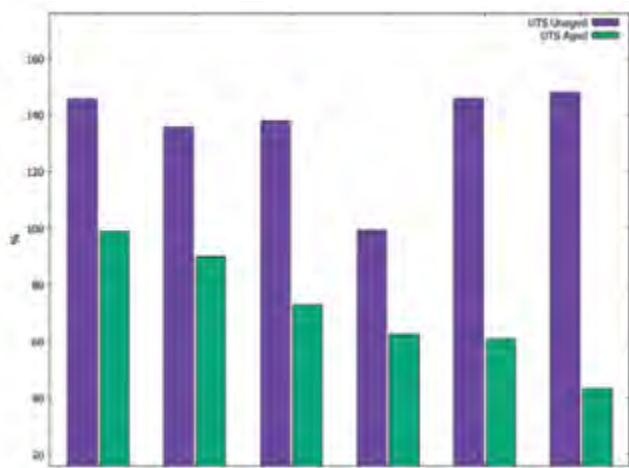
Rys. 4. Parametry sieciowania mieszanek SBR



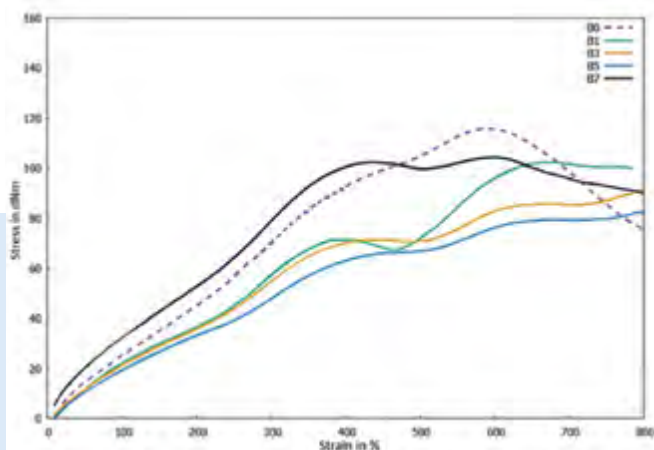
Rys. 5. Właściwości mechaniczne przy rozciąganiu wulkanizatów NR



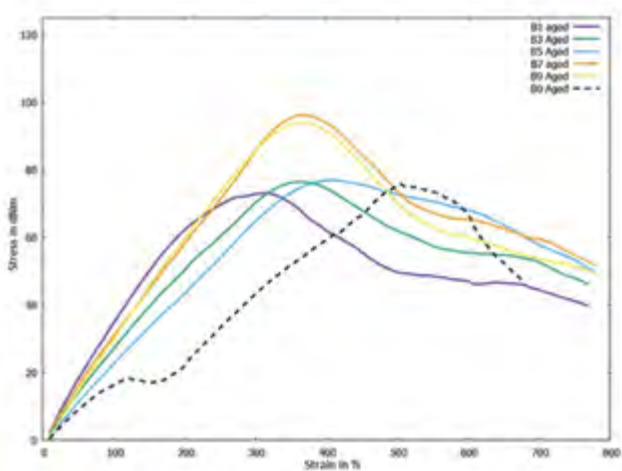
Rys. 6. Właściwości mechaniczne przy rozciąganiu wulkanizatów NR po starzeniu



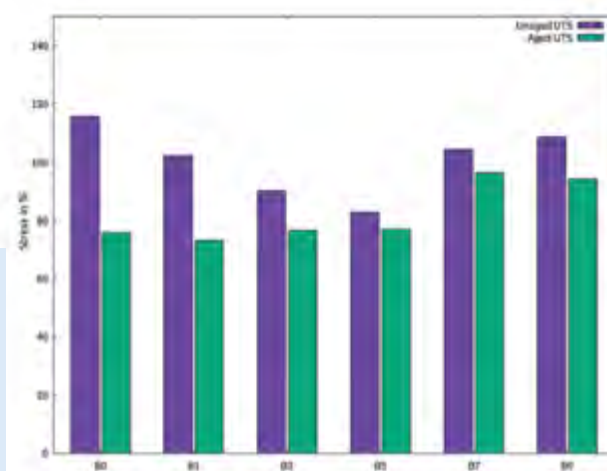
Rys. 7. Właściwości mechaniczne przy rozciąganiu wulkanizatów NR przed starzeniem i po starzeniu



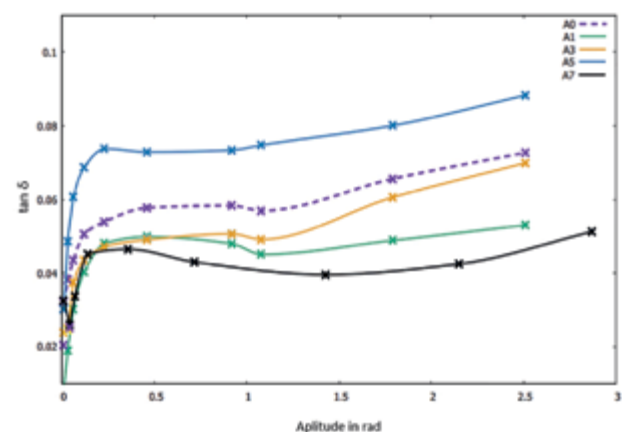
Rys. 8. Właściwości mechaniczne przy rozciąganiu wulkanizatów SBR



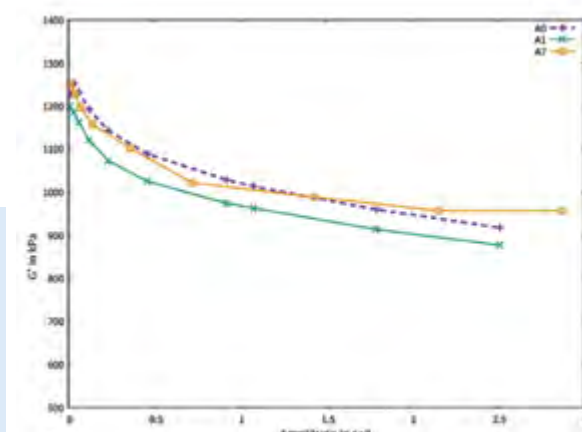
Rys. 9. Właściwości mechaniczne przy rozciąganiu wulkanizatów SBR po starzeniu



Rys. 10. Porównawcze UTS wulkanizatów SBR po starzeniu



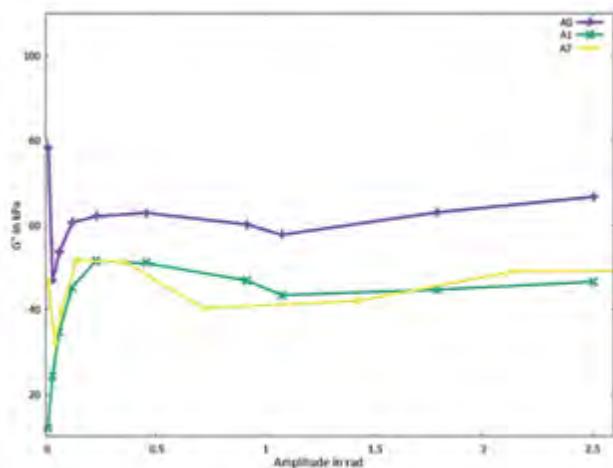
Rys. 11. $\tan \delta$ dla NR przy użyciu przemiatania amplitudy przy 1 Hz



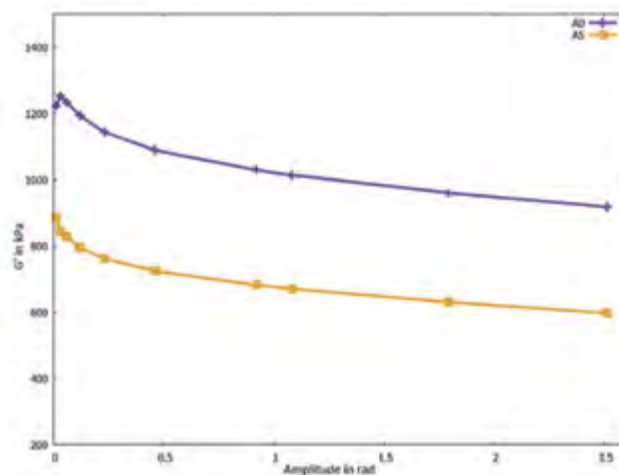
Rys. 12. Moduły zachowawcze G' dla NR przy użyciu przemiatania amplitudy przy 1 Hz

W próbkach B1 do B7 zastosowano mniej akceleratora w porównaniu do kontrolnej próbki odniesienia B0 i jest to widoczne w nieco niższym UTS. Zmniejszenie zawartości ZnO powoduje obniżenie UTS i uzyskanego modułu. Rysunek 8 pokazuje również wpływ większej zawartości przyspieszacza przy użyciu DCBS z CBS w mieszance B9. Zastosowanie DCBS zamiast TBBS w celu dopasowania molowej ilości akceleratora w tej mieszance pokazuje, w jaki sposób DCBS daje wyższą UTS i moduł.

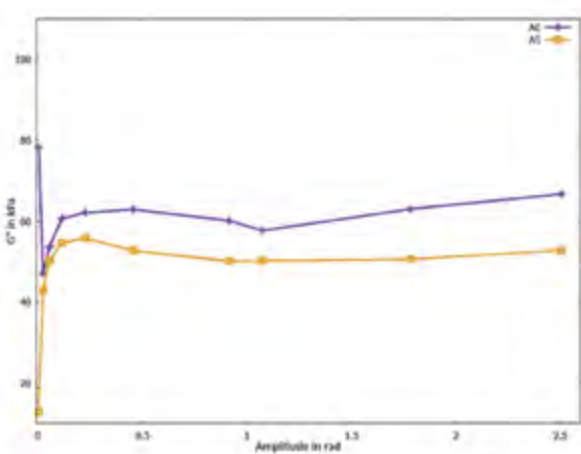
Rysunek 9 pokazuje starzenie wulkanizatów SBR. Wszystkie te wulkanizaty mają dobre właściwości po starzeniu i jest to bardzo powszechny wynik w przypadku systemów z wysokim udziałem krzemionki jako napełniacza i PREMIX ACT18. Próbki z dodatkowym przyspieszaczem B7 i B9 mają lepsze właściwości po starzeniu niż próbka odniesienia B0. Względne zmiany po starzeniu przedstawiono na rysunku 10. Starzenie cieplne wulkanizatów SBR z udziałem PREMIX ACT18 wykazuje lepsze



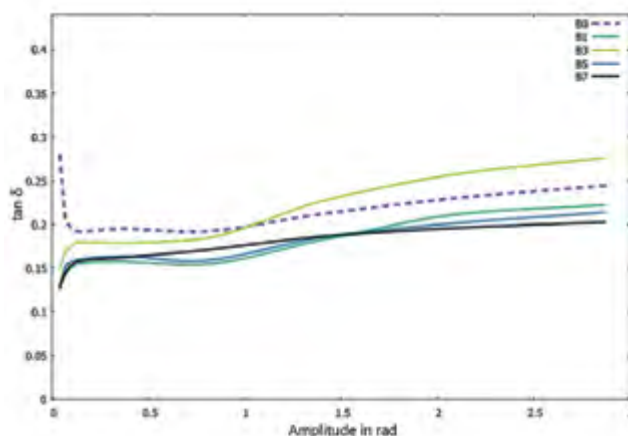
Rys. 13. Moduły stratności G'' dla NR przy użyciu przemiatania amplitudy przy 1 Hz



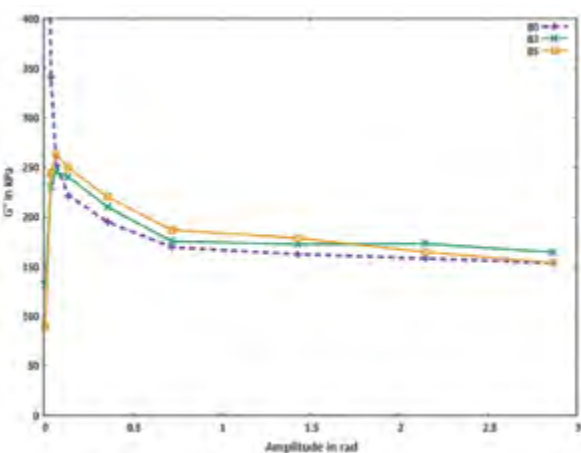
Rys. 14. Moduły zachowawcze G' dla NR o niskiej zawartości ZnO przy użyciu przemiatania amplitudy przy 1 Hz



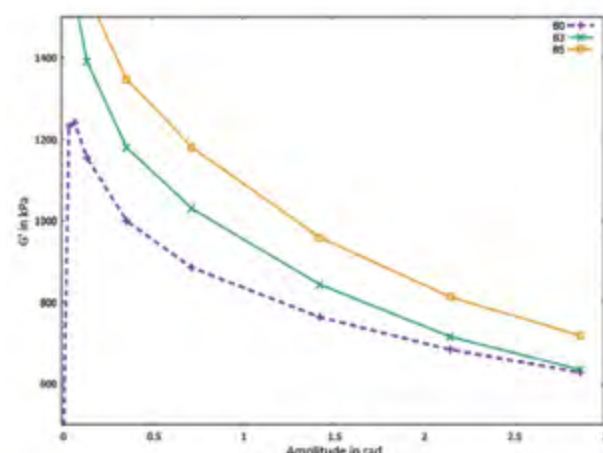
Rys. 15. Moduły stratności G'' dla NR o niskiej zawartości ZnO przy użyciu przemiatania amplitudy przy 1 Hz



Rys. 16. $\tan \delta$ dla SBR przy użyciu przemiatania amplitudy przy 1 Hz



Rys. 17. Moduł stratności G'' dla SBR, B3 i B5



Rys. 18. Moduł zachowawczy G' dla SBR, B3 i B5

właściwości niż dla mieszanek bez niego. Jest to zgodne z oczekiwaniem, gdyż mamy do czynienia z SBR z udziałem krzemionki jako napełniacza i cieczą jonową ACTIV8, przeznaczoną do interakcji z systemami z krzemionką występującą właśnie w tej roli.

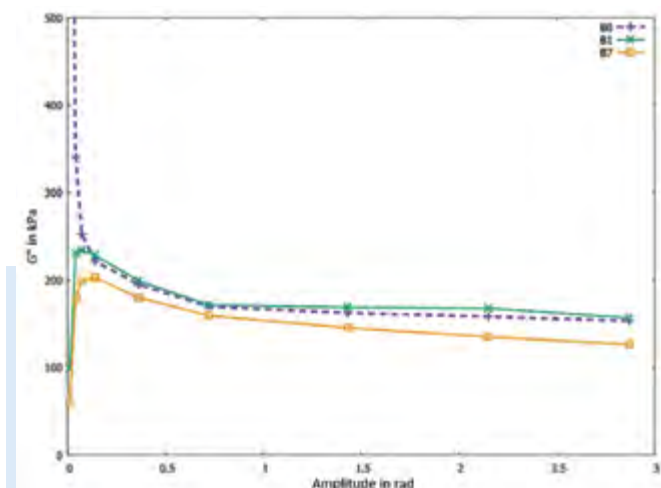
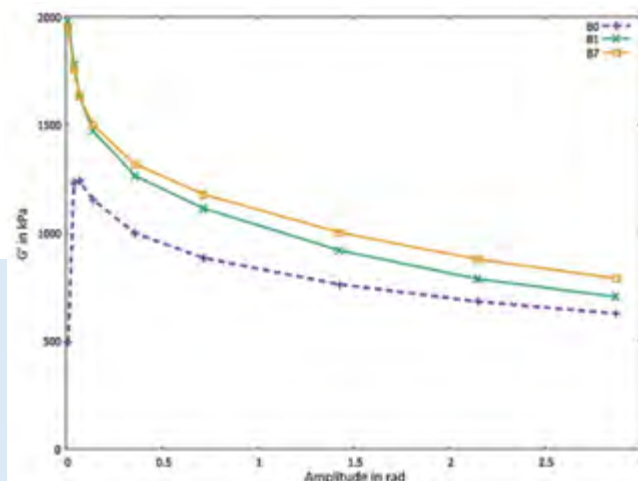
Właściwości dynamiczne

Właściwości dynamiczne NR

Właściwości dynamiczne wulkanizatów NR określono za pomocą urządzenia oscylacyjnego, wyznaczając $\tan \delta$ przy stałej czę-

stotliwości 1 Hz. Właściwości były określane za pomocą Montech MDR 3000 Professional po usieciowaniu próbek w odpowiednim t_{90} . Rysunek 11 przedstawia zmierzone dane dynamiczne. Jedyny wulkanizat, który nie wykazuje obniżonej wartości $\tan \delta$, to wulkanizat o bardzo niskiej zawartości ZnO i słabo usieciowany. Pozostałe wykazują obniżone wartości $\tan \delta$.

Na rysunku 12 przedstawiono moduły zachowawcze (G'), a na rysunku 13 moduły stratności (G''). W przypadku wulkani-

Rys. 19. Moduł stratności G'' dla SBR, B1 i B7Rys. 20. Moduł zachowawczy G' dla SBR, B1 i B7

zatów NR moduł stratności jest niższy dla wulkanizatów z PREMIX ACT18. Wartość $\tan \delta$ nie obniża się w przypadku A5, który pokazano oddzielnie na rysunku 14 i rysunku 15. W przypadku wulkanizatu o niskiej zawartości cynku okazuje się, że względna wielkość obniżenia modułu zachowawczego jest znacznie większa niż obniżenie modułu stratności z powodu niższej zawartości ZnO. Stosunek ten skutkuje przypadkiem, w którym $\tan \delta$ jest proporcjonalnie wyższe dla mieszanek NR. Przy tym stosunku przyspieszaczy i siarki nie można zmniejszyć zawartości ZnO do niskiego poziomu 0,2 phr.

Właściwości dynamiczne SBR

Właściwości dynamiczne wulkanizatów SBR określono za pomocą urządzenia oscylacyjnego Montech MDR 3000 Professional, po utwardzeniu próbek w odpowiednim t_{90} , wyznaczając $\tan \delta$ przy stałej częstotliwości 1 Hz.

Rysunek 16 przedstawia zmierzone dane dynamiczne. Wszystkie wulkanizaty mają niższą wartość $\tan \delta$ niż w przypadku B0 przy niskiej amplitudzie, natomiast $\tan \delta$ jest wyższe przy zwiększonej amplitudzie w przypadku B3. Zjawisko to można wyjaśnić, określając zmiany rzeczywistych modułów stratności (G'') i modułami zachowawczymi (G') dla tej mieszanki. Wyniki przedstawiono na rysunku 17 dla modułów zachowawczych oraz na rysunku 18 dla modułów stratności próbek B3 i B5.

Przypadek, w którym wartość $\tan \delta$ jest lepsza niż dla próbki kontrolnej B0, jest oznaczony jak w próbkach B1 i B7 (rys. 16). Wskazuje to na niższe opory toczenia dla tych wulkanizatów. Zawartość ZnO w B1 jest taka sama, więc nie oczekuje się żadnych zmian modułu stratności w związku z tym. Jest to pokazane na rysunku 19. Na rysunku 20 przedstawiono wpływ sieciowania na moduł zachowawczy. W rezultacie wzrost modułu zachowawczego i niewielka zmiana modułu stratności skutkuje niższym $\tan \delta$. Niska zawartość ZnO w B5 wykazywała prawidłowe $\tan \delta$ przy małej amplitudzie i wysokie przy większej amplitudzie. Badanie wpływu ilości dodatkowego przyspieszacza przy tak niskiej zawartości ZnO było poza zakresem tych badań; prawdopodobnie będzie on korzystny dla właściwości mieszanki.

PODSUMOWANIE

Mieszanki SBR charakteryzują się lepszymi właściwościami po starzeniu niż materiał kontrolny, podczas gdy mieszanki NR – gorszymi. Jest to prawdopodobnie efekt ilości i dystrybucji więc w normalnej praktyce zawartość PREMIX ACT18 należy zmniejszyć. W przypadku NR korzystniejsze jest stosowanie mniejszej ilości (1 phr) PREMIX ACT18 lub dodanie krzemionki do mieszan-

ki NR. Niewielki dodatek krzemionki ze względu na interakcje z PREMIX ACT18 poprawia starzenie i właściwości fizykomechaniczne.

Zmniejszenie ilości ZnO pokazuje, że w przypadku mieszanek SBR potrzebna jest bardzo niska zawartość ZnO. W przypadku NR dolna granica ZnO nie mogła być taka sama jak w przypadku SBR. Jest to również wpływ zawartości krzemionki w różnych przedmieszkach. Obecność krzemionki pozwala na znaczne zmniejszenie zawartości ZnO.

Mieszanki SBR (z krzemionką jako napełniaczem) wykazują doskonałe właściwości po starzeniu. W przypadku niektórych mieszanek SBR osiągnięto doskonałe zachowanie właściwości i dynamikę. Dynamika była dobra dla wszystkich mieszanek – jest to jeden z podstawowych powodów stosowania DPG, który jest skutecznie zastąpiony przez PREMIX ACT18.

Badanie to stanowiło prekursorską pracę, mającą na celu zrozumienie, w jaki sposób można zastąpić DPG w większości systemów z kauczukami dienowymi; dalsze informacje można uzyskać od Autora lub w firmie RDC Srl.

LITERATURA

- [1] S. Debnath, A. Das, D. Basu, G. Heinrich: KGK 66, 2013, 25–31.
- [2] H.-M. Issel, L. Steger, A. Bischoff: KGK 58, 2005, 529–533.
- [3] WO 2019/145808: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20190801&CC=WO&NR=2019145808A1&K=C=A1#
- [4] Montech, 2015, Rubber Testing Solutions: Moving Die Rheometer and Rubber Process Analyzer Application Examples.

Artykuł został zamieszczony w czasopiśmie „Elastomery”, 2020, T. 24, nr 1, s. 3-14.

Robert Bosch

Rubber Nano Products (Pty) Ltd
Port Elizabeth, Republika Południowej Afryki
rubbernano.co.za

Najwyższej jakości wyroby silikonowe i gumowe w zasięgu Twojej ręki

Firma ARTSIL ze Rzgowa k. Łodzi zajmuje się produkcją i sprzedażą najwyższej jakości wyrobów gumowych i silikonowych. Zdajemy sobie sprawę z tego, że artykuły z tych tworzyw mają szereg zastosowań tak w codziennym życiu, jak i w działalności gospodarczej firm z różnych branż (np. spożywczej, farmaceutycznej, petrochemicznej albo budowlanej). Dlatego naszą ofertę kierujemy do klientów indywidualnych oraz biznesowych, proponując im towar z najwyższej półki. Asortyment przedsiębiorstwa na bieżąco uzupełniamy o różnego rodzaju wyroby silikonowe, gumowe, vitonowe, wśród których można wymienić m.in. rozmaite płaskie i okrągłe uszczelki oraz płyty, tłoczone profile, sznury i węże silikonowe. Wszystkie dostępne u nas artykuły wykonywane są z należytą starannością i precyzją. Bierzymy przy tym pod uwagę przekazane nam przez klienta uwagi i sugestie zawarte w opracowanej specyfikacji technicznej oraz na rysunkach technicznych i zdjęciach poglądowych danego produktu. Wytwarzamy wyroby gumowe o uniwersalnych kształtach i rozmiarach. Na zlecenie klienta wykonujemy też artykuły o innych niż standardowe parametrach. Nasze produkty skutecznie uszczelniają różne elementy konstrukcyjne, zapobiegając np. utracie ciepła przez szczeliny w drzwiach lub oknach albo przedostawaniu się wody i innych substancji do wnętrza specjalistycznych maszyn i urządzeń przemysłowych. Dzięki temu, że są one odporne na niekorzystne warunki atmosferyczne, można je stosować nie tylko wewnątrz budynków, ale także na zewnątrz.

ARTYKUŁY GUMOWE I SILIKONOWE – INDYWIDUALNA OFERTA DLA KAŻDEGO KLIENTA

Mamy świadomość, że każdy nasz klient ma inne wymagania względem oferowanych mu wyrobów gumowych. Dlatego w firmie ARTSIL stawiamy na indywidualizację zamówień. Dzięki temu masz pewność, że kupione u nas artykuły gumowe spełnią wszystkie Twoje oczekiwania. Jeśli nie wiesz, na jaki produkt się zdecydować, zdej się w tej kwestii na naszych specjalistów. Udzielimy Ci praktycznych porad i wskazówek odnośnie wyboru najlepszych wyrobów gumowych.

Serdecznie zapraszamy do skorzystania z naszej oferty!

Nasze uszczelki, ze względu na swoje właściwości, znajdują zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu:

- spożywczym (w komorach wędzarniczych, wszelkiego rodzaju chłodniach, np. do drzwi gazoszczelnych, w przechowalniach owoców itp.);
 - przemyśle cukierniczym i piekarniczym;
 - przemyśle cukrowniczym;
 - w zakładach barwiarskich (barwiarki, autoklawy), uszczelki pompowane z zaworami;
 - przy produkcji styropianu
- i wszędzie tam, gdzie potrzebne są uszczelki o dużej wytrzymałości termicznej.

Nasza nowa technologia pozwala na produkcję uszczelki z jonami srebra, które wykazują działanie biobakteryjne i biobójcze. Mają one szerokie zastosowanie w placówkach medycznych i szpitalach.

Wytwarzamy wyroby silikonowe dostosowane do indywidualnych potrzeb naszych klientów, uwzględniając takie parametry jak:

- Twardość (30 ShA–80 ShA);
- Wytrzymałość na wysoką temperaturę (max do 300°C);
- Kolorystyka (według tabeli RAL).

Produkujemy zarówno wyroby tłoczone tj.: węże, sznury, profile, uszczelki, jak również wszelkie wyroby formowe.

NOWOCZESNE WYROBY SILIKONOWE

Silikon jest materiałem o doskonałych parametrach technicznych – zarówno własnościach fizycznych, jak i chemicznych. Dlatego sięga się po niego podczas produkcji różnego rodzaju detali i akcesoriów dla urządzeń stosowanych w różnorodnych branżach.

Silikon jest:

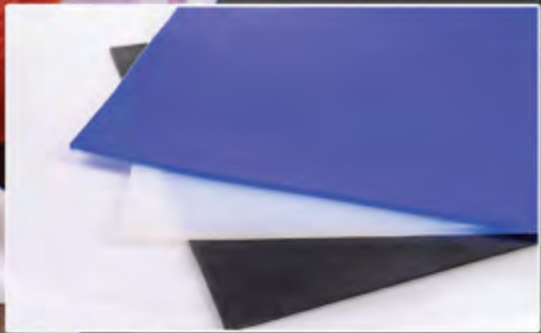
- odporny na działanie bardzo niskich, jak i bardzo wysokich (nawet dochodzących do ponad 300°C) temperatur, a także pary wodnej,
- doskonałym izolatorem,
- bezpieczny w kontakcie z wodą pitną oraz produktami spożywczymi.

POZNAJ WYROBY SILIKONOWE W OFERCIE ARTSIL

ARTSIL jest doświadczonym producentem wyrobów silikonowych. Wszystkie powstają z mieszanek tworzyw, które są produkowane na terenie Unii Europejskiej, co gwarantuje spełnianie przez nie wszystkich kryteriów technicznych.



ul. Reja 11, 95-030 Rzgów
tel. 42 214 29 40, 42 214 29 30
tel. kom. 505 036 037
biuro@artsil.com.pl, www.artsil.pl



**Jesteśmy doświadczonym
producentem wyrobów
silikonowych z jonami srebra.**

**Produkujemy wyroby
tłoczone tj.: węże, sznury,
profile, uszczelki,
jak również wszelkie
wyroby formowe.**

ul. Reja 11, 95-030 Rzgów
tel. 42 214 29 40, 42 214 29 30
tel. kom. 505 036 037
biuro@artsil.com.pl, www.artsil.pl



Nowoczesne materiały kompozytowe – cz. 1

Katarzyna Bulanda, Rafał Oliwa, Dariusz Krajewski, Kacper Kroczek, Kamil Czech, Mariusz Oleksy

Niniejszy artykuł obejmuje wybrane wyniki badań dotyczących nowoczesnych materiałów polimerowych stosowanych w technologiach szybkiego prototypowania, przemyśle lotniczym, kolejowym, zbrojeniowym i medycznym. Badania realizowane były w ramach powyższego zespołu w Katedrze Kompozytów Polimerowych mieszczącej się na Wydziale Chemicznym Politechniki Rzeszowskiej.

KOMPOZYTY POLIMEROWE STOSOWANE W TECHNOLOGII SZYBKIEGO PROTOTYPOWANIA

W ostatnich latach obserwujemy dynamiczny rozwój zastosowania materiałów polimerowych w technologiach szybkiego prototypowania, a w szczególności w metodzie wytłaczania materiału, gdzie w formie nitki, tak zwanego filamentu, wprowadzane są do drukarek 3D. Detale wykonane z podstawowych, niemodyfikowanych materiałów najczęściej stosowane są jako prototypy koncepcyjne, ponieważ tworzywa nie zapewniają odpowiedniej funkcjonalności, niezbędnej wytrzymałości mechanicznej oraz użytkowej detali. Z tego powodu, konieczna jest intensyfikacja badań nad modyfikacją stosowanych dotychczas materiałów polimerowych. W szczególności dostrzec można duży postęp w opracowaniu kompozytów polimerowych, które dzięki poprawionym właściwościom użytkowym mogą być z sukcesem wykorzystane do otrzymywania modeli funkcjonalnych za pomocą technik wytwarzania przyrostowego.

Dla zwiększenia asortymentu kompozytów w technologiach szybkiego prototypowania opracowano i otrzymano wiele innowacyjnych materiałów polimerowych z dodatkiem wytypowanych napełniaczy jak krzemionki modyfikowanej tlenkiem glinu, bentonitu modyfikowanego czwartorzędową solą amoniową oraz hybrydowego napełniacza lignina/dwutlenek krzemu, które zdyspergowano w matrycach polimerowych standardowych tworzyw, między innymi w poliwęglanie (PC) [1], w poli(tereftalanie etylenu) modyfikowanym glikolem (PET-G) [2], w polistyrenie (PS) [3], a także w kopolimerze poliwęglan/akrylonitryl-butadien-styren (PC/ABS) [4]. W związku z rosnącym zainteresowaniem elementami wykonanymi z materiałów biodegradowalnych otrzymano również kom-

pozyty na osnowie polilaktidu (PLA) z dodatkiem wytypowanych naturalnych napełniaczy (pył korkowy, bambusowy, drzewny) [5].

Z uwagi na brak profesjonalnych narzędzi, szczególnie w ośrodkach akademickich, trudne jest otrzymanie kompozytów polimerowych w postaci filamentu o określonej średnicy, który może być bezpośrednio po otrzymaniu wykorzystany w komercyjnych drukarkach 3D (rys. 1).

Współpracując z firmą Gamart S.A. (Łańcut, Polska), opracowano i otrzymano linię technologiczną (rys. 2), która pozwala na otrzymanie wysokiej jakości filamentów z szerokiej gamy materiałów.



Rys. 1. Otrzymane filamenty



Rys. 2. Linia technologiczna do otrzymywania filamentów: a) widok wytłaczarki jednoślakowej wraz z lejem zasypowym, b) widok odciągu rolkowego chłodzonego strumieniem powietrza wraz z pulpitem sterującym, c) system czujników szybkości odciągania filamentu, d) sekcja do pomiaru średnicy filamentu, e) nawijarka z pulpitem sterującym

- barwniki
- polimery
- dodatki

BCD
POLYMERS



DYSTRYBUCJA I WDRAŻANIE TWORZYW SZTUCZNYCH



 +48 61 895 65 80

 www.bcd-polymers.pl

 biuro@bcd-polymers.pl



Rys. 3. Kształtki otrzymane odpowiednio: a) metodą formowania wtryskowego; b) w technologii druku 3D

Wszystkie otrzymane materiały profesjonalnie scharakteryzowano z wykorzystaniem nowoczesnych technik eksperymentalnych. Oznaczenia przeprowadzono dla kształtek otrzymanych metodą druku 3D oraz w celu porównania za pomocą formowania wtryskowego (rys. 3).

Współpracując z pracownikami Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa oraz Matematyki i Fizyki Stosowanej (Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza), a także Wydziału Technologii Chemicznej (Politechnika Poznańska), zbadano wpływ zawartości oraz rodzaju stosowanych dodatków na szereg właściwości użytkowych otrzymanych kompozytów polimerowych. Analizując otrzymane rezultaty badań, sformułowano kilka istotnych wniosków, między innymi:

- Zaobserwowano korzystny wpływ dodatku napełniaczy na poprawę masowego wskaźnika szybkości płynięcia oraz korzystne zmiany lepkości. Jedynie w przypadku kompozytów zawierających wielościennie nanorurki węglowe zaobserwowano obniżenie płynności polimerów.
- Wprowadzenie do osnowy polimerowej wytypowanych napełniaczy spowodowało wzrost twardości według Rockwella otrzymanych kompozytów, zarówno dla kształtek uzyskanych metodą wtryskiwania do formy, jak i druku 3D. Wyjątek stanowią biodegradowalne kompozyty na osnowie PLA, w których zaobserwowano spadek badanej cechy.
- Podsumowując otrzymane rezultaty badań, przy statycznym rozciąganiu zaobserwowano poprawę modułu Younga i naprężenia zrywającego dla kształtek kompozytów otrzymanych metodą wtryskiwania do formy. Wyjątkiem są materiały kompozytowe, które zawierają wielościennie nanorurki węglowe, gdzie odnotowano spadek modułu Younga i naprężenia zrywającego, podobnie jak dla wszystkich kształtek kompozytów otrzymanych w druku 3D.
- Obserwacje mikrostruktury kompozytów metodą SEM i SEM/EDS potwierdziły równomierny rozkład napełniaczy w osnowie polimerowej, co również zaobserwowano na podstawie wyników analizy WAXS.
- Mikroskopia sił atomowych potwierdziła nanometryczny rozmiar wprowadzonych modyfikowanych napełniaczy.
- Uzyskano znaczny wzrost stabilności termicznej otrzymanych kompozytów zawierających wytypowane modyfikowane napeł-

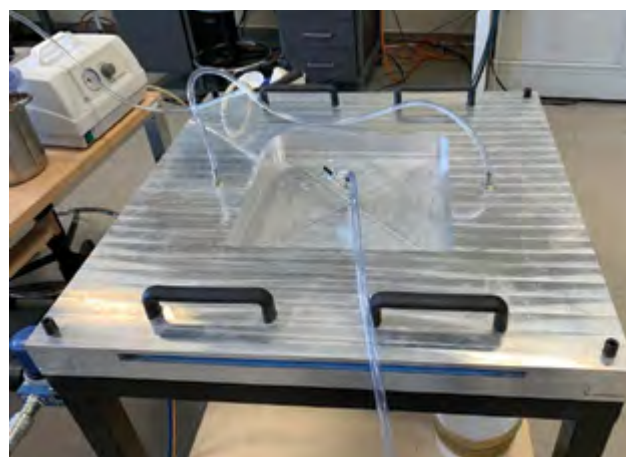
niacze S, L, B oraz hybrydowy układ L/B. Jedynie wprowadzone wielościennie nanorurki węglowe oraz naturalne napełniacze obniżyły termostabilność kompozytów na osnowie odpowiednio PC i PLA.

- Analizując wyniki badań DSC, stwierdzono, że wprowadzone napełniacze nie miały wpływu na obserwowane przegięcia stosowanych polimerów i ich kompozytów.
- Zaobserwowano również korzystny wpływ stosowanych napełniaczy na poprawę przewodnictwa elektrycznego otrzymanych kompozytów na osnowie PET-G i PC.

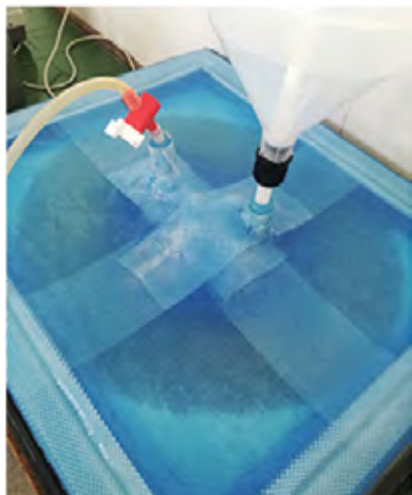
Opracowanie i wytworzenie nowoczesnych materiałów polimerowych dedykowanych do zastosowań w druku 3D, a także dokładne scharakteryzowanie ich właściwości reologicznych, mechanicznych, strukturalnych oraz fizykochemicznych pozwala na uzupełnienie literatury odnośnie baz danych charakterystyki otrzymanych materiałów. Uzyskane satysfakcjonujące rezultaty badań właściwości użytkowych opracowanych kompozytów polimerowych, które wyróżniają się odważnym przekroczeniem granic między różnymi dziedzinami nauki (technologia chemiczna, inżynieria materiałowa, fizyka, elektronika) zasadniczo zwiększają ich funkcjonalności w technologiach szybkiego prototypowania.

KOMPOZYTY POLIMEROWE ODPORNE NA DZIAŁANIE PŁOMIENIA STOSOWANE W PRZEMYSŁE LOTNICZYM KOLEJOWYM I ZBROJENIOWYM

Kompozyty polimerowe wzmacniane włóknami, które są wykorzystywane głównie jako elementy konstrukcyjne muszą spełniać wymagania odpowiedniej odporności ogniowej, ale także powinny zachować mechaniczną integralność w przypadku wystawiania ich na działanie ognia/ciepła. W przeciwieństwie do innych materiałów takich jak stal oraz stopy tytanu i aluminium, kompozyty polimerowe tracą ciągłość struktury po wystawieniu na działanie wysokich temperatur [6]. Ograniczenie palności kompozytów, materiałów polimerowych jest zatem dużym wyzwaniem, stawianym celem rozszerzenia ich zakresu zastosowania. Kluczowym aspektem rozwoju, a także zastosowań nowych materiałów jest wykorzystanie środków opóźniających palenie (uniepalniaczy, antypirenów) celem podwyższenia ognioodporności materiałów oraz zmniejszenie gęstości i toksyczności wydzielanych dymów. Przerwanie cyklu spalania kompozytów poprzez dodatek uniepalniaczy może odbywać się na trzy różne sposoby. Pierwszym sposobem jest zastosowanie takich związków chemicznych, które pod wpływem ciepła rozkładają się w sposób endotermiczny, absorbując ciepło i uniemożliwiając tym samym osiągnięcie temperatury piro-



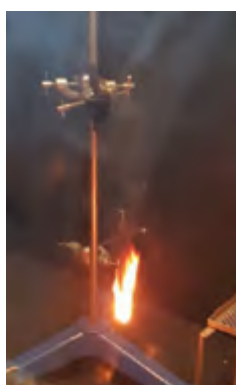
Rys. 4. Stanowisko do wytwarzania kompozytów polimerowo-włóknistych metodą LRTM



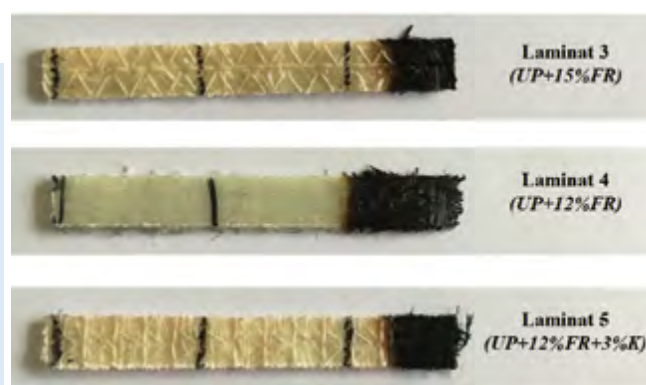
Rys. 5. Stanowisko do infuzji żywicy polimerowej z wykorzystaniem membrany silikonowej



Rys. 6. Mikrokalorymetr stożkowy do charakterystyki procesu spalania materiałów polimerowych zgodnie z normą ISO 13927, aparat do wyznaczania indeksu tlenowego EN ISO 4589



Rys. 7. Komora UL-94 do badania palności metodą płomieniową PN-EN 60695-11-10



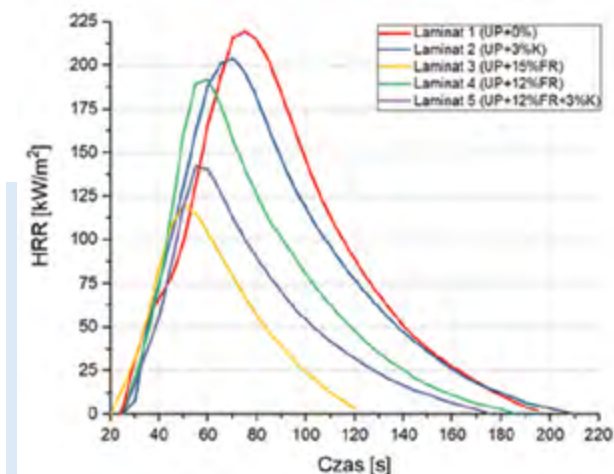
Rys. 8. Obrazy próbek laminatów po badaniu metodą UL-94 HB

lizego materiału kompozytowego. Drugą możliwością jest zastosowanie takich związków chemicznych, które powodują wytwarzanie większej ilości produktów ubocznych niepalnych i podczas reakcji pirolizy powstawanie większej ilości węgla. Warstwa ta jest swego rodzaju barierą fizyczną utrudniającą przepływ ciepła oraz masy pomiędzy fazą gazową, a fazą stałą. Trzecia metoda uwzględnia mechanizmy i reakcje zachodzące w fazie gazowej. W przypadku tej metody, w trakcie spalania związki zmniejszające palność wydzielają większą ilość gazów niepalnych, prowadząc do spadku w strefie płomienia efektywnego stężenia tlenu, działając tym samym jako czynnik uniepalniający [7, 8].

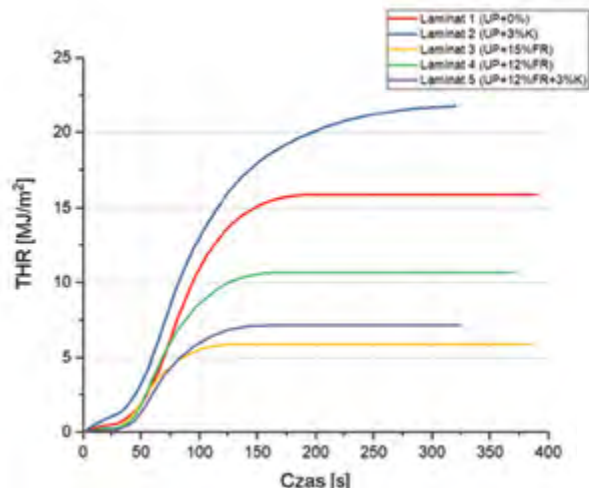
Najczęściej wykorzystywanymi żywicami termoutwardzalnymi są nienasycone żywice poliestrowe. Na świecie wykorzystuje się ponad 2 miliony ton tych żywic do wszelakich zastosowań; produkcji zbiorników, rur, komponentów przemysłu budowlanego, motoryzacyjnego, elektrycznego czy morskiego o wysokiej wydajności [9]. Cechują się one wysoką stabilnością termiczną i ciepłą, niskim skurczem i doskonałymi właściwościami mecha-

nicznymi. Wyżej wymienione zastosowania wymagają również oprócz dobrych właściwości mechanicznych czy elektrycznych także dobrej odporności na płomień materiałów. Obecnie problem zmniejszania palności nienasyconych żywic poliestrowych jest jednym z bardzo poważnych i trudnych wyzwań stawianych najnowocześniejszym technologiom wytwarzania materiałów na bazie tych żywic. Największy problem tkwi w tym, iż podczas spalania, laminaty poliestrowo-szklane, czy same kompozycje nienasyconych żywic poliestrowych powodują wydzielanie znacznych ilości czarnego, gęstego dymu. Towarzyszy temu emisja gazów toksycznych, co wzmacnia się przy zastosowaniu ognioodpornych halogenowych żywic poliestrowych. Dlatego tak bardzo ważna jest produkcja wyrobów z żywic poliestrowych, które nie będą podtrzymywały procesu spalania i charakteryzowały się tym samym odpowiednią ognioodpornością oraz zmniejszoną emisją dymów [10].

We wstępnych badaniach prowadzonych w Katedrze Kompozytów Polimerowych nad uniepalnianiem laminatów poliestrowo-



Rys. 9. Przebieg krzywych szybkości wydzielania ciepła HRR w funkcji czasu dla 5 próbek laminatów



Rys. 10. Przebieg krzywych całkowitego wydzielonego ciepła THR w funkcji czasu dla 5 próbek laminatów

Tabela 1. Wyniki badań dla kompozycji poliestrowych modyfikowanych z udziałem krzemionki

Oznaczana właściwość	Laminat			
	1 UP	2 UP + 3%K	3 UP + 12% FR	4 UP + 12%FR + 3%K
Wskaźnik tlenowy LOI (%)	18,9	19,5	24,4	25,3
Klasa palności UL-94	HB40	HB 40	HB 40	HB 40

-szklanych zastosowano nową grupę uniepalniaczy fosforowych w stanie ciekłym oraz krzemionkę. Dzięki temu możliwe było wytworzenie laminatów metodą infuzji oraz w technologii LRTM (rys. 4) – niewielki wzrost lepkości żywicy po wprowadzeniu 15% mas. uniepalniaczy. Jako wzmocnienia użyto matotkaniny szklanej. Proces infuzji nienasyconej żywicy poliestrowej przeprowadzono z wykorzystaniem membrany silikonowej, uzyskując płyty laminatów o wymiarach 400x400 mm, które następnie pocięto zgodnie z przedmiotowymi normami do przeprowadzenia badań palności za pomocą mikrokalorymetru stożkowego (rys. 6).

PODSUMOWANIE

Mniejsze wartości maksymalnej szybkości wydzielania ciepła, wartości średniej HRR, a także całkowitego wydzielonego ciepła dla laminatu 3 i 5 mogą świadczyć o łagodniejszym przebiegu spalania. Po przeanalizowaniu wyników badań wskaźnika tlenowego laminatów stwierdzono, że najkorzystniejsze jest zastosowanie połączenia dwóch środków modyfikujących w laminacie 5 (UP+12%FR+3%K). Wartość LOI tego kompozytu wyniosła 25,6%. Zastosowanie krzemionki w ilości 3% masowych pozwoliło skutecznie zmniejszyć ilość uniepalniacza CT901 do 12%. Laminatom 3, 4 i 5 przypisano klasę palności HB 40 w teście spalania poziomego w komorze płomieniowej. Szybkość spalania nie przekroczyła w żadnym z tych przypadków 40 mm/(min).

LITERATURA

- [1] K. Bulanda, M. Oleksy, R. Oliwa, G. Budzik, Ł. Przeszlowski, J. Fal, T. Jesionowski: Polymer Composites Based on Polycarbonate (PC) Applied to Additive Manufacturing Using Melted and Extruded Manufacturing (MEM) Technology, *Polymers* 2021, 13(15), 2455. doi: 10.3390/polym13152455.
- [2] K. Bulanda, M. Oleksy, R. Oliwa: Polymer Composites Based on Glycol-Modified Poly(Ethylene Terephthalate) Applied to Additive Manufacturing Using Melted and Extruded Manufacturing Technology". *Polymers* 2022, 14(8), 1605. doi: 10.3390/polym14081605.

- [3] K. Bulanda, M. Oleksy, R. Oliwa: (2022). Hybrid Polymer Composites Based on Polystyrene (PS) Used in the Melted and Extruded Manufacturing Technology. *Polymers*, 14(22), 5000. <https://doi.org/10.3390/polym14225000>.
- [4] K. Bulanda, M. Oleksy, R. Oliwa: (2023). Polymer Composites Based on Polycarbonate/Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Used in Rapid Prototyping Technology. *Polymers*, 15(6), 1565. <https://doi.org/10.3390/polym15061565>.
- [5] K. Bulanda, M. Oleksy, R. Oliwa, G. Budzik, Ł. Przeszlowski, A. Mazurkow: Biodegradable polymer composites used in rapid prototyping technology by Melt Extrusion Polymers (MEP)", *Polymer*, vol. 65, no. 6, pp. 430–436, Jun. 2020, doi: 10.14314/polimery.2020.6.2.
- [6] K. Baljinder, L. Kandola, Piyanch, S. Duquesne, K. Bourbigot: The effects of thermophysical properties and environmental conditions on fire performance of intumescent coatings on Glass fibre – reinforces epoxy composites, *Materials* 8, 5216–5237, 2015.
- [7] B. Mahadev, R. Alagirusamy, A. Das: Flame Retardant Polymer Composites, *Fibers and Polymers*, 16, 705-717, 2015.
- [8] A. Kgopi: Effect of flame retardant additives in flame retardant grade of ABS, *Cochin University Of Science and Technology*, 2015.
- [9] M.A. Sawpan, K.L. Pickering, A. Fernyhough: *Compos. Part A*, 43, 519, 2012.
- [10] E. Kicko-Walczak, G. Rymarz: Flame-Retardant Unsaturated Polyester Resins: An Overview of Past and Recent Developments, *Intech*, 3, 2018.

dr inż. Katarzyna Bulanda, dr inż. Rafał Oliwa
mgr inż. Dariusz Krajewski, mgr inż. Kacper Kroczek
mgr inż. Kamil Czech, prof. dr hab. inż. Mariusz Oleksy
Katedra Kompozytów Polimerowych
Wydział Chemiczny, Politechnika Rzeszowska

Gryfilen[®]

POLYPROPYLENE


**GRUPA
AZOTY**
POLYOLEFINS

MADE IN EUROPE

for European
leading converters

for European
advanced markets



Jeden z czołowych europejskich producentów
branży chemicznej zaprasza na targi Plastpol!

Spotkajmy się na stoisku 38 w hali E.


**GRUPA
AZOTY**



27 Plastpol
23-26.05.2023

Oxoviflex[™]

Tarnamid[®]
POLIAMIDA 6

Gryfilen[®]
POLYPROPYLENE

Plastometry i MFI – jak ich używanie pozwala oszczędzać w przemyśle tworzyw sztucznych

Urządzenia laboratoryjne do badania właściwości tworzyw sztucznych są niezwykle ważne w branży przetwórstwa i recyklingu tworzyw sztucznych. Pozwalają one na kontrolę jakości surowców oraz wytwarzanych produktów, a także optymalizację procesów przetwarzania i recyklingu. Jednym z takich urządzeń są plastometry do badania wskaźnika płynięcia MFI, które pozwalają na pomiar właściwości reologicznych tworzyw sztucznych. Oprócz tego, istotne są także gęstościomierze i wilgotnościomierze, które pozwalają na dokładne określenie masy i wilgotności tworzyw sztucznych. Podczas naszych szkoleń nauczysz się, jak korzystać z wiedzy na temat parametrów tworzyw sztucznych i oszczędzać pieniądze. Będziesz produkował mniej odpadów, znając MFI, gęstość, wilgotność tworzyw.



Firma Rolbatch jako firma inżynierska, oferująca maszyny do przetwórstwa i recyklingu tworzyw sztucznych, posiada w swojej ofercie również urządzenia laboratoryjne oraz prowadzi szkolenia branżowe w formie video kursów, webinarów, stacjonarnych w swojej siedzibie oraz w siedzibie klienta. Dzięki temu, każdy zainteresowany może skorzystać z bogatej oferty szkoleń, które w przystępnej formie zapewniają wiedzę na temat tworzyw sztucznych.

Operatorzy maszyn, którzy często uczą się jedynie praktyki pracy z maszyną, często nie mają podstaw teoretycznych na temat właściwości tworzyw sztucznych. Dlatego szkolenia takie jak „wprowadzenie do tworzyw sztucznych” lub „wprowadzenie do recyklingu” mogą być dla nich bardzo wartościowe. Umożliwiają one zrozumienie podstawowych parametrów tworzyw sztucznych, a także wskazują sposoby na rozwiązywanie problemów związanych z ich przetwarzaniem.

Natomiast dla dyrektorów produkcji, handlowców czy marketingowców, szkolenia takie jak „badanie parametrów tworzyw” pozwolą na uzyskanie wiedzy na temat właściwości tworzyw sztucznych, co może być przydatne w rozmowach z kontrahentami, a także w planowaniu produkcji.

Warto jednak podkreślić, że niezależnie od stanowiska pracy, pewnych rzeczy nie wypada nie wiedzieć o tworzywach sztucznych. Wiedza na temat właściwości tworzyw sztucznych może przyczynić się do produkowania mniejszej ilości odpadów, skrócić czas wdrożenia nowych produktów, a także pozwolić na uzyskanie wyrobów o lepszych właściwościach.

Firma Rolbatch-Laabs oferuje nie tylko urządzenia laboratoryjne do badania właściwości tworzyw sztucznych, ale także szkolenia, które są dostępne dla wszystkich zainteresowanych zdobyciem wiedzy na temat przetwarzania i recyklingu tworzyw sztucznych.

Podczas szkoleń w firmie Rolbatch uczestnicy mogą poznać zasady działania urządzeń laboratoryjnych do badania właściwości tworzyw sztucznych, takich jak plastometry do badania wskaźnika płynięcia MFI, gęstościomierze czy wilgotnościomierze. Dzięki tym szkoleniom będą mogli lepiej zrozumieć właściwości różnych tworzyw sztucznych oraz dowiedzieć się, jak je przetwarzać w sposób efektywny i zminimalizować generowanie odpadów.

W ofercie firmy Rolbatch-Laabs znajdziesz wysokiej jakości urządzenia laboratoryjne takie jak plastometry RBM2 i RBH2, które pozwalają na dokładne badanie MFI, MFR i MVR. Urządzenia te są niezwykle precyzyjne i intuicyjne w obsłudze, a ich wyniki pozwalają na weryfikację właściwości przetwarzanych materiałów oraz optymalizację procesów przetwarzania i recyklingu. Dodatkowo, firma oferuje gęstościomierze i wilgotnościomierze, które pozwalają na kontrolę wilgotności i gęstości tworzyw sztucznych, co ma kluczowe znaczenie w procesie przetwarzania i produkcji końcowych wyrobów.



Szkolenia z obsługi urządzeń laboratoryjnych, szkolenia z materiałoznawstwa, procesów produkcyjnych, oferowane przez Rolbatch-Laabs są bardzo ważne dla branży przetwórstwa i recyklingu tworzyw sztucznych. Dzięki nim pracownicy branży mogą nauczyć się, jak dokładnie przeprowadzać badania właściwości tworzyw sztucznych oraz jak interpretować wyniki tych badań. Warto zaznaczyć, że odpowiednia wiedza z zakresu właściwości tworzyw sztucznych jest kluczowa dla zapewnienia wysokiej jakości wyrobów oraz dla efektywnego i zrównoważonego przetwarzania i recyklingu surowców.

Podsumowując, urządzenia laboratoryjne do badania właściwości tworzyw sztucznych, takie jak plastometry do badania wskaźnika płynięcia MFI, gęstościomierze i wilgotnościomierze, są niezbędnym narzędziem dla branży przetwórstwa i recyklingu tworzyw sztucznych. Właściwe wykorzystanie tych urządzeń pozwala na kontrolę jakości surowców, weryfikację właściwości przetworzonych tworzyw oraz optymalizację procesów przetwarzania. Firma Rolbatch-Laabs oferuje urządzenia laboratoryjne najwyższej jakości oraz szkolenia z ich obsługi, co pozwala na pełne wykorzystanie ich możliwości i osiągnięcie lepszych wyników w branży przetwórstwa i recyklingu tworzyw sztucznych.

ROLBATCH – DR MADALENA LAABS

Angermünderstrasse 101, 16227 Eberswalde k.Berlina

Mob/WhatsApp: +49 151 457 67 422, www.rolbatch.de

Wytwarzanie i badanie mieszanin poli(tereftalanu etylenu) i poliwęglanu (PET/PC) z odpadowych butelek PET i płyt CD

Jolanta Janik, Beata Schmidt, Katarzyna Wilpiszewska, Joanna Rokicka

Przedstawiono badania nad mieszaninami poli(tereftalanu etylenu) pochodzącego z rozdrobnionych butelek typu PET oraz poliwęglanu z rozdrobnionych płyt CD w aspekcie zagospodarowania tych odpadów metodą recyklingu materiałowego, a także wytworzenia nowego materiału w postaci mieszanin PET/PC. Wytworzono za pomocą wyłaczarki dwuślimakowej granulaty mieszanin zawierające 5–95% mas. PC. Granulat PET/PC, jak również wyjściowe polimery PET i PC, poddano procesowi wtryskiwania w celu uzyskania kształtek do badań. Ocenę prowadzono pod kątem właściwości mechanicznych (wytrzymałość na rozciąganie i zginanie, udarność, twardość), termicznych (temperatura zeszklenia, krystalizacji, topnienia, mięknięcie wg Vicata), reologicznych (lepkość stopu w temperaturze przetwórstwa), fizycznych (gęstość, chłonność wody) oraz morfologii w celu określenia wpływu udziału poszczególnych polimerów w mieszaninie PET/PC na badane parametry.

A analizując narastający problem ilości wytwarzanych odpadów z tworzyw sztucznych, nie można pominąć kwestii źródła ich powstania. Na przykładzie państw członkowskich Unii Europejskiej w 2018 r. 39,9% tworzyw sztucznych stanowiły wszelkiego rodzaju opakowania, 19,8% tworzywa wykorzystywane w budownictwie, 9,9% tworzywa stosowane przy produkcji samochodów osobowych i ciężarowych, 6,2% był to sprzęt elektryczny i elektroniczny, 3,4% tworzywa wykorzystywane w rolnictwie, 16,7% dobra konsumpcyjne i inne (sprzęty, meble, budowa maszyn, sektor medyczny), a 4,7% były to artykuły gospodarstwa domowego oraz artykuły związane z wypoczynkiem i sportem [1]. Zagospodarowanie i utylizacja odpadów z tworzyw sztucznych w krajach UE w 2018 r. przedstawiały się następująco: przetwarzanie jako odzysk energii stanowiło 42,6% całości odpadów, przetwarzanie na drodze recyklingu 32,6%, a składowanie 24,6% [1], co w porównaniu z danymi z 2006 r. (odzysk energetyczny wzrósł o 4,9%, recykling o 6%, a składowanie zmalało o 4,7%) wykazuje widoczny wzrost ilości zagospodarowanych odpadów z tworzyw sztucznych [2]. W celu minimalizowania problemów utylizacji odpadów z tworzyw sztucznych i zwiększania ich zagospodarowania prowadzonych jest wiele działań, wprowadzane są nowe rozwiązania i zmiany w ustawodawstwie Unii Europejskiej. Dyrektywa Unii Europejskiej w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych [3] zakłada m.in., że nie później niż do 31 grudnia 2030 r. co najmniej 70% mas. wszystkich odpadów opakowaniowych zostanie poddane recyklingowi i nie później niż do 31 grudnia 2030 r. zostaną osiągnięte minimalne wartości docelowe recyklingu w odniesieniu do określonych materiałów zawartych w odpadach opakowaniowych. Komisja Europejska zaproponowała także w 2020 r. nowy plan działania dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym, koncentrujący się na zapobieganiu powstawania odpadów i gospodarowaniu nimi [4, 5]. Jednym ze sposobów odzysku tworzyw sztucznych jest recykling materiałowy, polegający na ponownym wykorzystaniu odpadów, które powstają w czasie wytwarzania, przetwarzania i użytkowania wyrobów z tworzyw sztucznych, stanowiących pełnowartościowy surowiec do dalszego przetwórstwa. Odpady technologiczne

ze względu na swój duży stopień czystości są na ogół zawracane bezpośrednio do przetwórstwa po odpowiednim przygotowaniu, np. rozdrobnieniu. Odpady z wyrobów poużytkowych wymagają segregacji i oczyszczenia. Nie bez znaczenia jest tu aspekt ekologiczny wytwarzania mieszanin polimerowych. Zagospodarowanie na drodze recyklingu materiałowego odpadów tworzyw sztucznych w postaci mieszanin umożliwia odzysk tych materiałów bez konieczności ich segregowania [6–8].

Otrzymywanie mieszanin (blend) polimerowych ma na celu przede wszystkim wytworzenie nowych materiałów o zmodyfikowanych (często lepszych) właściwościach w porównaniu z polimerami wyjściowymi, takich jak zwiększona wytrzymałość cieplna, udarność, polepszone właściwości przetwórcze i użytkowe [9–11]. Tylko ich stabilna struktura daje możliwość otrzymania pełnowartościowych mieszanin. W matrycy układu (faza ciągła) jednego polimeru musi być równomiernie zdyspergowana faza rozproszona drugiego polimeru oraz występować wystarczająca adhezja między fazami. Homogeniczne kompozycje (jednofazowe) utworzone na bazie polimerów mieszalnych charakteryzuje jedna temperatura zeszklenia, która jest wartością pośrednią temperatur zeszklenia poszczególnych składników. Polimery częściowo mieszalne (układ przenikających się dwu faz) charakteryzują dwie temperatury zeszklenia leżące pomiędzy temperaturami zeszklenia poszczególnych składników, a ich położenie zależy od składu mieszaniny. Polimery całkowicie niemieszalne (układ dwufazowy, heterogeniczny) tworzą układ charakteryzujący się dwiema temperaturami zeszklenia, identycznymi z temperaturami dla poszczególnych składników mieszaniny [11]. W praktyce mamy do czynienia w większości z układami częściowo mieszalnymi, do których zalicza się PET/PC, lub niemieszalnymi jak PET/PE9. W celu poprawy mieszalności układów polimerowych, zwiększenia adhezji między nimi i stabilizacji fazowej do układów wprowadza się promotory mieszalności, tzw. kompatybilizatory [10–15]. Jednym z ważniejszych czynników wywierających istotny wpływ na właściwości polimerów jest ich struktura fizyczna, którą określają występujące w polimerach dwie podstawowe fazy strukturalne: amorficzna (bezpostaciowa) i krystaliczna (o ►

dużej regularności i symetrii w budowie łańcucha). W przypadku mieszanin PET/PC PET może występować w postaci amorficznej lub krystalicznej/częściowo krystalicznej, które znacznie różnią się między sobą właściwościami i wyglądem, a PC występuje w postaci amorficznej [9–11].

Znaczącym źródłem odpadów PET, stosowanego głównie do wytwarzania opakowań i folii, zarówno spożywczych, jak i technicznych, taśm, tekstyliów (włókno poliestrowe) i elementów technicznych są od wielu lat użytkowe butelki po napojach [16, 17]. W przypadku PC, który znalazł zastosowanie w elektrotechnice i elektronice, artykułach gospodarstwa domowego, opakowaniach, a także do wytwarzania butelek, pojemników, szyb i osłon do lamp, jednym ze źródeł odpadów są zużyte płyty CD/DVD. Znaczny udział w tego typu odpadach mają również zbiory nielegalnych płyt kompaktowych, przechwytywanych przez urzędy celne i inne organy ścigania, które należy w odpowiedni sposób zagospodarować [16, 18, 19]. Nowym znaczącym masowo źródłem odpadów obu tych tworzyw są w dobie pandemii związanej z Covid-19 produkty do ochrony oczu i twarzy, w tym przyłbice, wytwarzane z PET, a także gogle i okulary wytwarzane z PC [20–22]. Trwająca od początku 2020 r. epidemia koronawirusa spowodowała na całym świecie gwałtowny wzrost produkcji sprzętów ochrony osobistej, w tym często sprzętów jednorazowego użytku, co spotęgowało wzrost ilości odpadów, przy jednoczesnym pogłębianiu problemu ich zagospodarowania.

Obserwuje się zainteresowanie ośrodków naukowych opracowaniem efektywnych sposobów otrzymywania mieszanin tworzyw i badaniem ich właściwości (w tym PET/PC) pod kątem uzyskania nowych materiałów, jak również w aspekcie ich recyklingu. Opracowania te obejmują badania mieszanin w wąskim zakresie udziałów PET w PC i odwrotnie, dotyczą polimerów nowych, jak i odpadowych lub nowych z dodatkiem odpadowych [23–25]. Na rynku tworzyw sztucznych mieszaniny PC z PET lub z poli(tereftalanem butyleny) PBT są dostępne także jako produkt rynkowy o nazwie handlowej Lexan lub Xenoy [9]. Mając na uwadze zmieniający się w czasie udział rodzaju tworzyw sztucznych w strumieniu odpadów, w tym również w specyficznych w danej chwili warunkach, jak w sytuacji obecnie panującej pandemii, badania nad mieszaninami polimerowymi PET/PC z polimerów odpadowych są cały czas aktualne.

Przedstawiono wyniki prac nad mieszaninami z odpadowego poli(tereftalanu etylenu) i z odpadowego poliwęglanu w szerokim zakresie udziałowym tych polimerów, bez udziału kompatybilizatorów, w aspekcie zagospodarowania butelek PET i płyt CD w procesie recyklingu materiałowego [26–28]. Badania te przeprowadzono w Instytucie Polimerów (obecnie Katedra Technologii Chemicznej Organicznej i Materiałów Polimerowych) ZUT w Szczecinie w ramach szeroko rozwiniętej tematyki wytwarzania i badania mieszanin polimerów termoplastycznych i ich recyklingu, prowadzonych w jednostce od ponad 30 lat.

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Surowce

W pracy wykorzystano poli(tereftalan etylenu) pochodzący z odpadowych butelek, które po selektywnej zbiórce (nierozdzielone na kolory) oczyszczono i zmielono za pomocą młyna firmy Trymet, oraz poliwęglan będący technologicznym odpadem PC, powstałym podczas produkcji płyt CD, bez powłoki metalicznej, rozdrobniony i pozbawiony zanieczyszczeń.

Metodyka badań

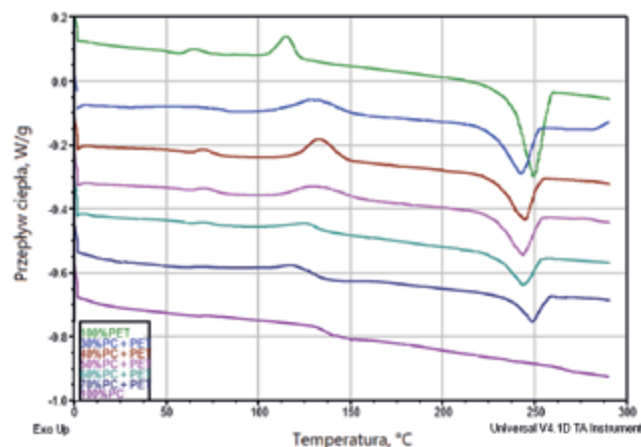
Układy PET/PC uzyskano w dwóch etapach technologicznych. W pierwszym wysuszone polimery odpadowe oraz ich miesza-

niny poddano procesowi wytłaczania za pomocą współbieżnej, dwuślimakowej wytłaczarki o L/D = 32 firmy Mapre. Stosowano profil temp. 200–270°C i prędkość obrotową ślimaków 300 rpm. W drugim etapie wytłoczony granulata poddano procesowi wtryskiwania za pomocą wtryskarki BOY 35A w celu otrzymania kształtek do badań wg normy [29].

Stosowano profil temp. procesu wtryskiwania 250–265°C i temp. formy 25–50°C. Badania obejmowały wytworzenie mieszanin PET/PC z udziałem PC w zakresie 10–90% mas. oraz z dodatkiem 5% mas. jednego polimeru w drugim, traktowanego jako zanieczyszczenie. W celach porównawczych badaniom poddano także odpadowe polimery niez mieszane (100% PET i 100% PC). Ocenę mieszanin PET/PC oraz PET i PC prowadzono pod kątem właściwości mechanicznych (wytrzymałość na rozciąganie i zginanie, udarność, twardość), termicznych, reologicznych i fizycznych (temperatura zeszklenia, krystalizacji, topnienia, mięknięcia wg Vicata, lepkość w temperaturze przetwórstwa, gęstość, chłonność wody) oraz morfologii. PET i jego mieszaniny wtryskiwano do formy o temperaturze poniżej temperatury odpowiadającej temperaturze zeszklenia PET, w celu uzyskania amorficznego PET.

Metody analityczne

Termogramy DSC wykonano za pomocą kalorymetru skaningowego DSC Q-100 firmy TA Instruments w temp. 0–300°C z prędkością grzania 10°C/min. Określono temperatury krystalizacji i topnienia PET oraz stopień jego krystaliczności w wybranych układach PET/PC oraz 100% PET. Dynamiczno-mechaniczną analizę termiczną wykonano za pomocą aparatu DMTA Mk II firmy Polymer Laboratories. Wybrane układy poddano sinusoidalnie zmiennemu obciążeniu przy trójpunktowym zginaniu o częstotliwości 1 Hz i szybkości narastania temp. 3°C/min w przedziale temp. 30–200°C. Zarejestrowano przebieg zmiany funkcji współczynnika tłumienia $\tan \delta$ od temperatury. Z wykresu $T_g \delta = f(T)$ wyznaczono temperatury zeszklenia (T_g) dla PET i PC oraz krystalizacji (T_{kr}) dla PET. Za pomocą reometru Ares firmy Rheometric Scientific przeprowadzono badania lepkości mieszanin η w 270°C (temperatura ich przetwórstwa). Badania wykonano w zestawie pomiarowym płytka/płytką, przy częstotliwości ścinania 1 Hz i kącie odchylenia 0,5%. Pomiar gęstości przeprowadzono za pomocą wagi hydrostatycznej firmy Radwag. Oznaczenie chłonności wody przeprowadzono wg normy [30]. Dla każdej kształtki obliczono procentową zmianę masy próbki w stosunku do początkowej masy po 30 dniach przebywania próbki w wodzie. Wyznaczono także temperatury mięknięcia mieszanin metodą Vicata, wg normy [31]. Właściwości mechaniczne



Rys. 1. Termogramy DSC mieszanin PET/PC oraz PET i PC

Tabela 1. Wyniki analizy termicznej DSC PET i mieszanin PET/PC

Skład, % mas.	T_t PET, °C	T_{kr} PET, °C	ΔH_t PET, J/g	ΔH_{kr} PET, J/g	Stopień krystaliczności PET, %
100PET	249,5	115,1	45,5	11,4	24,4
70PET/30PC	242,4	130,0	28,2	17,2	5,5
60PET/40PC	244,5	133,1	24,4	17,1	3,1
50PET/50PC	243,6	130,9	23,7	17,0	2,4
40PET/60PC	243,6	125,0	17,7	9,4	2,4
30PET/70PC	248,7	120,2	14,3	5,1	1,1

obejmowały badania wytrzymałościowe przy statycznym rozciąganiu i zginaniu w maszynie wytrzymałościowej Instron model 4206-006, zgodnie z normami [32, 33], pomiar udarności bez karbu metodą Charpy'ego, wg normy [34], oraz pomiar twardości Shore'a, wg normy [35], za pomocą aparatu Zwick typu D. Obserwacje mikrostruktury powierzchni wybranych mieszanin w postaci przekrojów poprzecznych beleczek złamanych w temperaturze pokojowej przeprowadzono za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego firmy Joel typu JSM-6100.

Omówienie wyników

Analizie DSC poddano kształtki po procesie wtrysku, zawierające 30, 40, 50, 60 i 70% mas. PC w mieszaninie z PET oraz czyste polimery PET i PC. Oznaczone z termogramów DSC entalpie topnienia krystalitów PET (ΔH_t) i entalpie krystalizacji PET (ΔH_{kr}) pozwoliły wyliczyć stopień krystaliczności PET w badanych układach. Dodatkowo wyznaczono także temperatury topnienia i krystalizacji PET (T_t , T_{kr}) (tabela 1). Stwierdzono, że PET bez udziału PC wykazywał wysoki stopień krystaliczności (ok. 25%), mimo utrzymywania temperatury formy w procesie wtryskiwania kształtek w zakresie znacznie poniżej temperatury zeszklenia T_g PET (< 50°C). W układach PET/PC PET był bardziej amorficzny i wykazywał znacznie mniejszy udział fazy krystalicznej (poniżej 6%), co miało znaczący wpływ na właściwości badanych układów PET/PC. Na rys. 1 przedstawiono zbiorczy termogram DSC odpowiednio dla PET i PC oraz wybranych układów. W mieszaninach o dominującym udziale PET widoczne były przegięcia krzywych w przedziale temp. 70–80°C, odpowiadające temperaturze zeszklenia T_g PET, oraz maksima w przedziale temp. 120–130°C, odpowiadające temperaturze krystalizacji PET (T_{kr}). Widoczne

były także minima w przedziale 240–250°C, odpowiadające temperaturze topnienia PET (T_t), co charakteryzuje polimery amorficzno-krystaliczne. Wraz z dominacją udziału PC w mieszaninach obserwowano jeden dominujący sygnał na termogramie DSC w postaci przegięcia w temperaturze zbliżonej do 130°C, odpowiadający temperaturze zeszklenia T_g PC, charakterystycznej dla polimeru amorficznego. Widoczne było również minimum w zakresie temperatury topnienia PET 240–250°C. Badane układy wykazywały dwufazowy, heterogeniczny charakter, co potwierdzono także badaniami reologicznymi DMTA i strukturą SEM.

W tabeli 2 zestawiono temperatury przemian dla mieszanin PET/PC o udziale PC 10–90% mas. Z termogramów DMTA $tg\delta = f(T)$ wyznaczono (z ich maksimów) temperatury przemian, odpowiednio dla PET temp. zeszklenia T_g ok. 84°C i temp. krystalizacji T_{kr} ok. 115°C (rys. 2a), oraz temp. zeszklenia T_g PC ok. 144°C (rys. 2b). Dodatkowo na rys. 2c–e zamieszczono termogramy dla wybranych mieszanin, na których obserwowano sygnały (maksima na wykresach) pochodzące zarówno od PET, jak i PC. Przykładowo dla układu 70PET/30PC na wykresie $T_g\delta$ obserwowano wyraźnie 3 maksima odpowiadające kolejno: T_g PET, T_{kr} PET i T_g PC (rys. 2c), co wyraźnie wskazywało na układ dwufazowy. Dla układu 50PET/50PC obserwowano 2 wyraźne maksima, odpowiadające T_g PET i T_g PC (rys. 2d), przy czym sygnał pochodzący od T_g PET był mniej wyraźny. Wraz ze zmniejszającym się udziałem PET w mieszaninie T_g PET przesuwiała się w kierunku wyższych wartości temperatur (tab. 2). Podobnie w przypadku temperatury zeszklenia PC obserwowano jej obniżenie wraz ze zmniejszeniem udziału PC w mieszaninie. Im bardziej zbliżone były udziały obu polimerów, tym bardziej przesuwały się ku sobie ►

REKLAMA

RECYCLING & COMPOUNDING

REDUKCJA CO₂

OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII DO 30%

UNIKALNA TECHNOLOGIA

27. PLASTPOL
23-26 | 05 | 2023
Kielce, Poland

Visit our stand D-59
www.plastpol.com

UPCYCLING TO THE NEXT LEVEL

KONTAKT:
+43 660 823 60 72
e.jamrozek@mas-austria.com

www.mas-austria.com

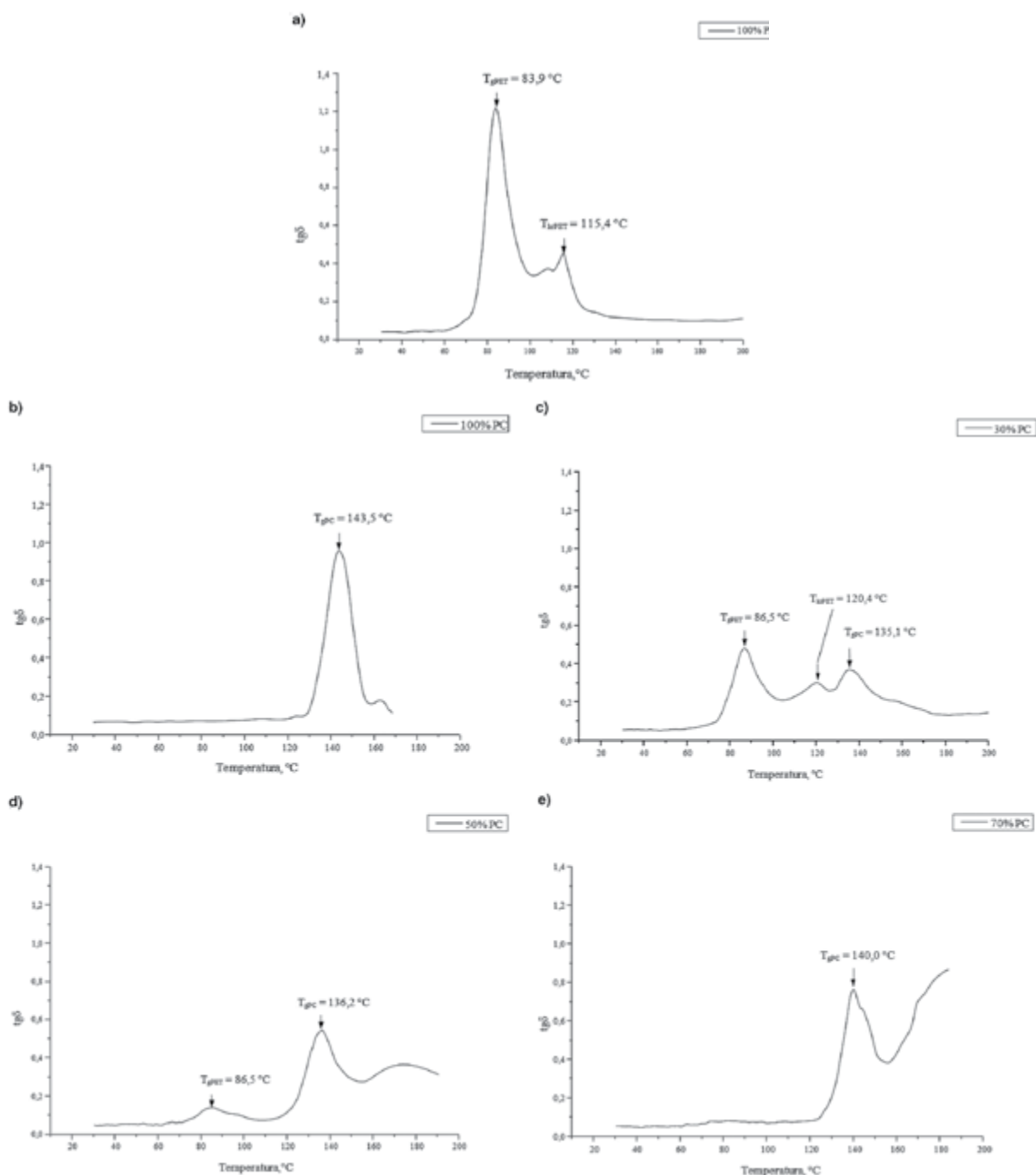
MAS

Tabela 2. Wyniki analizy DMTA mieszanin PET/PC, zestawienie T_g PET, T_{kr} PET i T_g PC, odczytanych z wykresu $tg\delta = f(T)$

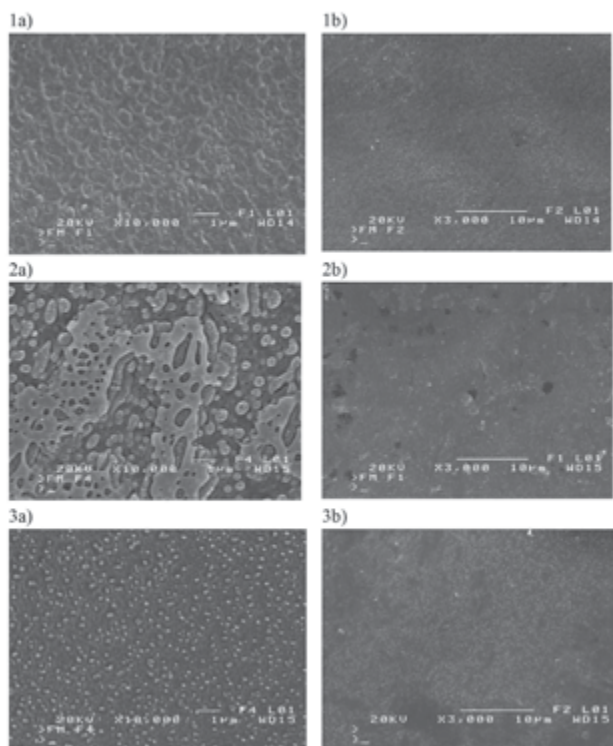
Skład, % mas.	T_g PET, °C	T_{kr} PET, °C	T_g PC, °C
100PET	83,9	115,4	-
90PET/10PC	86,2	126,0	-
80PET/20PC	87,7	123,9	-
70PET/30PC	86,5	120,4	135,1
60PET/40PC	83,9	-	132,2
50PET/50PC	85,3	-	136,2
40PET/60PC	81,5	-	138,1
30PET/70PC	-	-	140,0
20PET/80PC	-	-	141,4
10PET/90PC	-	-	143,5
100PC	-	-	143,5

ich temperatury zeszczenia, co mogło świadczyć o lepszej mieszalności polimerów przy porównywalnych udziałach w mieszaninie. Stwierdzono, że charakterystyczną temperaturę przemiany T_g PC obserwowano w mieszaninach dopiero przy jego udziale 30% mas. i większym. Charakterystyczna temperatura przemiany T_g PET była widoczna dla mieszanin zawierających 40% mas. i więcej tego składnika. Przy udziale PET 30% mas. i mniej w układzie obserwowano wyraźny sygnał tylko dla T_g PC (rys. 2e).

Na rys. 3 przedstawiono obrazy SEM struktury morfologicznej, w powiększeniach $\times 10\ 000$ i $\times 3000$, przełomów próbek układów PET/PC zawierających 30, 50 i 70% mas. PC w mieszaninie. W układach (30 i 70% mas. PC), w których dominował jeden ze składników mieszaniny (rys. 3.1 i 3.3), obserwowano jednolite zdyspergowanie cząstek jednego polimeru (fazy rozproszonej) w matrycy (fazie ciągłej) drugiego polimeru. Porównując te obrazy, stwierdzono jednak różny charakter struktury tych mieszanin i ze względu na duży stopień zdyspergowania trudno było



Rys. 2. Termogramy DMTA: a) odpadowy PET z butelek, b) odpadowy PC z CD, c) 70PET/30PC, d) 50PET/50PC, e) 30PET/70PC



Rys. 3. Obrazy SEM mieszanin PET/PC w powiększeniu a) $\times 10\,000$, b) $\times 3000$; 1) 70PET/30PC, 2) 50PET/50PC, 3) 30PET/70PC

jednoznacznie ocenić, który polimer stanowi fazę rozproszoną, a który fazę ciągłą. Średnica cząstek w układzie 30% mas. PC (rys. 3.1) w mieszaninie nie przekraczała $0,5\ \mu\text{m}$, a w układzie

70% mas. PC $0,1\ \mu\text{m}$ (rys. 3.3). Świadczy to o bardzo dużym stopniu dyspersji jednego polimeru w drugim, co potwierdza dobrą mieszalność obu polimerów. Lepszy stopień zdyspergowania obserwowano w układzie, w którym dominował PC. W przypadku kompozycji zawierającej 50% mas. PC (rys. 3.2) trudno było jednoznacznie zdefiniować fazę ciągłą i fazę rozproszoną. Struktura przyjmowała charakter przenikających się faz. W układzie tym obserwowano jednolite rozproszenie jednego polimeru w fazie drugiego polimeru. Średnica wydzieliń jednego polimeru w drugim była bardzo zróżnicowana. Przedstawione obrazy świadczą o dobrym zdyspergowaniu polimerów w mieszaninie, a brak jednoznacznej oceny fazy ciągłej i rozproszonej świadczy o dobrej mieszalności obu tych polimerów w szerokim zakresie składów.

W tabeli 3 zamieszczono wyniki badań właściwości fizyko-mechaniczno-reologicznych (gęstość, chłonność wody, temp. mięknienia Vicata, twardość i lepkość w temperaturze przetworstwa) dla układów PET/PC oraz dla PET i PC. W celu określenia właściwości użytkowych zbadano również układy z udziałem 5% mas. PET w PC i 5% mas. PC w PET, traktując te udziały jako zanieczyszczenia. Gęstość próbek o mniejszej zawartości PC w mieszaninie była zbliżona do gęstości PET i wynosiła $1,32\ \text{g}/\text{cm}^3$, a dla próbek o znaczącej przewadze PC była porównywalna z PC ($1,23\ \text{g}/\text{cm}^3$). Dodatek 5% mas. PC do PET i odwrotnie nie wpływał na zmianę gęstości wyjściowych polimerów. Wraz ze wzrostem udziału PC w PET następował nieznaczny wzrost twardości mieszanin PET/PC, od wartości 76°ShD dla PET do 80°ShD dla PC. W przypadku badań chłonności wody największą chłonność wykazywał czysty PET ($0,53\%$), a najmniejszą czysty PC ($0,19\%$). Mieszaniny o większej zawartości PET charakteryzowały się wyższą chłonnością wody w porównaniu z próbkami, ▶

REKLAMA

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

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

DAJEMY
DRUGIE
ŻYCIE
ŚMIECIOM

Recovery Green Recycling Surowce Sp. z o.o.

ul. Kościuszki 227, 40-950 Katowice
+48 530 371 385, biuro@rgr.zone

www.rgr.zone

Tabela 3. Właściwości fizykomechaniczne (gęstość, temperatura mięknięcia wg Vicata, twardość, chłonność wody, lepkość) mieszanin PET/PC oraz PET i PC

Skład, % mas.	Gęstość, g/cm ³	Temperatura mięknięcia Vicata, °C	Twardość Shore'a, °ShD	Chłonność wody po 30 dniach, %	Lepkość 270°C, Pa·s
100PET	1,32	81,5	76	0,53	61,1
95PET/5PC	1,34	80,5	78	0,48	73,7
90PET/10PC	1,33	80,3	79	0,48	87,4
80PET/20PC	1,35	84,6	79	0,47	86,5
70PET/30PC	1,27	87,2	79	0,46	62,9
60PET/40PC	1,29	95,2	80	0,42	76,1
50PET/50PC	1,28	135,2	80	0,41	64,8
40PET/60PC	1,24	137,0	79	0,42	59,8
30PET/70PC	1,25	138,0	79	0,39	83,8
20PET/80PC	1,24	139,8	79	0,41	141,3
10PET/90PC	1,23	140,2	80	0,40	161,4
5PET/95PC	1,23	145,2	79	0,36	211,6
100PC	1,23	145,0	80	0,19	249,1

Tabela 4. Właściwości mechaniczne mieszanin PET/PC oraz PET i PC (wytrzymałość na rozciąganie σ_M i zginanie σ_{fM} , wydłużenie przy zerwaniu ϵ_B , moduł sprężystości przy rozciąganiu E_t i zginaniu E_f , udarność); odchylenie standardowe nie przekracza 5%

Skład, % mas.	σ_M , MPa	ϵ_B , %	E_t , MPa	σ_{fM} , MPa	E_f , MPa	Udarność bez karbu, kJ/m ²
100PET	54,2	5,6	1490	81,0	2264	nie pęka
95PET/5PC	57,5	270	1650	84,3	2336	nie pęka
90PET/10PC	60,0	365	1522	86,6	2386	nie pęka
80PET/20PC	59,0	39,6	1469	90,1	2450	nie pęka
70PET/30PC	61,4	36,6	1599	91,9	2481	64,1
60PET/40PC	62,4	5,4	1699	95,5	2528	42,5
50PET/50PC	50,0	3,6	1807	95,5	2481	28,0
40PET/60PC	40,5	2,9	1847	74,4	2515	19,0
30PET/70PC	23,2	1,5	1844	41,1	2588	19,5
20PET/80PC	24,3	1,6	1759	38,3	2527	14,2
10PET/90PC	26,3	1,5	1330	36,8	2425	13,3
5PET/95PC	34,5	2,7	1546	64,0	2389	15,4
100PC	37,2	3,3	1503	67,9	2371	14,8

w których przeważał PC. Temperatura mięknięcia wg Vicata dla ET wynosiła 81,5°C i była w obszarze temperatury zeszklenia PET. Wraz ze wzrostem udziału PC w mieszaninie, temperatura mięknięcia wg Vicata rosła od 80°C do 145°C, wartości zbliżonej do temperatury zeszklenia poliwęglanu. Ma to związek z wyraźną dominacją jednego ze składników (PET lub PC). Przy zwiększeniu zawartości PC w mieszaninie z 40 do 50% nastąpił znaczny wzrost temperatury mięknięcia z 95°C do 135°C, zbliżając się przy dalszym wzroście udziału do poziomu PC. Badania te wykazały, że mieszaniny PET/PC w porównaniu z PET, przy odpowiednio dobranym składzie wykazywały lepszą odporność termiczną, co ma istotne znaczenie dla materiałów użytkowych. W przypadku układu o zawartości 5% mas. PC temperatura mięknięcia Vicata była zbliżona do temperatury dla PET. Analogicznie dla układu zawierającego 5% mas. PET była zbliżona do temperatury czystego PC. Wartości lepkości mieszanin PET/PC zmierzone w 270°C (tab. 3) są istotnymi informacjami technologicznymi dla procesów ich przetwarzania. Wyniki badań wykazały znaczną różnicę lepkości dla PET i PC, która miała tendencję wzrostową wraz ze zwiększającym się udziałem PC w mieszaninie, od wartości wynoszącej ok. 60 Pa·s dla PET do wartości ok. 250 Pa·s dla PC. Zwiększenie lepkości układów PET z dodatkiem PC ma

istotne znaczenie technologiczne. Może to znacznie rozszerzyć metody przeformowania PET w związku z większą lepkością stopu, np. przeformowanie takich mieszanin metodą wytłaczania z rozdmuchem, co dla samego PET jest utrudnione ze względu na jego zbyt małą lepkość [9].

W tabeli 4 zamieszczono wyniki badań właściwości mechanicznych odpadowego PET i PC, mieszanin PET/PC oraz układów z dodatkiem 5% mas. jednego polimeru do drugiego. Przedstawiono właściwości mechaniczne, takie jak wytrzymałość na rozciąganie σ_M i zginanie σ_{fM} , wydłużenie względne przy zerwaniu ϵ_B , moduł sprężystości przy rozciąganiu E_t i zginaniu E_f oraz udarność. Przy dominacji jednego z polimerów (5–50% mas.) parametry mechaniczne σ_M i σ_{fM} w poszczególnych układach były zbliżone do parametrów polimeru stanowiącego matrycę, przy czym dla mieszanin z dominującym udziałem PET oba te parametry były wyższe niż dla PET (σ_M 54 MPa, σ_{fM} 81 MPa) średnio o 10%, a w przypadku dominacji PC obserwowano spadek tych parametrów nawet o więcej niż 10% w porównaniu z PC (σ_M 37 MPa, σ_{fM} 67 MPa). Czysty PET charakteryzował się wysokim stopniem krystaliczności (tab. 1), stąd jego wydłużenie było na poziomie kilku procent. Niewielka ilość PC w PET (5–30%) powodowała wzrost ϵ_B , układy te wykazywały też większą amorficzność PET.

Im większa była zawartość PC, tym próbki stawały się bardziej kruche (obserwowano znaczny spadek ϵ_B) i łamały się przy badaniu udarności. We wszystkich badanych układach PET/PC moduły E_t i E_r wykazywały porównywalny lub niewielki wzrost tego parametru w odniesieniu do wyjściowych polimerów (dla PET E_t 1490 MPa, E_r 2264 MPa; dla PC E_t 1503 MPa, E_r 2371 MPa). W badaniach udarnościowych brak złamania występował w próbkach o niewielkiej zawartości PC w mieszaninie (5, 10 i 20% mas.) oraz w czystym PET. Próbki układów zawierające 30–95% mas. PC łamały się podobnie jak czysty PC. W literaturze spotyka się charakterystykę czystego PC, którego udarność cechuje brak złamania [23], a w przypadku przeprowadzonych badań uzyskano wynik odwrotny. Miało to prawdopodobnie związek z tym, że poliwęglan był materiałem odpadowym, którego właściwości mechaniczne mogły różnić się w porównaniu z PC pierwotnym. Dodatkowo ze względu na fakt, że oba polimery PET i PC wymagają odpowiedniego wysuszenia przed procesami przetwórczymi, również niedosuszenie mogło mieć wpływ na pogorszenie parametrów badanych układów. Pojawienie się trudności przetwórczych mieszanin PET/PC związanych z uzyskaniem w procesie wtrysku niejednorodnych kształtek w obrębie jednego układu (próbki były mniej lub bardziej mleczne w wyglądzie, co wiąże się z różnym stopniem krystaliczności PET) może mieć wpływ na właściwości użytkowe badanego materiału.

PODSUMOWANIE

Wykazano, że metodą dwuetapową za pomocą procesu wyłaczania (przy wykorzystaniu współbieżnej wyłaczarki dwuślimakowej) i procesu wtryskiwania (w celu uzyskania kształtek) można wytworzyć mieszaniny PET/PC z odpadowych butelek PET i płyt CD, o ściśle określonych parametrach, charakteryzujące się dobrymi właściwościami użytkowymi, porównywalnymi lub lepszymi w stosunku do polimerów wyjściowych.

Dodatek PC do PET wpływa na obniżenie gęstości i chłonności wody mieszanin wraz ze wzrostem zawartości PC. Dodatek PC do PET wpływa na wzrost twardości kompozycji PET/PC w odniesieniu do wyjściowego PET, jak również znacznie podwyższa temperaturę mięknięcia wg Vicata i wpływa na podwyższenie odporności termicznej, co ma duże znaczenie użytkowe. Śledząc zmiany lepkości w temp. 270°C w zależności od wzrostu zawartości PC w PET, obserwowano wzrost lepkości mieszaniny w temp. 270°C wraz ze wzrostem zawartości PC w PET, co ma duże znaczenie technologiczne z uwagi na pewne ograniczenia stosowania procesów przetwórczych czystego PET, co spowodowane jego zbyt małą lepkością. Przy dominacji jednego z polimerów (5–50% mas.) wytrzymałość na rozciąganie i zginanie w poszczególnych kompozycjach jest zbliżona do wytrzymałości polimeru stanowiącego matrycę. Niewielka ilość PC w PET (5–30% mas.) powoduje wzrost wydłużenia przy zerwaniu. Przy większej zawartości PC próbki stają się bardziej kruche (obserwuje się znaczny spadek wydłużenia) i łamią się podczas badania udarności. We wszystkich badanych układach PET/PC moduły sprężystości przy zginaniu i rozciąganiu wykazują porównywalny lub niewielki wzrost tego parametru w odniesieniu do wyjściowych polimerów. W mieszaninach PET/PC przy dominującym udziale jednego ze składników (do 80% mas.) obserwowano T_g (PC i PET) i T_{gr} (PET) charakterystyczne dla temperatury wyjściowych polimerów, co potwierdza analiza termiczna (DMTA, DSC). Przy udziale 30–70% mas. jednego ze składników w mieszaninie PET/PC zauważono przesunięcia się „ku sobie” temperatur T_g PET i T_g PC. Świadczyć to może o poprawie mieszalności mieszanin w tym zakresie. Potwier-

dają to również badania struktury SEM. Na obrazach SEM mieszanin PC/PET obserwowano dobrą dyspersję jednego polimeru w drugim o średnicy cząstek poniżej 0,5 μm . Świadczy to o bardzo dużym stopniu dyspersji jednego polimeru w drugim, co wpływa na poprawę mieszalności w tych układach. Lepszy stopień zdyspergowania obserwowano w układzie, w którym dominował PC. Dodatek PC do PET powoduje zmniejszenie stopnia krystaliczności PET, co ma wpływ na właściwości uzyskanych mieszanin. Parametry technologiczne przetwórstwa mieszanin PET/PC mają istotne znaczenie dla końcowych właściwości tych układów, ze względu na amorficzno-krystaliczny charakter PET. Właściwości PET w dużej mierze zależą od jego stopnia krystaliczności. W przypadku mieszanin o niewielkim udziale jednego ze składników (5% mas.) dodatek nie wpływa na zmiany parametrów badanych układów (poza wydłużeniem przy zerwaniu, gdzie 5-proc. dodatek PC do PET znacznie je podwyższył). Można przyjąć, że zanieczyszczenie polimerem w takim udziale jest dopuszczalne. Na podstawie wyglądu wytworzonych mieszanin jednoznacznie stwierdzono, że kompozyty te nie będą wykorzystywane do produkcji detali o zabarwieniu białym. Ze względu na użycie polimerów odpadowych kolorystyka jest jasnobrązowa, a próbki wykazują transparentność, która w dużej mierze zależy od stopnia krystaliczności PET.

LITERATURA

- [1] https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20181212_STO21610/odpady-z-tworzyw-sztucznych-i-recykling-w-ue-fakty-i-liczby, dostęp 9 listopada 2021 r. (aktualizacja 1 lipca 2021 r.).
- [2] <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/20191206-Circular-Economy-Study.pdf>.
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/852 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 94/62/WE w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych, Dz. Urz. UE L 150/141.
- [4] D. Czarnecka-Komorowska, K. Wiszumirska, Polimery 2020, 65, nr 1, 8.
- [5] https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20210128_STO96607/jak-ue-chce-osiagnac-gospodarke-obiegu-zamknietydo-2050-r, dostęp 3 lutego 2021 r.
- [6] J. Kijeński, A.K. Błędzki, R. Jeziórska, Odzysk i recykling materiałów polimerowych, WNT, Warszawa 2011.
- [7] E. Klugmann-Radziemska, J. Haponiuk, J. Datta, K. Formela, M. Sienkiewicz, M. Włoch, Nowoczesne technologie recyklingu materiałowego, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2017.
- [8] Praca zbiorowa, Recykling materiałów polimerowych z elektroniki i pojazdów, (red. M. Kozłowski, H. Rydarowski), Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 2012.
- [9] H. Seachtling, Poradnik Tworzywa sztuczne, WNT, Warszawa 2000.
- [10] G. Ehrenstein, Ż. Brocka-Krzemińska, Materiały polimerowe. Struktura, właściwości, zastosowanie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2016.
- [11] W. Królikowski, Polimerowe materiały specjalne, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1998.
- [12] L.A. Utracki, Can. J. Chem. Eng. 2002, 80, 1008.
- [13] W. Ignaczak, K. Wiśniewska, J. Janik, M. El Fray, Pol. J. Chem. Technol. 2015, 3, 78.
- [14] D. Czarnecka-Komorowska, J. Nowak-Grzebyta, K. Gawdzińska O. Misiukiewicz, M. Tomasiak, Polymers 2021, 13, 2385.
- [15] J. Janik, R. Pilawka, K. Goracy, K. Wilpiszewska, B. Schmidt, Przem. Chem. 2013, 92, nr 11, 1984.

[16] Plastics Europe, Plastics – the facts 2020. An analysis of European latest plastics, production, demand and waste data, <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2020>.

[17] K. Kadac, J. Nowaczyk, Przetw. Tworz. 2015, 4, 329.

[18] Zgł. pat. pol. P-378 227 (2006).

[19] J. Janik, J.G. Krala, R. Pilawka, K. Goracy, Przetw. Tworz. 2012, 18, nr 6, 578.

[20] Z kraju i ze świata, Tworz. Sztucz. Przem. 2020, 3, 3.

[21] <https://www.gov.pl/web/zdrowie/informacje-dotyczace-produktowwykorzystywanych-podczas-zwalczania-covid-19>, dostęp 2 kwietnia 2021 r.

[22] D. Kupka, Środki ochrony narządu wzroku, Państwowa Inspekcja Pracy, Warszawa 2015.

[23] M. Szostak, Arch. Technol. Masz. Autom. 2003, 23, nr 1, 193.

[24] F. Fraisse, V. Verney, S. Commereuc, M. Obadal, Polym. Degrad. Stab. 2005, 90, 250.

[25] S. Mbarek, M. Jaziri, C. Carnot, Polym. Eng. Sci. 2006, 46, nr 10, 1378, DOI: 10.1002/pen.20625.

[26] A. Silkowski, Recykling materiałów. Otrzymywanie mieszanin PET/PC z odpadowych butelek PET i płyt CD, praca magisterska, ZUT w Szczecinie, 2010.

[27] J. Widulińska, Charakterystyka właściwości reologiczno-termicznych mieszanin polimerowych PET/PC – recykling materiałów termoplastów, praca inżynierska, ZUT w Szczecinie, 2013.

[28] J. Janik, Mat. 9. Środkowo-Europejskiej Konferencji „Recykling i odzysk materiałów polimerowych Nauka-Przemysł 2010”, Przemysł-Lwów, 16–19 września 2010 r.

[29] PN-EN ISO 294-1:2017, Tworzywa sztuczne. Wtryskiwanie kształtek do badań z tworzyw termoplastycznych. Cz. 1. Zasady ogólne, formowanie uniwersalnych kształtek do badań i kształtek w postaci beleczek.

[30] PN-EN ISO 62:2008, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie absorpcji wody.

[31] PN-EN ISO 306:2006, Tworzywa sztuczne. Tworzywa termoplastyczne. Oznaczanie temperatury mięknięcia metodą Vicata (VST).

[32] PN-EN ISO 527-1:1998, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości mechanicznych przy statycznym rozciąganiu. Zasady ogólne.

[33] PN-EN ISO 178:1998, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości podczas zginania.

[34] PN-EN ISO 179-2:2001, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie udarności metodą Charpy'ego. Instrumentalne badanie udarności.

[35] PN ISO 868:1998, Tworzywa sztuczne i ebonit. Oznaczanie twardości metodą Shore'a.

Artykuł został zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny”, 2022, T. 101, nr 2, 140-146.

dr inż. Jolanta Janik

dr inż. Beata Schmidt

dr hab. inż. Katarzyna Wilpiszewska

dr inż. Joanna Rokicka

Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny w Szczecinie

REKLAMA

Zapraszamy do odwiedzenia naszego stoiska



Hala A, Stoisko 157

Dwumiesięcznik **Tworzywa Sztuczne**
Przemysł



PLASTPOL


27. Międzynarodowe Targi Przetwórstwa
Tworzyw Sztucznych i Gumy


23-26 / 05 / 2023

Kielce


Nie stój
w kolejce!

**Kup bilet
już dziś!**

 www.plastpol.com

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

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

 [Kanał: Plastpol 4.0.](https://www.youtube.com/channel/UC...)

Na cztery dni targi zmieniają się w fabrykę

Imponujące rozmiary targów PLASTPOL

Maszyny od ponad 500 firm zajmą wszystkie 7 hal wystawienniczych Targów Kielce. Targi przetwórstwa tworzyw sztucznych i gumy PLASTPOL wracają do przedpandemicznej formy. Również po trzech latach do kieleckich targów wracają firmy z Azji. Swoje oferty zaprezentują firmy m. in. z Chin, Tajwanu i Japonii. Ostatnio targi PLASTPOL taką skalę osiągnęły podczas edycji w 2019 roku.

– Zajęliśmy wszystkich 7 hal wystawienniczych, łącznie z ostatnim pawilonem B, co było dla nas miłym zaskoczeniem. Na targach pojawią się firmy z całego świata, choćby z Indii, Turcji, Włoch, Niemiec czy Portugalii, ale też z Azji – mówi dyrektor projektu PLASTPOL, Kamil Perz. – Branża przetwórstwa tworzyw sztucznych w dobie kryzysu nie uniknęła problemów i wynikających z tego zmian. Widzimy, że wiele firm coraz więcej mocy przerobowych kieruje w stronę branży obronnej. Biorąc pod uwagę, że największymi targami organizowanymi w Kielcach jest poświęcony obronności MSPO, na PLASTPOLU obecni będą zarówno wystawcy, jak i odwiedzający z sektora militarnego. Dlatego też targi te dają możliwość przyjrzenia się branży, szukania nowych klientów czy rynków zbytu.

LINIA PRODUKCYJNA I NOWOŚCI

Tegoroczna edycja Targów PLASTPOL zapowiada się jako wydarzenie skupiające w sobie przedstawicieli każdego zakątka świata. Obecnie do targów PLASTPOL zgłoszone jest ponad 500 firm. W Targach Kielce zaprezentują się maszyny i technologie wiodących koncernów. Firmy z branży od 27 lat widzą w targach PLASTPOL ważnych klientów, nowe rynki zbytu i kluczowe kontakty biznesowe. Tak będzie i w tym roku. W Targach Kielce swoje oferty zaprezentują, m. in.: ARBURG, ENGEL, KRAUSS-MAFFEI, WITTMANN, EREMA, BRENNTAG, EXXONMOBIL, MOL GROUP, LYONDELLBASELL, OMYA, JSW, KOCH-TECHNIK, SUMITOMO i wiele innych.

Unikatowym dla targów PLASTPOL jest to, że na cztery dni wydarzenie targowe zmienia się w jedną wielką fabrykę. Każda z maszyn działa, jest obsługiwana przez pracowników firmy i przechodzi przez pełen cykl produkcyjny. To pozwala na zobaczenie maszyn w akcji, co pomaga przy podjęciu decyzji, ale też stanowi niemałą atrakcję dla zwiedzających. Naturalnie, podczas targów PLASTPOL prezentowane są nowości. Przykładem jest firma ARBURG, która w tym roku zaprezentuje hybrydową maszynę Allrounder 470 H, przygotowaną na 100-lecie firmy. ALLROUNDER 470 H w porównaniu z typową wtryskarką hydrauliczną charakteryzuje się o 50% lepszym bilansem energetycznym i pozwala zaoszczędzić do 12 000 kg CO₂ rocznie. We wtryskarce zastosowano wiele innowacji technicznych, które są dostępne tylko w firmie ARBURG. Dla przykładu, nowa koncepcja zarządzania olejem zmniejsza jego zapotrzebowanie aż o 35%.

WIEDZA MERYTORYCZNA PODCZAS PLASTPOLU

Rok 2023 w branży upłynie pod znakiem zamkniętego obiegu produkcyjnego. Obecna technologia pozwala na stworzenie maszyn operujących praktycznie bezpośrednio na plastiku z odzysku. To ogromna zmiana i dobra wiadomość dla sektora przetwórczego, ponieważ pozwala na całkowitą zmianę myślenia o przetwórstwie tworzyw sztucznych.

Potwierdzają to analizy ogólnoświatowych instytucji działających w tej branży. „Przemysł tworzyw sztucznych nieustannie rozwija nowe technologie, które usprawniają proces produkcyjny,



obejmując więcej materiałów pochodzących z recyklingu, mniej materiałów, projekty umożliwiające recykling i lepszą wydajność w celu lepszej ochrony żywności i napojów, znacznie zmniejszając ilość odpadów” – mówi Matt Seaholm, prezes organizacji Plastics Industry Association.

Swoją wiedzę podzielą się także włoscy przedstawiciele branży. Uczestnicy targów Plastpol będą mogli wziąć udział w seminarium dotyczącym perspektyw czekających na włoski przemysł przetwórstwa tworzyw sztucznych. Co istotne, zgodnie z danymi firmy Amoplast, Polska jest trzecim rynkiem dla włoskiej branży przetwórczej, co stawia ten kraj wyżej, niż m.in. Chiny.

Tak jak od wielu lat wydarzeniem towarzyszącym 27. edycji Targów PLASTPOL w Kielcach będzie Seminarium Techniczne PLASTECH INFO. Odbędzie się ono w drugim dniu Targów 24 maja. Motywem przewodnim będzie hasło „Zaawansowane materiały polimerowe – technologie, przetwórstwo, aplikacje”.

Podczas PLASTPOLU 2023 roczny raport branżowy przedstawi Fundacja PlasticsEurope Polska. Dodatkowo, wspólnie z Fundacją dwie konferencje organizuje Klaster Gospodarki Odpadowej i Recyklingu – Krajowy Klaster Kluczowy. Tematami spotkań będą „Koalicja na rzecz recyklingu tworzyw sztucznych” oraz „Cyrkularne surowce i produkty”.

Więcej informacji znajdziecie Państwo na: www.plastpol.com oraz na Profilu LinkedIn: <https://www.linkedin.com/showcase/plastpolfair>

**XXVII Międzynarodowe Targi Przetwórstwa
Tworzyw Sztucznych i Gumi PLASTPOL
odbędą się 23–26 maja 2023 w Targach Kielce.**

Targi Kielce S.A.

4-5 października 2023, EXPO KRAKÓW

**KOMPOZYT
EXPO®**

12. Międzynarodowe Targi Materiałów,
Technologii i Wyrobów Kompozytowych



**ZAREZERWUJ STOISKO W NIŻSZEJ CENIE
TYLKO DO KOŃCA MAJA!**




Targi
w Krakowie

EXPO
KRAKOW

www.kompozyt-expo.pl



ZAPRASZAMY NA TARGI PLASTPOL HALA F | STOISKO F-8



**SPECJALNA OFERTA CENOWA
tylko na targach PLASTPOL**

Wtryskarki **ELEKTRYCZNE**
Wtryskarki **Hydrauliczne**
Wtryskarki **Hybrydowe**