

Tworzywa Sztuczne Przemysle

ISSN 2082-6877

DWUMIESIĘCZNIK

TWORZYWA POLIMEROWE W NAUCE I PRAKTYCE

Wesołych Świąt!

B/STAR

bridge
polymers

Bi
Wrocław

nuzap

ILLION

Plastoplan
Tworzywa

moldmaker.eu

PROORGANIKA

RB
rolbatch
DR. LAABS

///XPERTS
UKŁADY PLASTYFIKUJĄCE

R4m

YUDO

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.



SPIS TREŚCI

LISTOPAD, GRUDZIEŃ 2023 r.

TWORZYWA

- 4** Zastosowanie nowoczesnych tworzyw sztucznych do budowy wysokoobrotowych maszyn przepływowych
- 8** Mosty z kompozytów termoplastycznych powstałych z recyklingu tworzyw sztucznych
- 16** Zastosowanie polimerów jako mediów ściernych w obróbce przetłoczno-ścierniej
- 20** Jaką metodę palności wybrać?
- 28** Wpływ udziału kwasu bursztynowego na proces otrzymywania i właściwości elastomerów estrowych zawierających alkohol cukrowy

MASZYNY I URZĄDZENIA

- 32** Kriogeniczne rozdrabnianie jako pierwszy krok w recyklingu odpadowych kabli żelowych
- 38** Urządzenia do recyklingu w ofercie ELBI-Wrocław
- 40** Wpływ struktury geometrycznej powierzchni gniazda formy na właściwości i stan powierzchni wyprasek
- 46** Prognozy krótkoterminowe dla branży...
- 48** Zjednoczony, konkurencyjny i cyrkularny – taki powinien być przemysł tworzyw sztucznych według uczestników Plastics Industry Meeting 2023
- 50** PLASTPOL 2024. Nowe technologie, maszyny, linie produkcyjne i granulaty

SYSTEMY GK

- 52** Rozwiązania systemów gorącokanałowych
- 54** Wadim Plast – polskie systemy gorącokanałowe
- 56** Optymalizacja procesów produkcyjnych przy zastosowaniu systemów gorącokanałowych iHR Solution
- 58** Systemy gorącokanałowe – przegląd rozwiązań wybranych firm

PORADNIK PRZETWÓRSTWA WTRYSKOWEGO

- 60** Bezprzewodowe liczniki cykli
- 62** Optymalizacja kształtu wypraski poprzez analizę rozkładu temperatury na powierzchni wypraski z wykorzystaniem pomiarów termowizyjnych
- 65** Formy wtryskowe i ich budowa na podstawie doświadczeń Biura Konstrukcyjnego 3D Mold
- 70** HAIDLMAIR – formy wtryskowe zapewniające wyższą wydajność
- 72** Rozwój – nasz kolejny krok w przyszłość! Newborn Plastic
- 73** Formowanie wtryskowe pod lupą – materiały i proces produkcji
- 75** Poradnik przetwórcy tworzyw, czyli 7 etapów planowania procesu wtrysku. Proces wtrysku – od czego zacząć przygodę? Wyzwania i kluczowe kroki. Część I

WYDARZENIA

- 78** Podsumowanie 12. Międzynarodowych Targów Materiałów, Technologii i Wyrobów Kompozytowych KOMPOZYT-EXPO®
- 79** Liderzy przemysłu i innowacje branży tworzyw sztucznych. Odwiedź Warsaw Plast Expo

Tworzywa Sztuczne
Przemysłu

www.tworzywasztuczne.biz

Redaktor naczelna

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

Dyrektor marketingu i reklamy

Katarzyna Mazur
katarzyna.mazur@tworzywasztuczne.biz
tel. kom. 797 125 417

Dział prenumeraty

prenumerata@tworzywasztuczne.biz

Wydawca

Media Tech s.c.
mediatech@tworzywasztuczne.biz

Adres redakcji

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

www.tworzywasztuczne.biz

Rada Programowa

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

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

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

Zastosowanie nowoczesnych tworzyw sztucznych do budowy wysokoobrotowych maszyn przepływowych

Grzegorz Żywica, Tomasz Z. Kaczmarczyk, Eugeniusz Ihnatowicz

Intensywny rozwój nauki i techniki umożliwił w ostatnich dekadach opracowanie wielu nowych rozwiązań materiałowych, przewyższających swoimi właściwościami wcześniej stosowane materiały konstrukcyjne i funkcjonalne. Jest to szczególnie widoczne w przypadku tworzyw sztucznych, z których coraz częściej wykonywane są części dotychczas produkowane wyłącznie ze stopów metali.

O ile wcześniej wybrane tworzywa sztuczne były wykorzystywane na lekko obciążone części maszyn [1], to ostatnio z powodzeniem są one stosowane również na bardziej odpowiedzialne podzespoły [2, 3] oraz powłoki ochronne pracujące w trudnych warunkach [4]. Świadczy o tym chociażby coraz szersze zastosowanie tworzyw sztucznych w branży samochodowej i lotnictwie [5, 6].

Takie materiały pozwalają obniżyć masę pojazdów i statków powietrznych oraz ułatwiają tłumienie niepożądanych drgań oraz hałasu [6]. Oprócz elementów karoserii, zawieszenia oraz wyposażenia wnętrza pojazdów, odpowiednio dobrane tworzywa sztuczne są stosowane również w obrębie komory silnikowej [7].

Omawiając nowe zastosowania tworzyw sztucznych, warto wspomnieć o technikach szybkiego prototypowania [8], wykorzystujących drukarkę 3D, które w dużej mierze opierają się na różnego rodzaju materiałach polimerowych.

Rosnące zapotrzebowanie na tworzywa sztuczne wynika z ich licznych zalet, z których najważniejsze to: lekkość (mała gęstość właściwa), odporność chemiczna, łatwość formowania i barwienia oraz niska cena. Nowoczesne tworzywa sztuczne, które bardzo często są kompozytami zawierającymi różne dodatki metaliczne i niemetaliczne [6], mogą osiągać bardzo dobre właściwości wytrzymałościowe i długotrwale pracować w podwyższonej temperaturze. Cechy te umożliwiają ich użycie w różnego typu mikroturbinach energetycznych, stosowanych coraz częściej w kogeneracji rozproszonej [9].

W dalszej części artykułu przedstawiono przykład doboru tworzywa sztucznego na wybrane części mikroturbiny parowej, która za pośrednictwem układu ORC (*organic rankine cycle*) będzie współpracowała z kotłem stosowanym w domach jednorodzinnych do celów grzewczych [10]. Ze względu na dość niski poziom temperatury, przy której zazwyczaj pracują mikroturbiny ORC, wykorzystanie do ich budowy odpowiednio dobranych tworzyw sztucznych może być bardzo korzystnym rozwiązaniem.

OKREŚLENIE PARAMETRÓW PRACY

Przy doborze materiałów na części maszyn konieczne jest precyzyjne zdefiniowanie parametrów, w których będą one pracowa-

ły. W omawianym przypadku tworzywa sztuczne będą zastosowane do budowy turbogeneratora pracującego w układzie ORC. Ze względu na wysokie koszty wykonania oraz długi czas obróbki części wchodzących w skład układu łopatkowego mikroturbiny (tj. tarczy wirnikowej i kierownicy), największe korzyści można osiągnąć z wyprodukowania z tworzywa sztucznego właśnie tych elementów. Dobrym rozwiązaniem może być również wytworzenie z nich niektórych elementów korpusu turbogeneratora.

W zaprojektowanym w IMP PAN turbogeneratorsze najbardziej wymagające warunki pracy występują w przypadku układu łopatkowego mikroturbiny. Zgodnie z parametrami pracy zaprojektowanej instalacji ORC para świeża czynnika niskowrzącego jest dostarczana na łopatki turbiny pod ciśnieniem ok. 10 bar i ma temperaturę ok. 150°C. Czynnikiem roboczym obiegu ORC mogą być różne substancje organiczne, takie jak np. metanol, etanol, SES36, HFE-7100, MDM i wiele innych. Ze względu na zakres temperatur roboczych oraz docelowe miejsce pracy instalacji (domy jednorodzinne) czynniki robocze brane pod uwagę w tym przypadku obejmowały jedynie rozpuszczalniki nowej generacji, np. takie jak HFE-7100.

DOSTĘPNE TERMOODPORNE TWORZYWA SZTUCZNE

Z uwagi na docelowe warunki pracy obszar możliwych do zastosowania tworzyw sztucznych został ograniczony do takich materiałów, które mogą być stale użytkowane w temperaturze wynoszącej co najmniej 150°C. Maksymalna temperatura długotrwałego użytkowania większości wysokotemperaturowych tworzyw sztucznych wynosi ok. 120°C. Przy wyższych temperaturach mogą one pracować tylko krótkookresowo.

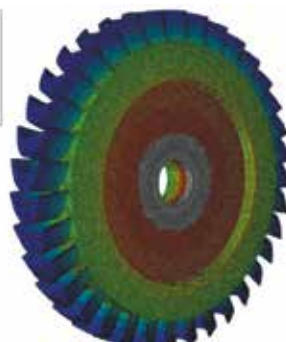
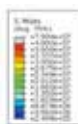
Tabela 1. Zestawienie wybranych wysokotemperaturowych tworzyw sztucznych

| Oznaczenie | Nazwa | Temperatura użytkowania °C | Temperatura chwilowa °C |
|------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| PTFE | Teflon | 260 | 290 |
| PEEK | Polieteroketon | 250 | 310 |
| PVDF | Polifluorek winylidenu | 150 | 150 |
| PPS | Polisarczek fenylenu | 240 | 270 |
| PFA | Polimer perfluoroalkoksydowy | 150 | 240 |
| PSU | Polisulfon | 150 | 180 |

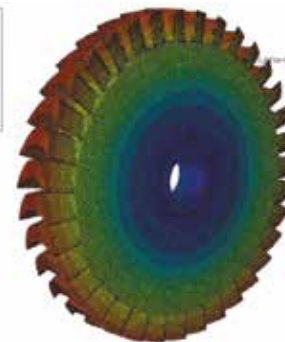
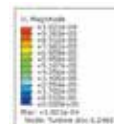
Rys. 1.
Trójwymiarowa geometria tarczy wirnikowej mikroturbiny



Rys. 2.
Naprężenia w tarczy wirnikowej przy prędkości nominalnej



Rys. 3. Przemieszczenia w tarczy wirnikowej przy prędkości nominalnej



W tabeli 1 zestawiono kilka wybranych tworzyw sztucznych łatwo dostępnych na rynku, dla których długotrwała temperatura użytkowania wynosi co najmniej 150°C.

Zgodnie z zestawieniem niektóre materiały mogą być długotrwale użytkowane w temperaturze przekraczającej nawet 200°C (PTFE, PEEK, PPS). Powyżej tej temperatury dopuszczalna jest również chwilowa praca elementów wykonanych z materiału o oznaczeniu PFA.

KRYTERIA DOBORU MATERIAŁU

Oprócz odporności na działanie wysokich temperatur materiały wykorzystywane na części maszyn muszą spełniać szereg innych wymagań, które zależą od parametrów użytkowych. W przypadku materiałów stosowanych na tarczy wirnikowej mikroturbin duże znaczenie mają również właściwości wytrzymałościowe oraz rozszerzalność cieplna.

Rozszerzalność cieplna jest w tym przypadku istotna ze względu na konieczność zachowania przez łopatki turbiny złożonych kształtów i tolerancji wymiarowych oraz wymagane bardzo małe luzy nadłopatkowe. Oczywistym wymogiem jest również odporność chemiczna na działanie czynników roboczych. Materiał służący do wykonania układu łopatkowego powinien odznaczać się także dobrymi właściwościami technologicznymi. Najważniejsze kryteria, które uwzględniono przy wyborze tworzywa sztucznego na tarczę wirnikową, to:

- odporność termiczna,
- kompatybilność chemiczna,
- właściwości wytrzymałościowe,
- rozszerzalność cieplna,
- właściwości technologiczne (np. dobra skrawalność),
- odporność na erozję spowodowaną przepływem,
- lekkość (mała gęstość właściwa),
- cena i dostępność materiału.

Na podstawie tak określonych kryteriów wybrano trzy tworzywa sztuczne, które zostały poddane dalszej analizie. Dla wytypowanych tworzyw zostały przeprowadzone własne badania odporności chemicznej oraz sprawdzono wytrzymałość na rozciąganie po długotrwałym kontakcie z czynnikami roboczymi.

SPRAWDZAJĄCA ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA

Kolejnym etapem selekcji materiału na tarczę wirnikową mikroturbiny ORC było przeprowadzenie analiz wytrzymałościowych. Celem tych analiz było przede wszystkim sprawdzenie maksymalnych naprężeń i odkształceń tarczy oraz przemieszczeń końców łopatek. Analiza wytrzymałościowa została wykonana tylko dla tworzyw, które spełniły wszystkie wcześniej omówione kryteria oraz pomyślnie przeszły samodzielnie przeprowadzone badania odporności chemicznej na działanie czynników niskowrzących.

Geometria tarczy wirnikowej została opracowana za pomocą parametrycznego programu typu CAD. W modelu uwzględniono trójwymiarową geometrię łopatek turbiny, która została zoptyma-

lizowana z wykorzystaniem technik CFD, pod kątem uzyskania maksymalnej sprawności przepływowej.

Średnica tarczy wynosiła fi 36 mm, a wysokość łopatki była równa 3 mm. Nominalna prędkość obrotowa wirnika turbogeneratora wynosiła 100 000 obr/min. Z jednej strony tarczy wykonane było podtoczenie, a w osi tarczy znajdował się otwór przelotowy (rys. 1).

Ze względu na wstępny charakter obliczeń do dyskretyzacji modelu zastosowano czworościenne elementy skończone. Model MES tarczy wirnikowej składał się łącznie z 686 000 elementów skończonych. Tarcza była utwierdzona w środkowym otworze, przy czym na powierzchni walcowej ograniczono przemieszczenia w kierunku promieniowym, a na jednej krawędzi otworu po gładkiej stronie tarczy zablokowano przemieszczenia w kierunku osiowym. Podczas obliczeń uwzględniono siłę odśrodkową działającą na tarczę wirnikową przy prędkości nominalnej. Wyniki obliczeń wytrzymałościowych w postaci rozkładów naprężeń zredukowanych oraz rozkładu przemieszczeń zostały przedstawione na rys. 2 i 3.

Wyniki obliczeń symulacyjnych wykazały, że w pewnych obszarach tarczy wirnikowej przekroczone zostały naprężenia dopuszczalne, które dla analizowanego materiału zostały określone na poziomie 40 MPa. Obszar ten jest zaznaczony na rys. 2 kolorem szarym.

Przekroczenie naprężeń dopuszczalnych występowało tylko po jednej stronie tarczy, po której wykonane było podtoczenie. W pozostałych częściach tarczy wirnikowej uzyskane naprężenia zredukowane nie przekraczały naprężeń dopuszczalnych. Można więc założyć, że po likwidacji podtoczenia tarczy oraz lepszym, precyzyjniejszym odwzorowaniu utwierdzenia naprężenia maksymalne w żadnym jej miejscu nie powinny przekroczyć wartości dopuszczalnych. Potwierdziły to późniejsze obliczenia.

Odnosząc się do uzyskanych rozkładów przemieszczeń (rys. 3), można stwierdzić, że zgodnie z oczekiwaniami maksymalne wartości zostały uzyskane na końcówkach łopatek. Dochodziły one do 102 µm, ale w kierunku promieniowym wynosiły zaledwie 56 µm. Większe przemieszczenie końca łopatki w kierunku osiowym wystąpiło ze względu na niesymetryczność tarczy, spowodowaną jednostronnym podtoczeniem. Był to kolejny argument przemawiający za rezygnacją z podtoczenia w ostatecznej wersji tarczy wirnikowej.

Oszacowana wartość przemieszczenia końca łopatki, spowodowanego samą rozszerzalnością cieplną tworzywa sztucznego, w najgorszym przypadku nie powinna przekraczać 60 µm. Oznacza to, że całkowite przemieszczenie końca łopatki w kierunku promieniowym podczas pracy turbogeneratora nie powinno przekraczać 120 µm. Zważywszy na typowe luzy nadłopatkowe w mikroturbinach osiowych ze stopniem akcyjnym można stwierdzić, że są to wartości akceptowalne.

Wykonane na późniejszym etapie projektowania sprawdzające obliczenia wytrzymałościowe uwzględniały zmienioną geometrię tarczy wirnikowej (m.in. zrezygnowano z jednostronnego podto-

czenia) oraz obciążenia przepływowe i termiczne tarczy wirnikowej uzyskane jako wyniki obliczeń przepływowych z wykorzystaniem oprogramowania CFD.

Wyniki tych obliczeń wykazały, że zarówno naprężenia, jak i przemieszczenia w tarczy wirnikowej były mniejsze niż wykazały to wstępne analizy. Maksymalne naprężenia zredukowane nie przekraczały 20 MPa przy maksymalnych przemieszczeniach promieniowych końca łopatki na poziomie 80 μm . Potwierdziło to możliwość zastosowania wybranego tworzywa sztucznego.

Poza analizą właściwości wytrzymałościowych, za pomocą metody elementów skończonych sprawdzono również właściwości dynamiczne tarczy wirnikowej wykonanej z tworzywa sztucznego. Analiza ta wykazała, że pomimo zastosowania materiału o gorszych właściwościach wytrzymałościowych, tarcza charakteryzowała się bardzo dużą sztywnością.

Pierwsza postać drgań własnych całej tarczy występowała przy częstotliwości powyżej 3000 Hz, a drgania pojedynczych łopatek pojawiały się dopiero przy częstotliwości bliskiej 25 000 Hz. Można więc podsumować, że w analizowanym układzie występuje bardzo małe prawdopodobieństwo wzbudzenia drgań własnych tarczy wirnikowej i jej łopatek podczas pracy turbogenerатора.

Wyniki obliczeń symulacyjnych wykazały, że w pewnych obszarach tarczy wirnikowej przekroczone zostały naprężenia dopuszczalne, które dla analizowanego materiału zostały określone na poziomie 40 MPa. Obszar ten jest zaznaczony na rys. 2 kolorem szarym.

Przekroczenie naprężeń dopuszczalnych występowało tylko po jednej stronie tarczy, po której wykonane było podtoczenie. W pozostałych częściach tarczy wirnikowej uzyskane naprężenia zredukowane nie przekraczały naprężeń dopuszczalnych. Można więc założyć, że po likwidacji podtoczenia tarczy oraz lepszym, precyzyjniejszym odwzorowaniu utwierdzenia naprężenia maksymalne w żadnym jej miejscu nie powinny przekroczyć wartości dopuszczalnych. Potwierdziły to późniejsze obliczenia.

Odnosząc się do uzyskanych rozkładów przemieszczeń (rys. 3), można stwierdzić, że zgodnie z oczekiwaniami maksymalne wartości zostały uzyskane na końcówkach łopatek. Dochodziły one do 102 μm , ale w kierunku promieniowym wynosiły zaledwie 56 μm . Większe przemieszczenie końca łopatki w kierunku osiowym wystąpiło ze względu na niesymetryczność tarczy, spowodowaną jednostronnym podtoczeniem. Był to kolejny argument przemawiający za rezygnacją z podtoczenia w ostatecznej wersji tarczy wirnikowej.

Oszacowana wartość przemieszczenia końca łopatki, spowodowanego samą rozszerzalnością cieplną tworzywa sztucznego, w najgorszym przypadku nie powinna przekraczać 60 μm . Oznacza to, że całkowite przemieszczenie końca łopatki w kierunku promieniowym podczas pracy turbogenerатора nie powinno przekraczać 120 μm . Zważywszy na typowe luzy nadłopatkowe w mikroturbinach osiowych ze stopniem akcyjnym można stwierdzić, że są to wartości akceptowalne.

Wykonane na późniejszym etapie projektowania sprawdzające obliczenia wytrzymałościowe uwzględniały zmienioną geometrię tarczy wirnikowej (m.in. zrezygnowano z jednostronnego podtoczenia) oraz obciążenia przepływowe i termiczne tarczy wirnikowej uzyskane jako wyniki obliczeń przepływowych z wykorzystaniem oprogramowania CFD.

Wyniki tych obliczeń wykazały, że zarówno naprężenia, jak i przemieszczenia w tarczy wirnikowej były mniejsze niż wykazały to wstępne analizy. Maksymalne naprężenia zredukowane nie przekraczały 20 MPa przy maksymalnych przemieszczeniach promieniowych końca łopatki na poziomie 80 μm . Potwierdziło to możliwość zastosowania wybranego tworzywa sztucznego.

PODSUMOWANIE

Omówiono zastosowanie nowoczesnych tworzyw sztucznych do produkcji elementów maszyn przepływowych. Problematyka ta została zaprezentowana na przykładzie wysokoobrotowego turbogenerатора ORC. Możliwość zastosowania tworzyw sztucznych rozważano w odniesieniu do tarczy wirnikowej, jako jednego z najbardziej pracochłonnych i kosztownych elementów.

Przedstawiono parametry pracy tarczy wirnikowej, przykłady wysokotemperaturowych tworzyw sztucznych oraz wybrane kryteria wyboru tworzywa. W przypadku tarczy wirnikowej najważniejszymi kryteriami były: odporność termiczna i chemiczna oraz właściwości wytrzymałościowe. Istotne były również mała rozszerzalność cieplna oraz gęstość materiału.

Przedstawiono przykład analizy wytrzymałościowej tarczy wirnikowej z tworzywa sztucznego. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że po dostosowaniu konstrukcji tarczy wirnikowej odpowiednio dobrane tworzywa sztuczne będą mogły zastąpić tradycyjne materiały konstrukcyjne.

Artykuł zawiera wyniki prac dofinansowanych przez PARP w ramach projektu nr POIR.02.03.02-22-0009/15, realizowanego przez spółkę SARK z Gdyni we współpracy z IMP PAN w Gdańsku.

LITERATURA

- [1] Matusiak-Szaraniec A., Analiza konstrukcyjna i technologiczna korpusów maszyn i urządzeń technicznych. *Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji*. 27, 2 (2007): s. 121–129.
- [2] Mao K., Langlois P., Hu Z., et al., The wear and thermal mechanical contact behaviour of machine cut polymer gears. *Wear*. 332–333 (2015): s. 822–826.
- [3] Krawczyk J., Stryczek J., Układ hydrauliczny z elementami wykonanymi z tworzyw sztucznych. *Górnictwo Odkrywkowe*. LIV, 3–4 (2013): s. 52–57.
- [4] Żywica G., Bagiński P., Banaszek S., Experimental studies of foil bearing with a sliding coating made of synthetic materials. *Journal of Tribology*. 138 (2016): s. 011301.
- [5] Głowacz J., Kaczmar J.W., Nakonieczny L., Zastosowanie kompozytów polimerowych i tworzyw sztucznych w przemyśle samochodowym. *Mechanik*. 78, 7 (2005).
- [6] Mayer P., Pach J., Zastosowanie nowoczesnych kompozytów polimerowych z włóknami węglowymi i szklanymi w motoryzacji. *Przegląd Mechaniczny*. 9 (2010): s. 30–34.
- [7] Bielefeldt K., Walkowiak J., Papacz W., Wzmocnione tworzywa sztuczne w motoryzacji. *Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów*. 1, 97 (2014): s. 71–80.
- [8] Andrearczyk A., Żywica G., Techniki szybkiego prototypowania w budowie maszyn. *Mechanik*. 89, 7 (2015, CD): s. 13–20.
- [9] Kiciński J., Żywica G., *Steam microturbines in distributed co-generation*. Springer International Publishing, 2014.
- [10] Klonowicz P., Witanowski Ł., Jędrzejewski Ł., A turbine based domestic micro ORC system. *Energy Procedia*. 129 (2017): s. 923–930.

Artykuł został pierwotnie zamieszczony w czasopiśmie „Mechanik” nr 7/2018.

dr hab. inż. Grzegorz Żywica, prof. IMP PAN
dr hab. inż. Tomasz Kaczmarczyk
dr inż. Eugeniusz Ihnatowicz

Instytut Maszyn Przepływowych, Polska Akademia Nauk

Gryfilen[®]

POLYPROPYLENE


**GRUPA
AZOTY**
POLYOLEFINS

POLSKI PRODUKT

| dla liderów przetwórstwa
| na zaawansowanych rynkach



*✦ Zdrowych i wesołych Świąt
oraz szczęśliwego Nowego Roku. ✦*

Mosty z kompozytów termoplastycznych powstałych z recyklingu tworzyw sztucznych

Tomasz Siwowski

Osiągnięcie celów zrównoważonego rozwoju w Unii Europejskiej ma zostać dokonane poprzez implementację różnego typu dokumentów, wśród których jednym z ważniejszych jest Komunikat COM(2014) 398 „Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: program „zero odpadów” dla Europy”. Według jego założeń gospodarka o obiegu zamkniętym (ang. *circular economy*) oznacza wyeliminowanie pojęcia „odpadów” i uznanie, że wszystko ma swoją wartość. Komisja Europejska zwraca uwagę, że wdrożenie gospodarki o obiegu zamkniętym przyniesie ogromne korzyści nie tylko ekologiczne, ale również i ekonomiczne. Ich wartość oszacowano w raporcie Koalicji na rzecz Gospodarki Obiegu Zamkniętego „Reconomy” [1], w którym czytamy, że „firmy są w stanie osiągnąć dodatkowe zyski na poziomie 4,5 biliona dolarów do roku 2030, właśnie dzięki wykorzystywaniu modeli gospodarki obiegu zamkniętego. Jeżeli nie wprowadzimy tej idei w życie, będzie to oznaczało nie tylko marnotrawstwo zasobów, które wyrzucamy jako śmieci, ale także niedostateczne wykorzystanie surowców naturalnych, produktów i środków trwałych”.

Jeden z największych strumieni odpadów na świecie stanowią odpady z tworzyw sztucznych (OTS). Tworzywa sztuczne (czyli popularny plastik) są stosowane w produkcji opakowań, w budownictwie, transporcie, medycynie, sporcie czy przemyśle elektrycznym i elektronicznym. Dzięki niewielkiej gęstości wyroby wytwarzane z tworzyw sztucznych są bardzo lekkie. Ponadto cechują się one doskonałymi właściwościami termo- i elektroizacyjnymi oraz są odporne na działanie czynników powodujących korozję. Łatwo łączą się z innymi materiałami i można im nadać zróżnicowany oraz najbardziej pożądany kształt.

Działem gospodarki o największym potencjale wykorzystania odpadów (w tym OTS) jest sektor budownictwa i produkcji materiałów budowlanych. Szczególnie ważna wydaje się możliwość wykorzystania odpadów w budownictwie przez ponowne ich zastosowanie jako składników do produkcji nowych elementów budowlanych (tzw. recykling). Przedstawienie możliwości recyklingu OTS przez ich wykorzystanie do produkcji elementów budowlanych, służących do budowy obiektów mostowych, jest przedmiotem artykułu.

RECYKLING ODPADÓW Z TWORZYW SZTUCZNYCH

Do tworzyw sztucznych zalicza się sześć podstawowych polimerów: politereftalan etylenu (PET), polietylen o wysokiej gęstości (HDPE), polichlorek winylu (PVC), polietylen o niskiej gęstości (LDPE), polipropylen (PP) i polistyren (PS). Światowa i europejska produkcja wyrobów z tworzyw sztucznych wynosiła w 2020 r. odpowiednio 367 oraz 55 milionów ton. Największym

europejskim odbiorcą tworzyw sztucznych jest przemysł opakowaniowy (40,5%), a drugie miejsce zajmuje przemysł budowlany (20,4%). W związku z tak dużą ilością produkowanych tworzyw sztucznych oraz krótką żywotnością wytwarzanych z nich produktów zagospodarowanie OTS staje się coraz większym wyzwaniem dla poszczególnych społeczeństw i całego świata. Tylko w Europie do oficjalnego strumienia odpadów w 2020 r. trafiło ponad 29 mln ton OTS. Pozytywne jest to, że po raz pierwszy więcej OTS poddano recyklingowi niż składowano na wysypiskach: 34,6% zostało wysłane do zakładów recyklingu, 40% trafiło do procesów odzysku energii, ale 23,4% nadal trafiało na wysypiska śmieci [2].

Recykling OTS jest obecnie droższy niż ich składowanie i spalanie, z wyłączeniem odzysku energii. Jednak w ostatnim czasie w związku z upowszechnianiem się idei gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) obserwuje się intensywny rozwój technologii umożliwiających racjonalne zagospodarowanie OTS z wykorzystaniem recyklingu. Znane i stosowane aktualnie technologie recyklingu OTS to głównie procesy przeróbki mechanicznej (tzw. recykling mechaniczny), obejmujące mycie, rozdrabnianie, suszenie, sortowanie (rozmiarowe, gęstościowe, kolorystyczne) oraz granulowanie. W wyniku recyklingu mechanicznego uzyskuje się rozseparowane granulaty z różnych rodzajów tworzyw, które mogą być wykorzystane w produkcji nowych wyrobów. Zwykle jednak jakość odzyskanych tworzyw sztucznych jest niska i nie nadają się one do wytwarzania produktów o wysokiej jakości. Jest to podstawowa wada recyklingu mechanicznego OTS.

Drugą metodą recyklingu OTS jest tzw. recykling chemiczny. Jego zastosowanie jest szczególnie uzasadnione w przypadku niejednorodnych i zanieczyszczonych OTS. Recykling chemiczny OTS polega na depolimeryzacji łańcuchów polimerowych na monomery bądź inne użyteczne produkty z zastosowaniem procesów chemolizy, hydrolizy, metanolizy, glikolizy, aminolizy, pirolizy, krakingu katalitycznego, zgazowania, czy też hydrotermalnego upłynniania. Niestety koszty inwestycyjne i eksploatacyjne w przypadku technologii recyklingu chemicznego są zazwyczaj znacznie wyższe w porównaniu do technologii recyklingu mechanicznego. Jednak bez zastosowania recyklingu chemicznego OTS nie jest obecnie możliwe osiągnięcie celów GOZ stawianych przez organy UE.

MATERIAŁ I ELEMENTY KONSTRUKCYJNE Z RECYKLINGU OTS

Kompozyt termoplastyczny powstający z recyklingu OTS składa się z matrycy, zbrojenia oraz różnego rodzaju wypełniaczy, modyfikujących końcowe cechy kompozytu. Matrycę stanowi odpowiednio przygotowana mieszanka OTS, najczęściej tzw.

poliolefinów, tj. HDPE, LDPE oraz PP. Jako surowiec są wykorzystywane głównie plastikowe butelki na wodę i mleko, pojemniki na szampony i detergenty, folie i worki opakowaniowe oraz inne plastikowe odpady postkonsumpcyjne i przemysłowe. Zbrojeniem matrycy są różnego typu włókna. Początkowo były to włókna drzewne (np. trociny), obecnie są to pochodzące również z recyklingu włókna szklane w osłonie polipropylenowej lub polistyrenowej. W zależności od przeznaczenia końcowego produktu mieszankę uzupełniają stabilizatory UV i pigmenty, dodawane w celu poprawy jakości i wyglądu produktu, a także środki spieniające, popioły lotne oraz żywice. Ciężar właściwy kompozytów termoplastycznych wynosi ok. 880 kg/m³.

Początkowo stosowano kompozyt z OST z włóknami drzewnymi. Materiał ten nazywano „plastikową tarcicą” (RPL – *recycled plastic lumber*), gdyż jego pierwsze zastosowania miały miejsce w produktach drewnopodobnych, zastępujących tradycyjne deski z drewna [3]. Pierwsze zastosowania RPL miały miejsce w lekko obciążonych konstrukcjach zewnętrznych, takich jak tarasy, pokłady, promenady i doki, w meblach zewnętrznych, takich jak stoły piknikowe, ławki parkowe, w pojemnikach na śmieci itp. Pomimo ogromnego potencjału budowlanego RPL nie był jednak odpowiednim materiałem dla obciążonych konstrukcji ze względu na niską sztywność elementów i tendencję materiału do pełzania pod własnym ciężarem. Ponadto materiał zawierający włókna drzewne był podatny na gnienie i destrukcyjny wpływ insektów. Dalsze badania prowadzone głównie w USA doprowadziły do powstania wzmocnionego termoplastycznego kompozytu drewnianego (RTCL – *reinforced thermoplastic composite lumber*) o wyższym module sprężystości i odporności na pełzanie poprzez dodanie do mieszanek polimerowych składnika (żywicy) o wysokim module sprężystości oraz zbrojenia w postaci włókien szklanych pokrytym polipropylenem [4].

Przełom nastąpił wraz z opatentowaniem pod koniec lat 90. XX w. przez Rutgers University, New Jersey, USA, nowego materiału na bazie OST, nazwanego przez twórców początkowo „termoplastycznym drewnem” (RTT – *recycled thermoplastic timber*), a po kilku latach – wraz z poszerzającym się zakresem stosowania – termoplastycznym kompozytem konstrukcyjnym (RSPC – *reinforced structural plastic composite*). Jest to wzmocniony kompozyt termoplastyczny składający się w 65% z mieszanki polietylenu o wysokiej gęstości (HDPE) zmieszanego z polipropylenem (PP) wraz z 35% dodatkiem z recyklowanych włókien szklanych w osłonach polistyrenowych lub polipropylenowych. Wszystkie składniki pochodzą oczywiście z OST. Naukowcy z Rutgers University znaleźli optymalną ilość włókna szklanego z recyklingu, aby osiągnąć pożądaną sztywność, odpowiednią wytrzymałość oraz odporność na pełzanie końcowych produktów z RSPC. Istotne znaczenie ma proces produkcji elementów, tj. wytłaczanie lub ekstruzja, który pozwala na specjalną orientację włókien szklanych. Końcowy produkt ma sztywność i wytrzymałość jak kompozyt z włóknem szklanym, a jednocześnie elastyczność HDPE [5].

W badaniach laboratoryjnych w Rutgers University wykazano także, że kompozyt RSPC zachowuje swoje bardzo dobre właściwości mechaniczne także w środowisku wilgotnym i jest odporny na większość kwasów i soli. Ponadto nowy materiał ma wysoką odporność na korozję, gnienie i inwazję owadów, co czyni go doskonałym substytutem zniszczonego drewna. Opracowano także specjalne inhibitory zapewniające niepalność elementów z kompozytu RSPC, co wykazano w testach odporności ogniowej. Podstawową wadą kompozytu RSPC jest niejednorodność materiałowa oraz trudne do wiarygodnego określenia właści-

wości mechaniczne, niezbędne do projektowania. Dlatego dla szerszego wdrożenia materiału American Society for Testing and Materials (ASTM) opracowała specjalne metody badawcze dla tego nowego materiału. To upowszechniło dalsze prace badawcze nad tworzeniem i stosowaniem nowego materiału, który można ogólnie nazwać recyklowanym kompozytem termoplastycznym (RTC – *recycled thermoplastic composite*).

Technologia produkcji elementów z RTC polega na recyklingu mechanicznym OST. Pierwszym etapem procesu produkcyjnego jest sortowanie i mycie odpadów. OST są rozdzielane na dwie linie produkcyjne w zależności od rodzaju i tekstury, a następnie odpowiednio myte w celu usunięcia wszystkich zanieczyszczeń, takich jak etykiety i kleje. Drugim etapem procesu jest rozdrabnianie: OST są redukowane do małych strzępów i granulek za pomocą specjalnych maszyn, dostosowanych do rodzaju odpadów. Tak przygotowany materiał jest podgrzewany do temperatury 100/105°C, a następnie chłodzony wodą i umieszczany w oddzielnych zbiornikach, zawierających najczęściej osobno HDPE, LDPE oraz łącznie PET, PP i PS. To rozdzielenie jest konieczne, ponieważ każdy materiał zapewnia odpowiednie cechy produktu końcowego: na przykład LDPE zapewnia wysoką elastyczność i odporność na wilgoć oraz wysoką łatwość przetwarzania, HDPE gwarantuje sztywność i wytrzymałość mechaniczną, a PET zapewnia łatwość barwienia. W zależności od niezbędnych cech końcowego produktu jest opracowywana i badana odpowiednia mieszanka OST. Najbardziej typowa mieszanka OST stosowana do produkcji RTC zawiera w przybliżeniu ok. 45% HDPE, 45% LDPE, 5% PET oraz 5% PP i PS.

Ostatnim etapem produkcji elementu z kompozytu RTC jest wytłaczanie (ekstruzja). Mieszanina OST jest doprowadzana do temperatury 200°C, przepychana przez matrycę o wybranym przekroju poprzecznym i formowana w podłużny produkt końcowy o pożądanym kształcie i profilu. Gotowy, rozgrzany produkt jest chłodzony w wodzie przez 2-3 minuty, a następnie jest naturalnie chłodzony i suszony na regałach. W razie potrzeby przekrój poprzeczny końcowego produktu może być wzmocniony przez umieszczenie w rdzeniu przekroju rurowego elementu stalowego.

Kompozyt RTC był początkowo, tj. pod koniec lat 90. XX w. stosowany głównie do produkcji podkładów kolejowych, a tak-



Rys. 1. Główne elementy systemu Axion's STRUXURE Construction System: a) dźwigar główny - przekrój; b) dźwigar główny - widok z boku; c) podparcie dźwigara na podporze

Tabela 1. Elementy z kompozytów RTC wg amerykańskiego systemu Axion's STRUXURE Construction System

| Rodzaj elementu | Oznaczenie w systemie Axion | Wymiary [mm] | Funkcja w obiekcie mostowym |
|---|-----------------------------|------------------------------|--|
| Elementy podpór mostowych | | | |
| Słup | 12 STRUXURE Piling | fi 307 | słup podpory, pal fundamentu |
| Belka prostokątna | 7x9 STRUXURE Beam | 180 x 230 | stężenie poprzeczne słupów |
| Belka dwuteowa (połączone dwie belki teowe) | 18 STRUXURE I-Beam | 460 x 460 (2 x 307 x 460) | oczek podpory słupowej |
| Deska | 3x12 STRUXURE Plank | 77 x 307 | ścianka zaplecza, skrzydełka |
| Elementy prześł mostowych | | | |
| Belka dwuteowa, (połączone dwie belki teowe) | 18 STRUXURE I-Beam | 460 x 460 (2 x 307 x 460) | dźwigar główny |
| Belka dwuteowa | 12 STRUXURE I-Beam | 307 x 307 | usztywnienie dźwigarów |
| Deska | 3x12 STRUXURE Plank | 77 x 307 | pokład pomostu, stężenie poprzeczne dźwigarów, żebra środków dźwigarów, nakładki dźwigarów |
| Belka prostokątna | 10x10 STRUXURE Beam | 255 x 255 | belka krawędziowa |
| Belka | 7x9 STRUXURE Beam | 180 x 230 | krawężnik |

że w postaci pali i desek w marinach, promenadach czy konstrukcjach oporowych, gdzie okazał się realną alternatywą dla bardziej tradycyjnych materiałów budowlanych, w tym drewna, stali i betonu. Na początku XXI w. jego zastosowanie zostało rozszerzone na obiekty mostowe [5], głównie za sprawą firmy Axion International, New Providence, New Jersey, USA (<https://axions.com>). Firma ta po wykupieniu licencji od Rutgers University opracowała w 2012 wraz z firmą konsultingową Parsons Brinckerhoff katalog „Standard Design Guide for Thermoplastic Bridges”. Katalog zawiera typowe projekty jednoprzęsłowych mostów drogowych o trzech zakresach rozpiętości: 3,0 – 4,5 m, 4,5 – 6,0 m oraz 6,0 – 7,60 m, wykonanych z elementów RTC tworzących Axion's STRUXURE Construction System. System pozwala budować zarówno lekkie kładki dla pieszych, typowe mosty drogowie na pełne obciążenie wg norm amerykańskich, jak również mosty kolejowe o nośności nawet do 120 ton. W tabeli 1 zestawiono podstawowe elementy systemu, z którego powstają zarówno prześła, jak i podpory typowego mostu z RCT. Na rys.1 pokazano główne elementy systemu.

Katalog zawiera również projektowe parametry materiałowe kompozytu RTC, które zaleca uwzględniać przy projektowaniu mostów z elementów systemu. W tabeli 2 podano główne materiałowe parametry projektowe kompozytu RTC wyznaczone wg specjalnych procedur ASTM. Należy zwrócić uwagę na fakt, że graniczna wytrzymałość np. na rozciąganie kompozytu RTC może osiągać ponad 30 MPa, ale tylko mały ułamek tej wytrzymałości (4,2 MPa) jest wykorzystywany w projektowaniu jako naprężenie dopuszczalne w elementach konstrukcji mostu. Wynika to z konieczności kontroli pełzania oraz z konserwatywności związanego z wynikami badań i niejednorodnością materiału. Dlatego przy projektowaniu mostów z kompozytu RTC konieczne jest dokładne zrozumienie właściwości materiału.

MOSTY Z RECYKLOWANYCH KOMPOZYTÓW TERMOPLASTYCZNYCH RTC

Pierwsze mosty z recyklowanych kompozytów termoplastycznych powstały z inicjatywy US Army, która widziała w tym materiale duży potencjał na wydłużenie trwałości typowych mostów

Tabela 2. Materiałowe parametry projektowe kompozytu RTC wg katalogu „Standard Design Guide for Thermoplastic Bridges”

| | |
|--|--|
| Ciężar własny (ASTM D6111) | 8,686 N/m ³ |
| Moduł sprężystości (dla obciążeń krótkotrwałych) (ASTM D6108) | 2400 MPa |
| Wytrzymałość na rozciąganie (w kierunku ekstruzji) (ASTM D638) | 31 MPa |
| Naprężenie dopuszczalne na rozciąganie (w kierunku ekstruzji) | 4,2 MPa |
| Wytrzymałość na ściskanie (w kierunku ekstruzji) (ASTM D695) | 24 MPa |
| Naprężenie dopuszczalne na ściskanie (w kierunku ekstruzji) | 6,89 MPa |
| Wytrzymałość na zginanie (ASTM D6109) | 17,2 MPa |
| Naprężenie dopuszczalne na zginanie | 4,2 MPa |
| Wytrzymałość na ścinanie (ASTM D6109) | 7,58 MPa |
| Naprężenie dopuszczalne na ścinanie | 2,4 MPa |
| Współczynnik rozszerzalności termicznej (ASTM D696) | $\epsilon = 0,00005076/^{\circ}\text{C}$ |

drewnianych, bardzo licznie budowanych na terenach wojskowych [6]. Prototypowa konstrukcja powstała w 1998 r. w Fort Leonard Wood, Missouri, USA. Jest to most o rozpiętości 7,6 m i szerokości całkowitej 8,1 m. Na sześciu belkach stalowych starego mostu z pomostem drewnianym ułożono pokład kompozytowy, składający się z prostokątnych legarów poprzecznych 77 x 307 mm, przykrytych deskami o tym samym przekroju. Na elementy pomostu zużyto blisko 6 ton OTS. Zakłada się 50-letnią trwałość pomostu, a analiza LCCA (ang. *life cycle cost analysis*) wykazała zwrot kosztów związanych z użyciem drogiego kompozytu RTC już po 8 latach.



Rys.2. Pierwszy na świecie most wykonany z kompozytu RTC, New Baltimore, USA

Pierwszym na świecie mostem, którego cały ustrój nośny wykonano z RTC, jest obiekt położony w ciągu drogi leśnej biegnącej wzdłuż Hudson River w mieście New Baltimore, New York, USA (rys.2). Jest to konstrukcja jednoprzęsłowa o rozpiętości 9,1 m i szerokości całkowitej 3,4 m. W wyniku analiz obliczeniowych zdecydowano, że najbardziej efektywnym układem statycznym dla elementów z nowego materiału będzie kratownica typu bowstring z zakrzywionym pasem górnym o smukłości $h/l = 4$. Dwa dźwigary kratownicowe z jezdnią dolną połączone w węzłach poprzecznymi w rozstawie co 1,5 m. Pasy górne i słupki kratownic oraz poprzecznice wykonano jako elementy o przekrojach warstwowych (analogia do konstrukcji drewnianych) z pojedynczych desek kompozytowych o przekroju 51 x 154 mm oraz 51 x 203 mm. Pas dolny dźwigarów ma przekrój kwadratowy o boku 203 mm. Dzięki elastyczności kompozytu RTC wygięcie desek w łuk nie stanowiło większego problemu. Elementy połączone w węzłach za pomocą galwanizowanych blach i śrub stalowych. Ze względu na otwarty typ przęsła ściskany pas górny usztywniono poprzecznie za pomocą zastrzałów przy każdym słupku. W płaszczyźnie kratownicy usztywniono krzyżulcami z prętów stalowych w układzie X. Na most zużyto ok. 5 ton OTS. Most zaprojektowano na obciążenie pojazdem ciężarowym AASHTO H-15 [7].

W 2002 r. wybudowano most drogowy z kompozytu RTC nad rzeką Mullica River w ciągu drogi leśnej w miejscowości Wharton State Forest, New Jersey, USA [7]. Most ma 14,0 m długo-



Rys.3. Ruszt przęsła mostu w Wharton State Forest, USA, wykonany z dwuteowych belek z kompozytu RTC

ści oraz szerokość całkowitą 4,5 m. Ruszt przęsła składa się z dwuteowych belek poprzecznych o wysokości 435 mm oraz podłużnych o wysokości 307 mm, wzajemnie połączonych za pomocą śrub i blach aluminiowych (rys.3). Na ruszcie ułożono deski kompozytowe o przekroju 77 x 307 mm połączone na pióro i wpust. Most ma nośność 36 ton.

W latach 2008 – 2011 US Army zrealizowała program badań, którego celem było zaprojektowanie, budowa, badania i monitoring trzech mostów drogowych (oznaczonych kolejno T-8518, T-8519, T-85-20), zlokalizowanych w Camp Mackall, będącego częścią Fort Bragg w Północnej Karolinie, USA [9]. Mosty miały długości całkowite odpowiednio 11,6 m, 14,0 m i 17,0 m oraz taką samą szerokość użytkową 4,95 m. Wszystkie główne elementy mostów, w tym słupy i oczepy podpór oraz dźwigary główne, a także pomost, wykonano z kompozytu RTC wg systemu Axion's STRUXURE Construction System (rys.4). Pierwszy z mostów jest obiektem trójprzęsłowym o rozpiętościach 3 x 3,7 m. Głównym elementem nośnym mostu są standardowe belki dwuteowe o wysokości i szerokości 460 mm, złożone



Rys.4. Jeden z mostów z kompozytu RTC w Fort Bragg, USA: a) elementy podpór; b) gotowy most

z dwóch kształtowników teowych, połączonych w płaszczyźnie środkowej za pomocą kleju i śrub stalowych. Dźwigary główne stężono poprzecznie nad podporami za pomocą desek o przekroju 77 x 307 mm. Takie same deski zastosowano jako pokład pomostu. Przęsła oparto na podporach słupowych, wykonanych z trzech pali o średnicy 307 mm, stężonych oczepami z belek identycznych jak dźwigary główne mostu. Wszystkie elementy kompozytowe połączone wzajemnie za pomocą metalowych blach, śrub i wkretów ze stali nierdzewnej. Most ma nośność 63,5 tony. Do budowy mostu zużyto 38,7 ton OTS. Most był przedmiotem bardzo szerokich badań, mających na celu kom-



a)



b)



c)

Rys.5. Pierwszy na świecie most kolejowy z kompozytu RTC w Fort Eustis, USA: a) grupy belek dwuteowych; b) ustrój nośny; c) most pod próbnym obciążeniem lokomotywą

Rys.6. Pierwszy most z kompozytów RTC położony w ciągu amerykańskiej sieci dróg publicznych, York, Maine, USA



pleksowe sprawdzenie możliwości zastosowania recyklowanych kompozytów termoplastycznych RTC jako materiału do budowy mostów [10].

Kontynuując swój program badawczy, US Army w 2010 r. zastosowała kompozyt RCT do wymiany dwóch mostów kolejowych, położonych na terenie Fort Eustis, Virginia, USA [11,12]. Są to pierwsze na świecie mosty kolejowe, wykonane z tego nowego materiału. Wszystkie elementy składowe obu mostów (dźwigary główne, podkłady, belki krawędziowe, słupy i oczepy filarów), z wyjątkiem istniejących przyczółków, wykonano z elementów systemu Axion's STRUXURE Construction System. Pierwszy z mostów ma 4 przęsła i całkowitą długość 11,7 m, drugi most ma 8 przęseł i całkowitą długość 25,6 m. Rozpiętości przęsła



a)

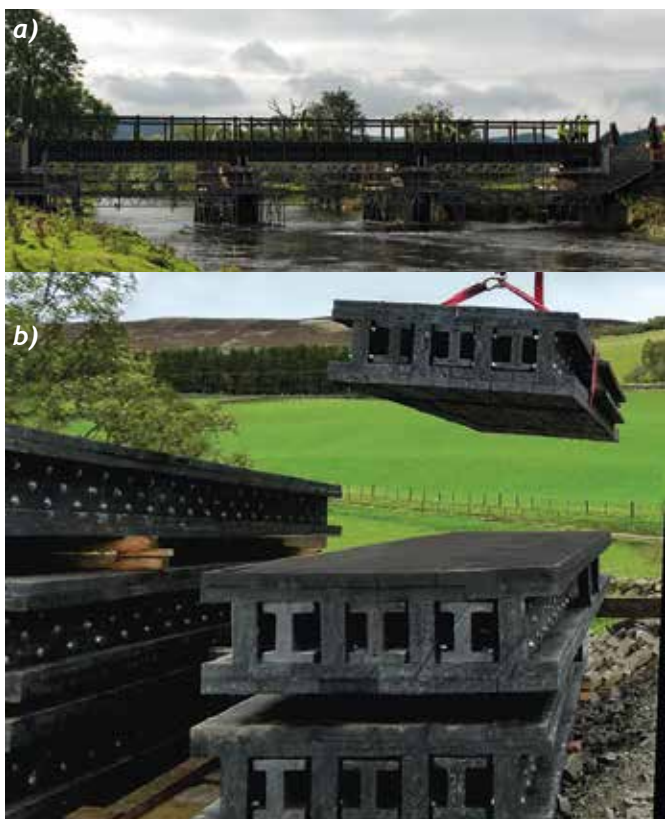


b)

Rys.7. Jednoprzęsłowy most zintegrowany z kompozytu RTC Onion Ditch Bridge, Ohio, USA: a) widok ogólny; b) zoptymalizowane materiałowo deski pomostowe łączone na pióro i wpust

wynoszą od 2,4 do 3,5 m. Przęsła składają się z dwóch grup belek dwuteowych (3 połączone wzajemnie belki), na których ułożono deski pokładu (rys.5a). Każda grupa belek przenosi obciążenia z jednej szyny (rys.5b). Nośność mostów kolejowych z kompozytu RCT wynosi 120 ton (rys.5c).

Most położony w ciągu Birch Hill Road nad rzeką York na zachód od miasta York, Maine, USA, jest pierwszym obiektem z kompozytów RTC, który jest elementem amerykańskiej sieci dróg publicznych [9]. Zbudowany w 2012 r. most zastąpił zbyt wąski przepust żelbetowy. Most ma jedno przęsło o długości 4,6 m i szerokość całkowitą 8,7 m. Wszystkie elementy mostu, tj. dźwigary główne, pomost, wyposażenie, a także elementy przyczółków – słupy, oczepy, ścianki zapleczone oraz skrzydełka, zostały wykonane z elementów systemu Axion's STRUXURE Construction System (rys.6). Most ma nośność 32,5 tony.



Rys.8. Pierwszy europejski most z kompozytu RTC nad rzeką Tweed w Stobo, koło Edynburga: a) widok ogólny; b) elementy przęsła

Kolejny most jednoprzęsłowy o długości 7,6 m, wykonany w 2012 r. w całości (tj. przyczółki i przęsło z wyposażeniem) z kompozytu RTC to Onion Ditch Bridge położony w Logan County, Ohio, USA, również w ciągu drogi publicznej [9]. W tym przypadku zaprojektowano konstrukcję zintegrowaną, w której przęsło połączono na sztywno z przyczółkami (rys.7a). Przyczółki wykonano z 9 pali w rozstawie 1,0 m, do których przymocowano ścianki zapleczone z desek. Na głowicach pali osadzono oczepy z belek dwuteowych, łącząc je z palami za pomocą wkręcanych sworzni stalowych. W obiekcie po raz pierwszy zastosowano nowe, zoptymalizowane materiałowo deski pomostowe o przekroju 154 x 614 mm i długości 5,5 m, łączone wzajemnie na pióro i wpust i przyklejane oraz przykręcane do pasów górnych dźwigarów (rys.7b). Most ma nośność 32,5 tony.

Ostatni ze zbudowanych dotychczas mostów z kompozytu RTC, a zarazem pierwszy zbudowany poza USA oraz najdłuższy z dotychczas wykonanych to Easter Dawyck Bridge, który powstał w 2011 roku nad rzeką Tweed w Stobo, koło Edynburga w Szkocji. Jest to obiekt trójpřęsłowy o długości całkowitej 27,5 m i rozpiętości przęsła 9,1 m (rys.8a). Są to najdłuższe przęsła, jakie dotychczas wykonano z elementów systemu Axion's STRUXURE Construction System. Szerokość całkowita mostu wynosi 3,7 m. W tym przypadku z kompozytu RTC wykonano tylko przęsła wraz z wyposażeniem (rys.8b), wymieniając zużytą konstrukcję z belek stalowych z pomostem drewnianym, a zachowując kamienne podpory z 1888 r. Na konstrukcję przęsła mostu zużyto ok. 50 ton OTS. Most ma nośność 44 tony.

PODSUMOWANIE

Mimo niekwestionowanych zalet tworzyw sztucznych, stanowią one jedną z najbardziej kłopotliwych kategorii odpadów. Dynamiczny wzrost produkcji tworzyw sztucznych od lat pięćdziesiątych XX wieku i zwiększenie skali zastosowania wyrobów

z nich produkowanych doprowadziły do zwiększenia ilości OTS. Tym samym wzrasta ryzyko ich niewłaściwego zagospodarowania oraz negatywnego oddziaływania na środowisko. Większość tworzyw sztucznych po wyrzuceniu trafia na wysypiska śmieci, gdzie mogą zalegać przez setki lat. Niewłaściwa segregacja lub całkowity jej brak, a także skrócenie czasu użytkowania produktów przyczyniają się do generowania ogromnej ilości OTS. Jednym ze sposobów zminimalizowania problemu, jaki stwarzają OTS, jest ich recykling mechaniczny przez ponowne ich zastosowanie jako składników do produkcji nowych elementów budowlanych. Przedstawione w artykule przykłady potwierdzają, że elementy wytwarzane z OTS mogą być z powodzeniem stosowane również do budowy mostów, przez co mostownictwo może się także wpisywać w europejską ideę gospodarki o obiegu zamkniętym.

LITERATURA

- [1] W kierunku gospodarki obiegu zamkniętego. Wyzwania i szanse. Koalicja na rzecz Gospodarki Obiegu Zamkniętego Reconomy, Warszawa 2016.
- [2] Raport Fundacji PlasticsEurope Polska. Branża tworzyw sztucznych 2022.
- [3] Nosker T.J., Lampo R.G., Innovative structural concepts for plastic lumber materials. Proceedings Society of Plastic Engineers, 1996 ANTEC Conference, Indianapolis, May 1996.
- [4] Nosker T.J., Renfree R.W., Recycled plastic lumber: from park benches to bridges. Proceedings of R'2000 5th World Congress, 2000.
- [5] McLaren M.G., Assis G. Nyack W., Introducing the first recycled plastic bridge in the world. Composites Institute's, International Conference Proceedings. CRC Press, 2002.
- [6] Kim J.S., Chandra V., World's first recycled plastic bridges. Proceedings of the 2011 International Conference on Sustainable Design and Construction (ICSDC), Kansas City, Missouri, University of Kansas, March 2011.
- [7] Kim J.S., Chandra V., Nosker T.J., World's first thermoplastic bridges made of recycled plastics. Proceedings of 18th IABSE Congress, Seoul, Korea, September 2012.
- [8] Lampo R.G., Wilcoski J., Nemeth V.B., US Army builds degradation resistant bridges. AMMTIAC Quarterly, no. 5, 2011.
- [9] Nosker T.J., Lynch J.K., Lampo R.G., The utilization of recycled thermoplastic composites for civil and military load bearing applications. Chapter 10. Fiber Reinforced Polymer (FRP) Composites for Infrastructure Applications, Jain R., Lee, L. (Eds.). Springer, Netherlands.
- [10] Diaz-Alvarez H., Picucci J.R., McKenna M.H., Structural response of a recycled thermoplastic lumber bridge under civilian and military loads. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2015; 28(4), 461–478.
- [11] Kim J.S., Chandra V. Nosker T.J., World's first thermoplastic railroad bridges. Proceedings of the AREMA 2010 Annual Conference & Exposition, Orlando, Florida, September 2010.
- [12] Al-Rousan R.Z., Shbeeb N.I., Al-Masri R., Non-linear finite element analysis of thermoplastic railroad bridge. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2016; 29 (6), 850-866.

Artykuł został pierwotnie zamieszczony w czasopiśmie „Mosty” nr 4/2022, s. 25 – 30.

Prof. dr hab. inż. Tomasz Siwowski
Politechnika Rzeszowska



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

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

Zastosowanie polimerów jako mediów ściernych w obróbce przetłoczno-ścierniej

Agnieszka Nowacka, Tomasz Klepka

Obróbka przepływem ściernym AFM (*abrasive flow machining*) jest – ze względu na swą charakterystykę – odpowiednią metodą polerowania złożonych otworów i zakrzywionych powierzchni. W przypadku tradycyjnych metod obróbki strumieniem ściernym trudno jest uzyskać jednolitą chropowatość promieniowego rozkładu podczas polerowania skomplikowanych otworów, co wynika z nierównomiernego rozłożenia sił ściernych. Media ścierna są narzędziami roboczymi odpowiadającymi za polerowanie w procesie AFM. Ze względu na wysoką cenę medium ściernego nie każdy użytkownik może sobie pozwolić na wykorzystanie go do obróbki. Dlatego autorzy opracowali tańsze i skuteczniejsze media ścierna, zapewniające poprawę chropowatości powierzchni elementów wyrobów polimerowych. W artykule omówiono zastosowanie polimerów lepkosprężystych jako mediów do obróbki przetłoczno-ścierniej. Dodatkowo zaproponowano modyfikacje w zakresie ilości i wielkości ziaren ściernych wypełniających medium ścierna, aby zwiększyć wartość siły nacisku ziarna na obrabianą powierzchnię i uzyskać równą powierzchnię złożonych otworów w procesie obróbki AFM.

CHARAKTERYSTYKA OBRÓBKİ PRZETŁOCZNO-ŚCIERNEJ

Obecnie materiały polimerowe są powszechnie używane w wielu różnych dziedzinach techniki. Tworzywa polimerowe coraz częściej zastępują tradycyjne materiały konstrukcyjne, można z nich wykonywać elementy maszyn i mechanizmów lub wykorzystywać je jako materiały funkcjonalne. Rosnące zainteresowanie nowocześniejszymi materiałami polimerowymi powoduje, że informacje naukowe odniesione do specjalistycznej literatury – dotyczące złożonej struktury chemicznej tworzyw oraz możliwości modyfikacji ich cech i właściwości podczas przetwórstwa – mogą być przydatne dla specjalistów z różnych dziedzin nauki i techniki [1].

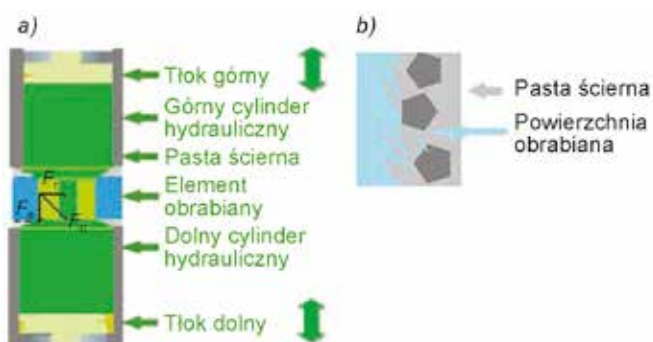
W obróbce przetłoczno-ścierniej wykorzystuje się okształcalne narzędzie ścierna – tzw. elastyczne media, wtłaczane pod

ciśnieniem w celu wykończenia wewnętrznej powierzchni obrabianych otworów [2]. Alternatywą dla standardowego medium, które ma wysoką cenę rynkową, są materiały polimerowe, mogące zapewnić właściwości lepkosprężyste pastom ściernym. Model obróbki oraz rozkład sił składowych podczas procesu AFM przedstawiono na rys. 1.

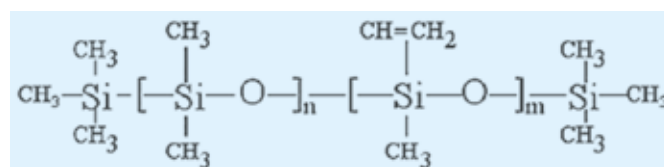
MATERIAŁY I CHARAKTERYSTYKA BADAŃ

Jako materiały polimerowe lepkosprężyste można z powodzeniem stosować usieciowane poli(alkohole winylowe). Medium polimerowe jest w tym przypadku cieczą nienewtonowską i jego lepkość zmienia się w trakcie procesu zależnie od zastosowanego ciśnienia przetłaczania [3]. Pasta ścierna używana w procesie obróbki składa się z elastycznego medium (rys. 2) oraz ziaren ściernych (rys. 3).

Aby uzyskać żądaną jakość obrabianej powierzchni, należy odpowiednio dobrać rodzaj i wielkość ziaren ścierniwa z materiałów polimerowych [4]. W publikacji [5] stwierdzono, że dobierając ziarna do obróbki, należy uwzględnić wielkość nadkładu do usunięcia oraz powierzchnię styku ziarna i obrabianej powierzchni. Jeżeli wielkość ziaren oraz ich koncentracja są za duże w stosunku do objętości medium, wtedy nie jest możliwe uzyskanie



Rys. 1. Istota obróbki przetłoczno-ścierniej: a) przetłaczanie medium przez przedmiot obrabiany (F_a - siła pochodząca od przesuwania pasty przez tłok, F_c - siła pochodząca od lepkosprężystości pasty, F_c - całkowite siła ziarna ściernego, oddziałująca na powierzchnię obrabianą), b) proces mikroskrawania obrabianego przedmiotu

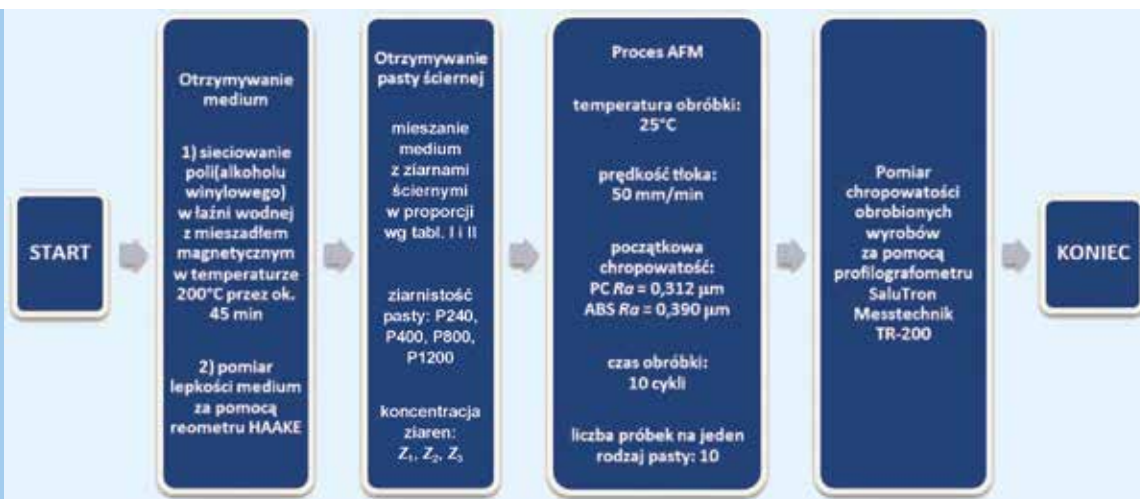


Rys. 2. Skład medium polimerowego silikonowego



Rys. 3. Składniki (a-c) oraz gotowa pasta ścierna (d)

Rys. 4. Procedura przygotowania pasty ścierniej oraz realizacji procesu obróbki przetłoczno-ścierniej wyrobów polimerowych



powierzchni o wysokiej jakości i pozbawionej uszkodzeń [6, 7]. Zasada stosowania większych ziaren w paście ścierniej obowiązuje w przypadku usuwania z obrabianego materiału znacznej ilości nadmiaru oraz w przypadku dużej powierzchni styku ziarna ściernego z obrabianą powierzchnią. Zastosowanie większych ziaren w paście ścierniej stwarza jednak problemy z uzyskaniem odpowiedniej prędkości przepływu oraz ze zużywaniem się ziaren na skutek tarcia wewnątrz objętości masy plastycznej [8]. W przetłaczanej masie plastycznej powstają naprężenia ściskające, powodujące wzrost koncentracji ziaren aktywnych (mających kontakt z obrabianą powierzchnią). Te ziarna są dociskane do obrabianej powierzchni i w efekcie zachodzi proces mikroskrawania [9]. Na podstawie prac [9–11] można sformułować wniosek, że problem doboru wielkości oraz koncentracji ziaren pasty ścierniej w odniesieniu do żądanej jakości wykończenia wyrobów z tworzyw polimerowych nie został opisany wystarczająco szczegółowo. Również ze względu na wysoką cenę medium ściernego stosowanego w obróbce przetłoczno-ścierniej zachodzi potrzeba podjęcia badań nad opracowaniem skutecznych mediów ściernych do obróbki tworzyw polimerowych.

PRZYGOTOWANIE MEDIUM ŚCIERNEGO ORAZ PARAMETRY PROCESU OBRÓBK

Jako obiekty do obróbki wykończeniowej wybrano wyroby wykonane z poliwęglanu (PC) i akrylonitrylo-butadieno-styrenu (ABS). Są to przykładowe elementy uchwytów maszyn.

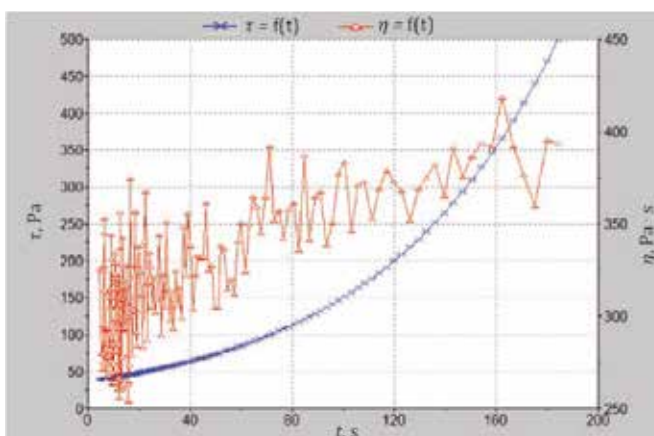
Na rys. 4 przedstawiono procedurę wytwarzania medium oraz prowadzenia procesu obróbki przetłoczno-ścierniej. Lepkość otrzymanego medium zależy od wzrostu wartości naprężenia ścinającego (rys. 5).

Obróbka została zrealizowana na stanowisku zaprojektowanym do wykonywania badań, przedstawionym schematycznie na rys. 6.

Aby określić wpływ wielkości zastosowanych ziaren na jakość obróbki wykończeniowej wyrobów polimerowych, ich powierzchnie wewnętrzne obrabiano z wykorzystaniem 12 polimerowych past ściernych o różnej wielkości ziaren. Ziarnistość materiałów ściernych podano w tabeli 1. Zawartości $Z_1 = 5\%$, $Z_2 = 15\%$ i $Z_3 = 30\%$ wyrażają procentową ilość ziaren ściernych w medium polimerowym. Ziarnistość i zawartość materiału ściernego w badanych pastach polimerowych przedstawiono w tabeli 2. Ziarnistość ścierniwa określono według PN-76/M-59107.

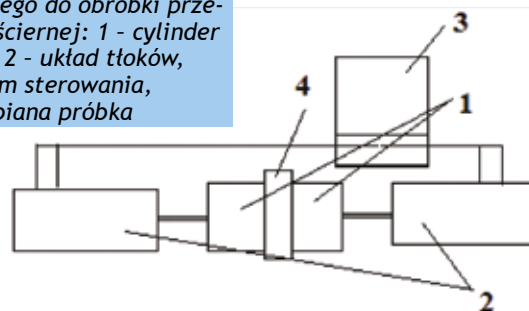
WYNIKI ZASTOSOWANIA MEDIUM POLIMEROWEGO W OBRÓBCE PRZETŁOCZNO-ŚCIERNEJ

Obróbkę powierzchni wyrobu polimerowego z wykorzystaniem każdej pasty wykonano dla 10 próbek. Zestawy danych z badań



Rys. 5. Diagram lepkości medium w zależności od wzrostu naprężenia ścinającego podczas pomiaru

Rys. 6. Schemat stanowiska badawczego do obróbki przetłoczno-ścierniej: 1 - cylinder roboczy, 2 - układ tłoków, 3 - system sterowania, 4 - obrabiana próbka



sprawdzono pod względem normalności za pomocą testu chi-kwadrat. Ponadto za pomocą testu Q-Dixona sprawdzono, czy w zbiorze wyników nie ma błędu grubego.

Zmianę chropowatosci obrabianej powierzchni polimerowej można opisać zależnością w postaci współczynnika RIR (roughness improvement rate) [12]:

$$RIR = \frac{SR_{\text{oryginalny}} - SR_{\text{po obróbce}}}{SR_{\text{po obróbce}}} [\%]$$

gdzie: $SR_{\text{oryginalny}}$ – chropowatość powierzchni (Ra) wyrobu przed obróbką AFM, $SR_{\text{po obróbce}}$ – chropowatość powierzchni (Ra) wyrobu po obróbce AFM.

Obliczone na tej podstawie zmiany chropowatosci po obróbce przetłoczno-ścierniej przedstawiono na rys. 7 i 8.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Analiza wyników pomiarów chropowatosci wyrobów polimerowych potwierdziła, że zastosowanie pasty polimerowej P1200/

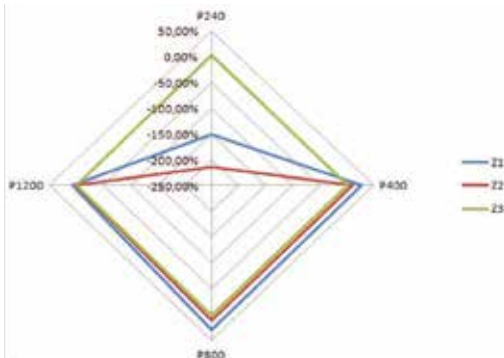
Tabela 1. Ziarnistość materiału ściernego w paście ścierniej polimerowej

| Ziarnistość materiału ściernego | Charakterystyczny wymiar [μm] | |
|---------------------------------|--|---------------|
| | od | do (włącznie) |
| P240 | 60,5 | 56,5 |
| P400 | 36,5 | 33,5 |
| P800 | 22,8 | 20,8 |
| P1200 | 16,3 | 14,3 |

Tabela 2. Rodzaje past polimerowych

| Ziarnistość materiału ściernego | Zawartość ziaren ściernych w paście polimerowej | | |
|---------------------------------|---|----------|----------|
| | Z1 | Z2 | Z3 |
| P240 | P240/Z1 | P240/Z2 | P240/Z3 |
| P400 | P400/Z1 | P400/Z2 | P400/Z3 |
| P800 | P800/Z1 | P800/Z2 | P800/Z3 |
| P1200 | P1200/Z1 | P1200/Z2 | P1200/Z3 |

Rys. 7. Parametry chropowatości polimeru PC po obróbce przetłoczno-ścierniej



Z₃ nie wpłynęło na wyraźną poprawę chropowatości powierzchni.

Po zastosowaniu pasty Z₃ następowało wprawdzie znaczne zmniejszenie chropowatości powierzchni próbek z materiału ABS, lecz w przypadku próbek wykonanych z PC chropowatość powierzchni rosła. Przyczyną tych rozbieżności była początkowa wartość chropowatości powierzchni przed obróbką: dla ABS $R_a = 0,390 \mu\text{m}$, dla PC $R_a = 0,208 \mu\text{m}$. Parametr R_a powierzchni wyrobu z PC po zastosowaniu pasty P240 jest ok. 2,5 razy większy niż przed obróbką ($0,782 \mu\text{m}$). Powodem wzrostu parametru chropowatości są deformacje plastyczne, wynikające z bruzdowania polegającego na tworzeniu się rys i wypychaniu części materiału powyżej polerowanej powierzchni. Powierzchnia PC po obróbce ziarnem ściernym P400 miała o 12% mniejszą chropowatość w porównaniu z powierzchnią ABS.

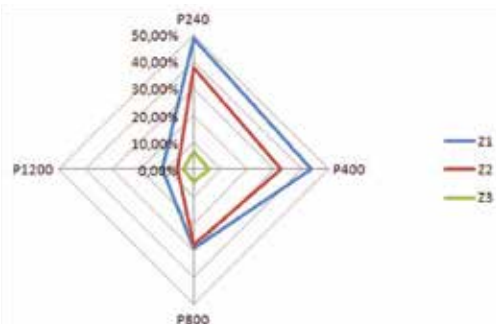
Otrzymane wyniki wskazują, że w przypadku powierzchni obrabianych z użyciem past o koncentracji Z₁ i Z₂ uzyskano korzystniejsze parametry chropowatości (niższe o 47%) w porównaniu z obróbką pastami Z₃.

Najlepsze wyniki dotyczące obniżenia chropowatości obrabianej powierzchni w stosunku do chropowatości powierzchni przed obróbką przedstawiono w tabeli 3.

Wykonano inspekcję wizualną próbek polimerowych przed obróbką i po obróbce przetłoczno-ścierniej. Przykładowe fotografie próbek pokazano na rys. 9 i 10. Na rys. 11 przedstawiono natomiast pastę ścierną przed jej użyciem do obróbki i po obróbce.

Na podstawie pomiarów i analizy chropowatości próbek polimerowych poddanych obróbce wykończeniowej można stwier-

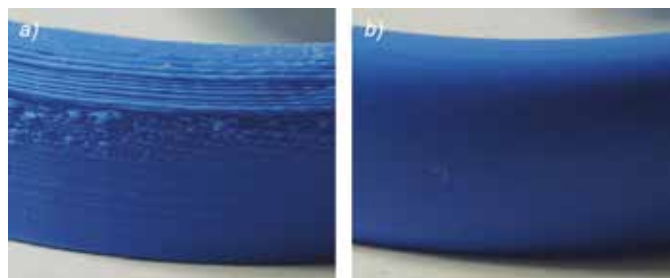
Rys. 8. Parametry chropowatości polimeru ABS po obróbce przetłoczno-ścierniej



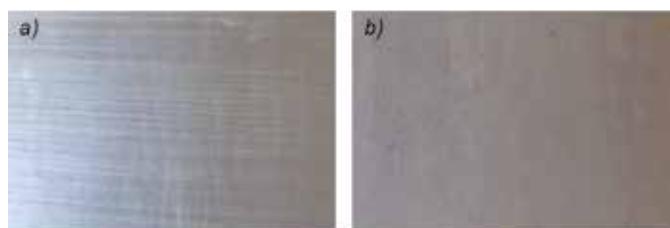
dzić, że medium polimerowe może być używane do obróbki przetłoczno-ścierniej. Nie wykazuje ono wizualnych śladów rozkładu termicznego i zapewnia utrzymanie ziaren ściernych w objętości pasty, a więc pozwala na przeprowadzenie procesu usuwania naddatków z powierzchni obrabianego przedmiotu.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

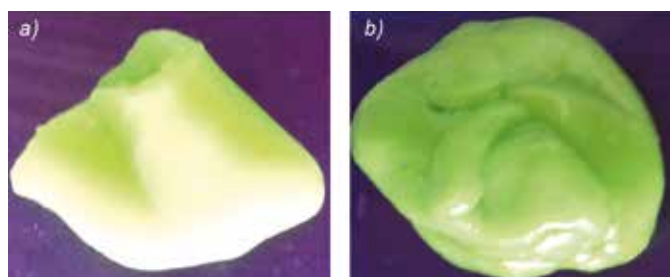
Badania i analiza wyrobów z tworzyw polimerowych prowadzi do wniosku, że zastosowanie obróbki przetłoczno-ścierniej pozwala na uzyskanie żądanej jakości powierzchni tych wyrobów. Potwierdzono, że parametry ziaren ściernych używanych w obróbce przetłoczno-ścierniej mają wpływ na chropowatość powierzchni obrabianych wyrobów polimerowych. Wyniki badań wskazują, że wielkość ziaren ściernych w paście polimerowej stosowanej do obróbki wykończeniowej powinna być równa nierównościom powierzchni próbki. Ponadto można stwierdzić, że



Rys. 9. Powierzchnia polimeru ABS: a) przed obróbką wykończeniową, b) po obróbce z użyciem ścierniej pasty polimerowej (po 10 cyklach)



Rys. 10. Powierzchnia polimeru PC: a) przed obróbką wykończeniową, b) po obróbce z użyciem ścierniej pasty polimerowej (po 10 cyklach)



Rys. 11. Medium polimerowe: a) przed jego użyciem do obróbki powierzchni, b) po obróbce powierzchni (po 10 cyklach)

Tabela 3. Obniżenie chropowatości powierzchni po obróbce wykończeniowej

| Obrabiany materiał | Pasta ścierna | Obniżenie chropowatości powierzchni po obróbce, % |
|--------------------|---------------|---|
| Wyrób z ABS | P240/Z1 | 44 |
| Wyrób z PC | P800/Z1 | 28 |

medium polimerowe może być składnikiem medium ściernego w obróbce przetłoczno-ścierniej.

LITERATURA

- [1] Klepka T. (praca zbiorowa), Nowoczesne materiały polimerowe i ich przetwórstwo. Część 1. Lublin: Politechnika Lubelska, 2014.
- [2] Wang C., Cheng K.C., Chen K.Y., Lin Y.C., A study on the abrasive gels and the application of abrasive flow machining in complex-hole polishing. *Procedia CIRP*. 68 (2018): 523–528.
- [3] Kumara R., Murtaza Q., Walia R.S., Three start helical abrasive flow machining for ductile materials. *Procedia Materials Science*. 6 (2014): 1884–1890.
- [4] Uhlmann E., Schmiedel C.S., Wendler J., CFD simulation of the abrasive flow machining process. *Procedia CIRP*. 31 (2015): 209–214.
- [5] Butola R., Jain R., Bhangadia P., Bandhu A., Walia R.S., Murtaza Q., Optimization to the parameters of abrasive flow machining by Taguchi method. *Materials Today: Proceedings*. 5 (2018): 4720–4729.
- [6] Brown E., Jaeger H.M., Shear thickening in concentrated su-

- sensions: phenomenology, mechanisms and relations to jamming. *Re- ports on Progress in Physics*. 77, 4 (2014): 1–24.
- [7] Hashimoto F., Yamaguchi H., Krajnik P., Wegener K., Chaudhari R., Hoffmeister H.W., Kuster F., Abrasive fine-finishing technology. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 65 (2016): 597–620.
- [8] Brown E., Jaeger H.M., The role of dilation and confining stress in shear thickening of dense suspensions. *Journal of Rheology*. 56, 4 (2012): 875–923.
- [9] Oniszczyk-Świercz D., Świercz R., Dąbrowski L., Mikroobrobka wykończeniowa – obróbka przetłoczno-ścierna. *Mechanik*. 8–9 (2016): 1132–1133.
- [10] Kumar S., Hiremath S.S., A review on abrasive flow machining (AFM). *Procedia Technology*. 25 (2016): 1297–1304.
- [11] Sankar M.R., Jain V.K., Rajurkar K.P., Nano-finishing studies using elastically dominant polymers blend abrasive flow finishing medium. *Procedia CIRP*. 68 (2018): 529–534.
- [12] Wang R., Lim P., Heng L., Mun S.D., Magnetic abrasive machining of difficult-to-cut materials for ultra-high-speed machining of AISI 304 bars. *Materials*. 10 (2017): 1029–1041.

Artykuł został pierwotnie zamieszczony w czasopiśmie „Mechanik” nr 4/2019, s. 234 – 237.

dr hab. inż. Tomasz Klepka, prof. PL

dr Agnieszka Nowacka

Katedra Technologii i Przetwórstwa Tworzyw Polimerowych
Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

REKLAMA



Wesołych
Świąt

Z okazji Świąt Bożego Narodzenia
oraz zbliżającego się Nowego Roku,
pragniemy serdecznie podziękować
za dotychczasową współpracę oraz złożyć
Naszym Klientom, Przyjaciołom i Sympatykom
moc gorących życzeń zdrowia,
szczęścia i wszelkiej pomyślności

stomil BYDGOSZCZ

Jaką metodę palności wybrać?

Izabela Gajlewicz, Marta Lenartowicz-Klik

W artykule przedstawiono metody badań palności tworzyw sztucznych ze wskazaniem na poszczególne gałęzie przemysłu, koncentrując się głównie na klasach palności opracowanych na podstawie standardów UL (Underwriters Laboratories) oraz tzw. Euroklas, które zaczynają obowiązywać prawie we wszystkich państwach europejskich. Określono również metody badawcze stosowane bardziej do celów naukowych do rozwiązywania tematu samych antypirenów, spalanych gazów ich toksyczności czy gęstości dymów itp. Ale zaczniemy od początku.

Opracowano wiele metod badań i oceny palności materiałów polimerowych od typowo laboratoryjnych, takich jak: oznaczenie wskaźnika tlenowego (tzw. LOI – *Limited Oxygen Index*), badania za pomocą kalorymetru stożkowego, aż po testy bezpośredniego działania płomieniem na próbkę kompozytu, np. metody UL94. Pomimo tego nie istnieje uniwersalna metoda umożliwiająca na podstawie badań próbki opracowanie prognozy zachowania się wyrobu podczas pożaru. Dobór metody należy rozpatrywać w zależności od rodzaju i postaci materiału oraz produktu wykonanego z tego materiału, jak i od zagrożeń pożarowych występujących w miejscu jego stosowania.

Badaniom palności poddawanych jest coraz więcej substancji. Stosowanie różnego rodzaju materiałów jest ściśle określone w przepisach państwowych dotyczących ich przeznaczenia. Podczas tych testów określa się wiele parametrów pozwalających na sklasyfikowanie danego materiału, a w następstwie na dopuszczenie go lub nie do odpowiedniego zastosowania. Tradycyjne metody dostarczają z reguły pojedynczy wynik, nie pozwalający na obiektywną charakterystykę materiału, jak i nie obrazują odpowiednio wpływu dodatków modyfikujących na kompozyt [1-3].

ZAGWOZDKA KLIENTÓW

Klienci bardzo często pytają: „jaki test palności wykonać, aby wykazać że materiał jest niepalny, bo sprawdzili zapalniczką i się „im nie paliło”? To nasz odwieczny problem do rozwiązania, gdyż nie ma tworzywa polimerowego, które nie pali się, nie rozprzestrzenia płomienia i nie wydziela dymów oraz gazów, jeśli poddane jest działaniu odpowiednio wysokiej temperatury. Staramy się pomóc, pytając do czego służy ich wyrób, czy wiedzą może, zgodnie z jaką normą chcieliby zrobić testy i wspólnymi siłami dochodzimy do rozwiązania. Ale oczywiście są i tacy, którzy doskonale wiedzą, czego chcą, mówiąc nam, że chcieliby sprawdzić swój materiał/wyrób, czy ma klasę V0, V1 czy V2 albo proszą po prostu o wykonanie badania na palność rur, albo chcieliby uzyskać informację na temat ciepła spalania danej próbki.

PALNOŚĆ

Ze względu na złożone zachowanie się materiału w czasie palenia oraz bardzo dużą ilość zmiennych parametrów i warunków, w których badany materiał może ulec zapaleniu, palność nie może być określana pojedynczym testem. Z istniejących laboratoryjnych testów, uwzględniających zachowania się materiału

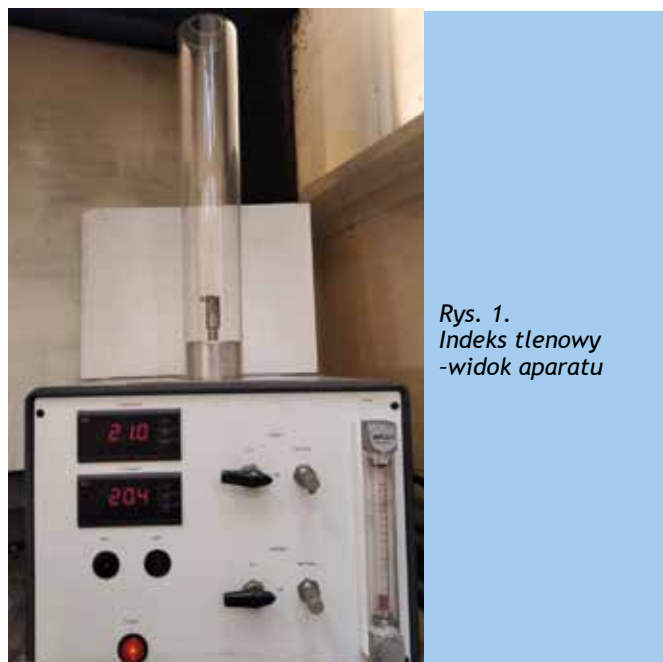
w czasie pożaru, należy wybrać takie, które uwzględnią w szerokim zakresie właściwości palne polimerów [4,5]. A trochę ich jest.

Tak ogólnie można powiedzieć, iż ognioodporność materiałów polimerowych określić można za pomocą umownych wskaźników jakościowych i rzadziej ilościowych, wyznaczanych wieloma metodami badawczymi różniącymi się zarówno warunkami pomiaru, jak i kształtem oraz wymiarami próbek. Określa się przy tym podatność na zapoczątkowanie reakcji spalania, szybkość rozprzestrzeniania się płomienia, odporność na penetrację ognia w głąb tworzywa, efekty cieplne spalania, skład jakościowy i ilościowy gazowych produktów spalania (również w aspekcie ich toksyczności) oraz gęstość wydzielającego się dymu [4,6].

PODZIAŁ METOD ZE WZGLĘDU NA SKALĘ [5,9-10]

Metody badań w zależności od wielkości próbki można podzielić na:

- w skali naturalnej (1:1) i dużej (próbka powyżej 150 cm) próba ogniowa (ISO 9705), próba ogniowa w sztolni pożarowej (PN EN 12881-2), próba ogniowa pojedynczego płonącego przedmiotu (SBI) (EN 13823);
- w skali średniej (próbka do 150 cm): sztolnia modelowa/pożarowa (PN EN 12882-1), ICAL-kalorymetr dla próby ogniowej (ISO 14696);



Rys. 1.
Indeks tlenowy
-widok aparatu

- w skali małej (próbka do 30 cm): metody płomieniowe, badania za pomocą palnika spirytusowego Barthle'a, jak i elektrycznego źródła zapłonu, badania z użyciem rozżarzonego drutu, badania w kalorymetrze stożkowym, oznaczanie wskaźnika tlenowego, analiza termograwimetryczna, oznaczanie składu i toksyczności gazów oraz dymów.

Każda metoda badawcza ma swoje zalety, ale również ograniczenia. Ważne jest, żeby rozpoznać te ograniczenia i nie wyciągać żadnych nieuzasadnionych wniosków z wyników badań. Należy domniemywać, iż zawsze znajdują się takie materiały, które będą wykazywać zachowanie nie dające się zweryfikować w czasie badania.

Powszechnie do oceny palności materiałów polimerowych stosuje się następujące metody badań:

- Test bezpośredniego działania płomieniem na próbkę materiału, np. metoda UL94 i metody opisane w normach: EN 60695-11-10, IEC 60707, ISO 9772, EN ISO 9773. Przypuszczalnie standardy UL są najbardziej znanymi i najpowszechniej stosowanymi normami charakteryzującymi tworzywa sztuczne stosowane jako surowce, a nie jako wyrób końcowy, którego charakterystyka jest trudniejsza i bardziej złożona. Ważną rzeczą jest to, że tak uzyskane wyniki są charakterystyczne dla badanego materiału i że zależą również od grubości stosowanej próbki. W literaturze opisano też wiele innych metod badania palności tworzyw, spośród których najczęściej wymienia się metody wykorzystujące sposób wg normy UL 94. Standardy UL są przypuszczalnie najpowszechniej stosowanymi na całym świecie normami charakteryzującymi tworzywa sztuczne jako surowce. Wyróżnić można kilka typów pomiarów palności wykorzystujące normę UL 94 różniące się m.in. sposobem ułożenia próbki (pionowe i poziome) oraz rodzajem i grubością badanego materiału. Dla tworzyw sztucznych najbardziej powszechne zastosowanie ma norma UL 94 V, która określa cztery klasy materiałów zdefiniowane (wg wzrastającej palności) jako V0, V1, V2 oraz HB. Opisuje ona nie tylko właściwości palne próbki rozumiane jako czas palenia, ale również charakteryzuje materiał pod względem odrywania się z niego płonących kropli [5,12,15].

- Oznaczenie wskaźnika tlenowego zgodnie z ISO 4589 (tzw. LOI – *Limited Oxygen Index*) Test LOI jest bardzo subiektywny, gdyż ocena momentu palenia przy zmieniającym się stężeniu tlenu jest trudna do uchwycenia. Test ten jest przeznaczony zwykle do wstępnej oceny spoiwa polimerowego i wytypowania żywicy o najkorzystniejszych właściwościach. Nie jest on stosowany do oceny niepalności gotowych kompozytów polimerowych. Metodą chyba najczęściej stosowaną w Polsce, charakteryzującą w sposób ilościowy odporność na zapłon i spalanie tworzyw jest wyznaczanie wskaźnika tlenowego OI (*Oxygen Index*). Wskaźnik ten oznacza najmniejsze objętościowe natężenie przepływu tlenu w mieszaninie z azotem, które w określonych warunkach pomiaru podtrzymuje stałe palenie się próbki tworzywa. Metoda ta jest wciąż udoskonalana i rozwijana, m.in. po zmodyfikowaniu można ją stosować do badania tworzyw w postaci granulatu, włókien, folii, pianek, a nawet do scharakteryzowania gazowych produktów rozkładu tworzyw. Zalety tej metody spowodowały duże zainteresowanie opracowaniem modeli matematycznych, umożliwiających teoretyczne wyznaczenie wartości OI tworzyw i uzależnienie jej od budowy chemicznej polimeru, składu tworzywa, kształtu próbki oraz warunków procesu spalania. Na uwagę zasługuje tu model Kanury uwzględniający wprawdzie najwięcej czynników wpływających na proces palenia się tworzywa, ale wprowadzający również wiele założeń nie do końca potwierdzonych doświadczalnie. Model ten, jak i wiele innych, umożliwia

Tabela 1. Podstawowe parametry termokinetyczne uzyskane z kalorymetru stożkowego

| Badany parametr | Symbol | Jednostka |
|--|--------------------|--------------------------------|
| Czas do zapalenia | TTI | s |
| Całkowita ilość wydzielonego ciepła | THR | MJ/m ² |
| Całkowita ilość wydzielonego dymu | TSR | m ² /m ² |
| Ubytek masy | M _s | g |
| Średnia szybkość ubytku masy | MLR _{sr} | g/s |
| Średnia szybkość wydzielania ciepła | HRR _{sr} | kW/m ² |
| Maksymalna szybkość wydzielania ciepła | HRR _{max} | kW/m ² |
| Średnie efektywne ciepło spalania | HOC _{sr} | MJ/kg |
| Zadymienie (dymotwórczość) | SEA | m ² /kg |
| Średnia emisja CO | CO | kg/kg |
| Średnia emisja CO ₂ | CO ₂ | kg/kg |
| Maksymalna średnia szybkość wydzielania ciepła | MARHE | kW/m ² |

oczywiście wyznaczenie jedynie przybliżonej wartości OI, nie uwzględniając w większości przypadków składu tworzywa, niektórych warunków spalania, jak również metody przetwórstwa badanego wyrobu. Z tego też względu wartość OI wciąż najczęściej wyznacza się doświadczalnie [5,9,17].

- Badanie kompozytów za pomocą kalorymetru stożkowego zgodnie z ISO 5660. Za pomocą tego urządzenia można wyznaczyć szybkość wydzielania ciepła podczas spalania próbki w czasie oraz całkowitą jego wartość. Metoda ta jest przydatna także do oceny palności kompozytów polimerowych. Na podstawie pomiarów chwilowego stężenia tlenu w gazach spalinowych wychodzących z kalorymetru oblicza się ilość wydzielonego w danej chwili ciepła w przeliczeniu na jednostkę powierzchni badanej próbki lub jednostkę masy i rejestruje się w formie wykresu w funkcji czasu. Do dzisiaj opracowano i wdrożono do użytkowania wiele nowoczesnych kalorymetrów i stały się one najważniejszymi i najpowszechniej stosowanymi urządzeniami w rozwoju i badaniach niepalności materiałów polimerowych. W czasie prowadzenia pomiarów powierzchnia badanej próbki poddawana jest oddziaływaniu stałego strumienia ciepłego emitowanego ze stożka. Próbka umieszczana jest na wadze, która w sposób ciągły mierzy masę w funkcji czasu. Gazy pochodzące z rozkładu próbki są zapalane przez zapalnik iskrowy i odciągane za pomocą wentylatora przez okap połączony z systemem rur, gdzie dokonywane są pomiary. Jednym z ważniejszych pomiarów dokonywanych w przewodach jest pomiar ilości dymu realizowany na podstawie przepuszczalności strumienia światła przez ten dym.

Badaniom poddaje się próbki kwadratowe o boku 100 mm i grubości do 50 mm, zazwyczaj badania prowadzone są przy natężeniu zewnętrznego strumienia ciepła 25, 35 lub 50 kW/m². Próbka usytuowana jest poziomo lub pionowo do działania strumienia ciepła. Podczas badania mierzy się również stężenie tlenu, dwutlenku węgla, tlenku węgla oraz parametry termokinetyczne przedstawione w tabeli 1 [5, 11].

Wyniki uzyskane z kalorymetru dobrze definiują warunki pomiaru, odtwarzalność i jednoznaczność oceny wielkości charakterystycznych, ale nie mogą reprezentować pożarów w wa-



Rys. 2. Kalorymetr stożkowy firmy FTT - widok aparatu

runkach rzeczywistych, gdyż pożary nie są zapoczątkowywane podczas promieniowania od góry za pomocą zapłonu iskrowego, jak też otoczenia ramką. Nie obserwuje się kapania badanego materiału podczas testu palności na kalorymetrze stożkowym.

Z uzyskanych wyników z kalorymetru stożkowego można wyróżnić następujące obszary zastosowań:

- oznaczanie parametrów charakterystycznych, tj. HRR_{max} , THR itp. do celów kontrolnych i poznawczych,
- porównanie reakcji materiałów na ogień,
- wyznaczanie danych wejściowych do prognozowania się materiału w pożarze na pełną skalę.

Powyższymi metodami bada się palność materiałów polimerowych w różnych warunkach, gdyż mogą one dać uzupełniające się wzajemnie informacje. Przykładowo, ciepło spalania wyznaczone przy małym natężeniu zewnętrznego strumienia ciepła, wyznaczone przez komputerowe wygładzenie krzywej z pomiarów kalorymetrem stożkowym, może służyć do analizy przyczyn zauważonych różnic w klasyfikacji materiału wg normy UL 94V. Jednakże należy pamiętać, że podczas pożaru występują różnice temperatury w poszczególnych strefach płomienia i pożar przebiega w warunkach zmieniających się w pewnym zakresie losowo. Występuje też pewna niepowtarzalność wyznaczenia położenia i wysokości piku na krzywej z kalorymetru stożkowego z powodu nieregularności kształtu tej krzywej, co zwiększa niepewność obliczeń statystycznych. Z uwagi na to korelacja między ocenami uzyskanymi tymi metodami nie jest najlepsza [7-9,11].

MATERIAŁY BUDOWLANE

Różne podejścia dla ryzyka powstania pożaru spowodowało rozwój licznych metod testów na całym świecie. W krajach europejskich jest obecnie około 30 narodowych testów i około 20 dodatkowych metod ISO i CEN oceniających zachowanie materiałów budowlanych w pożarze. Metody te koncentrują się na ocenianiu zachowania w pożarze homogenicznych materiałów i tylko szacują zachowanie wyrobu niehomogenicznego przy zastosowaniu wymaganych warunków badania. Metody te różnią się od siebie umieszczeniem próbki podczas badania (pozioma, pionowa, nachylona pod różnym kątem), typem i intensywnością płomienia oraz czasem badania.

W Niemczech obowiązującą normą określającą palność materiałów budowlanych jest norma DIN 4102-1. Zawiera ona klasyfikację materiałów budowlanych w zależności od stopnia palności. Klasa A oznacza, że materiał jest niepalny. Materiały palne

zalicza się do klasy B i w zależności od intensywności palenia wyróżniamy klasy B1, B2 i B3. Klasa B3 oznacza materiał budowlany palny, który nie może być stosowany w budownictwie. We Francji wyróżnia się pięć klas palności materiałów budowlanych M0; M1; M2; M3 i M4, przy czym klasa M0 oznacza materiał niepalny.

Klasyfikacja zgodnie z PN-EN 13501 [5,14,16]

Aby przyporządkować wyrób budowlany do jednej z klas reakcji na ogień, należy przeprowadzić szereg badań zgodnych z normami badawczymi, określonymi w normie klasyfikacyjnej PN-EN 13501-1. Metody tych badań symulują warunki rozwoju pożaru w pomieszczeniu, który może się rozwinąć i osiągnąć rozgorzenie.

Każda klasa wymaga innego zestawu badań odpowiadających różnym poziomom ekspozycji na ogień. Im wyższa klasa reakcji na ogień, tym bardziej surowe warunki badania, tzn. oddziaływanie ognia większe, a kryteria do spełnienia bardziej restrykcyjne. Wyroby budowlane o tej samej klasie reakcji na ogień są badane w ten sam sposób.

Obowiązującym obecnie w Polsce, podstawowym podziałem w zakresie reakcji na ogień dla wszystkich wyrobów budowlanych, łącznie z wyrobami wbudowanymi w elementy budowlane jest podział na wyroby budowlane z wyłączeniem posadzek i na posadzki. Klasy reakcji na ogień wyrobów i metody badań odnoszące się do podanej europejskiej klasyfikacji zawarte są w normie PN-EN 13501-1 „Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień”. W drugiej części powyższej normy określono procedurę klasyfikacji wyrobów budowlanych i elementów budynków na podstawie wyników z badań odporności ogniowej i dymoszczelności. Wg PN-EN 13501-1 materiały budowlane dzieli na sześć klas od A do F. Do klasy A1 zaliczane są wyroby, które nie biorą udziału w żadnej fazie pożaru, natomiast wyroby, które nie wpływają zasadniczo na rozwój pożaru i spełniające wymagania takie jak dla klasy B w badaniu wg PN-EN 13823 zaliczane są do klasy A2. Materiały należące do klasy B to takie jak dla klasy C, ale spełniające bardziej rygorystyczne wymagania (niższa wartość wskaźnika szybkości pożaru i mniejsza ilość wydzielonego ciepła). Klasa C to wyroby klasy D, ale spełniające bardziej rygorystyczne wymagania (niższa wartość wskaźnika szybkości pożaru). Dodatkowo wykazują one ograniczone boczne rozprzestrzenianie płomienia. Wyroby zdolne przeciwstawić się oddziaływaniu małego płomienia przez dłuższy czas bez znacznego rozprzestrzeniania i spełniające wymagania klasy E zaliczamy do klasy D. Wyroby klasy D wykazują także ograniczone i opóźnione wydzielanie ciepła. Wyroby przeciwstawiające się przez krótki czas działaniu małego płomienia, bez znacznego rozprzestrzeniania spełniają wymagania klasy E. Klasa F to wyroby, których nie można zaliczyć do żadnej klasy i dla których nie określono właściwości w zakresie reakcji na ogień.

Jak można zauważyć każde państwo ma własną klasyfikację materiałów budowlanych w zależności od reakcji na ogień. Dlatego w Europie utworzono sześć klas palności od A do E. Do klasy A zaliczono materiały niepalne spełniające wymagania zawarte w normach ISO 1182 i ISO 1716. Klasę A podzielono dodatkowo na klasy A1 i A2. Materiały spełniające wymagania normy PN-EN ISO 11925-2 sklasyfikowano do klasy E. Badanie zapalności od małego płomienia regulowane jest właśnie normą PN-EN ISO 11925-2. Badanie polega na przyłożeniu do powierzchni i/lub krawędzi badanej próbki znormalizowanego płomienia. Badaniu podlega sześć reprezentatywnych próbek wyrobu. Wyko-

W magiczny czas Świąt Bożego Narodzenia
wszystkim Klientom i Współpracownikom
najserdeczniejsze życzenia składa ANWIL
producent polichlorku winylu
oraz granulatów i mieszanek PCW



nywane jest ono w komorze spalania z żaroodpornymi przeszkolonymi drzwiami i z wymuszoną wentylacją. W skład stanowiska do badań, oprócz wspomnianej komory spalania wchodzi palnik wraz z konstrukcją mocowania umożliwiającą pracę palnika w pionie i pod kątem 45° w stosunku do osi pionowej oraz uchwyt do próbek. Czas oddziaływania płomienia 15 s, 30 s lub 60 s. Po upływie czasu oddziaływania odsuwa się palnik.

W trakcie badań określa się:

- wystąpienie zapłonu próbki po czasie przyłożenia płomienia zgodnym z normą,
- czas palenia się próbki oraz zasięg płomienia,
- osiągnięcie przez wierzchołek płomienia odległości 150 mm powyżej punktu przyłożenia płomienia a także czas, po którym to nastąpiło,
- opad kroplisty – pływające krople (wystąpienie zapalenia się papieru filtracyjnego).

Norma w sposobie wykonania jest bardzo podobna do niemieckiej normy DIN 4102-1. Europejska klasyfikacja A1/A2 i E oprócz niewielkich zmian w wymaganiach jest bardzo podobna do niemieckiej klasy A i B2. W przypadku europejskiej klasy B; C i D konieczne było opracowanie nowych metod badania, gdyż nie było normy określającej wymagania dla poszczególnych klas. Opracowano metodę pojedynczego palącego się płomienia SBI (*Single Burning Item*) umożliwiającą ocenę udziału pojedynczego palącego się wyrobu w rozwoju pożaru usytuowanego w narożu pomieszczenia. Sposób wykonania testu SBI określa norma PN-EN 13823 „Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych. Wyroby budowlane, z wyłączeniem posadzek, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego palącego przedmiotu”. Badanie to jest swego rodzaju symulacją pożaru, do którego może dojść wewnątrz budynku. Zgodnie z normą PN-EN 13823 badanie ocenia „potencjalny udział wyrobu w rozwoju pożaru, w sytuacji pożarowej symulującej pojedynczy palący przedmiot usytuowany w narożu pomieszczenia i w pobliżu tego wyrobu”. Stanowisko badawcze w teście SBI złożone jest z pomieszczenia badawczego o ścianach wykonanych z materiałów o klasie A1 lub A2, z otworem do wsunięcia wózka z próbką, urządzeń do badań (wózek, rama, palniki, okap, kolektor i przewody), systemu oddymiania i całego spectrum aparatury pomiarowej takiej jak np.: sondy do pobierania próbek gazu i systemu pomiaru osłabienia wiązki światła, zestaw analizatorów stężenia tlenu i dwutlenku węgla wraz z urządzeniem rejestrującym.

Metodę SBI oznaczają następujące parametry: zapalność materiału, szybkość palenia, występowanie dymu, ilość wydzielonego ciepła i szybkość wydzielania energii oraz kapanie palących się kawałków materiałów. Badanie to pozwala na ocenę potencjalnego wpływu wyrobu na rozwój pożaru i jest podstawą do ustalenia klasy reakcji na ogień A2, B, C, D. Celem badania SBI jest przede wszystkim wyznaczenie szybkości wydzielania ciepła podczas spalania określonej próbki, w warunkach określonych w tej normie. Element próbny składa się z dwóch skrzydeł o wymiarach 1000x1500 mm i 500x1500 mm, tworzącym narożnik, u dołu którego zamontowany jest palnik o mocy 30 kW zasilany gazem. Podczas badania dokonywane są obserwacje dotyczące rozprzestrzeniania płomienia oraz występowania spadających i pływających cząstek lub kropli. Na podstawie danych pomiarów dokonywanych w trakcie badania, dotyczących zmian stężeń tlenu i dwutlenku węgla w przewodzie spalinowym nad stanowiskiem, mierzonych temperatur, wartości ciśnień oraz transmitancji światła obliczane są parametry, na podstawie których klasyfikuje się wyrób do odpowiedniej klasy (palności) reakcji na ogień. Obliczane wielkości to:

- FIGRA (ang: *FireGrowthRate*) – wskaźnik szybkości rozwoju pożaru [W/s],
- THR600 s – całkowita ilość wydzielonego z próbki ciepła w czasie pierwszych 600 s oddziaływania płomienia [MJ],
- LFS – poprzeczne rozprzestrzenienie płomienia,
- SMOGRA – szybkość wydzielania dymu [m^2/s^2],
- TSP600 s – całkowite wydzielanie dymu z elementu próbnego z próbki w okresie pierwszych 600 s oddziaływania płomienia palnika głównego [m^2].

Powyższe parametry zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13501 są niezbędne do ustalenia właściwości wyrobów dla euroklas A₂, A_{2L}, B, B_L, C, C_L, D i D_L. Badanie SBI samodzielnie może być wykonywane do badań technologicznych lub w celu ustalenia zasadniczych właściwości użytkowych. Jednak pełna klasyfikacja reakcji na ogień w zależności od klasy powinna być uzupełniona o badania PN-EN ISO 11925-2, EN ISO 1182 czy EN ISO 1716 [5,9,11-18, 20].

MOTORYZACJA

Normy bezpieczeństwa, takie jak FMVSS 302 (USA) i ISO 3795 (normy podobne), zostały opracowane w celu zmniejszenia liczby zgonów i obrażeń pasażerów spowodowanych przez pożary pojazdu, zwłaszcza te pochodzące z wnętrza pojazdu z wyrzuconych papierosów i zapalek. W niektórych przypadkach producenci opracowali również własne specyfikacje oparte na tych normach. FMVSS 302 jest obowiązkowym wymogiem dla wszystkich materiałów stosowanych we wnętrzach pojazdów silnikowych sprzedawanych w USA, a norma ISO jest ogólnie określana na inne rynki, chociaż nie zawsze jest to wymóg prawny. Normy dotyczą nie tylko samochodów osobowych, ale także samochodów ciężarowych i autokarów oraz pojazdów rolniczych i leśnych.

Testy przeprowadza się w małej komorze spalania, zwykle o długości 370 mm, szerokości 200 mm i wysokości 350 mm, wyposażonej w otwory w podłodze umożliwiające wlot powietrza i wentylowany prześwit u góry. Okienko obserwacyjne umożliwia badaczowi monitorowanie postępu zapłonu po wprowadzeniu próbek. Próbkę materiału o wymiarach 356 mm x 100 mm są montowane poziomo w uchwycie w kształcie litery U, który jest wsuwany do komory. Po całkowitym włożeniu koniec próbki znajduje się nad palnikiem Bunsena, wystawiając wolny koniec badanego materiału na działanie małego płomienia gazu ziemnego. Pomiar czasu palenia kończy się, gdy płomień zgaśnie lub zakończy swoją drogę do ostatniego punktu pomiarowego. Następnie można obliczyć szybkość spalania na minutę. W przypadku ogólnych zastosowań dopuszczalna jest szybkość spalania nie większa niż 100 mm na minutę, chociaż niektórzy producenci pojazdów zaostrzyli wymagania, aby określić wolniejsze szybkości spalania. Testy te uwzględniają jedynie kwestie dotyczące palności i nie dotyczą kwestii związanych z wytwarzaniem szkodliwych oparów. Standardy bezpieczeństwa w branży motoryzacyjnej są bardzo wysokie. W szczególności badane są właściwości przeciwpożarowe użytych materiałów i komponentów. Normy różnych producentów samochodów, takich jak VW (TL 1010), Daimler (DBL 5307) lub BMW (GS 97038), odnoszą się do amerykańskich specyfikacji FMVSS 302, które zostały włączone do normy DIN 75200 [6, 10, 18, 20].

I NA KONIEC

Zachowanie materiałów palnych podczas pożaru jest wynikiem wzajemnie na siebie wpływających parametrów rządzących rozwojem pożaru oraz właściwości danego materiału. W celu



A business of BARNES



Na zbliżające się Święta
wszystkim naszym Klientom,
Partnerom oraz Współpracownikom
pragniemy złożyć życzenia przeżywania
Bożego Narodzenia w zdrowiu,
radości i ciepłej rodzinnej atmosferze,
z dala od trosk otaczającej nas rzeczywistości.
Kolejny zaś rok niech będzie czasem spokoju
oraz realizacji osobistych
i zawodowych zamierzeń.

Zespół Gimatic Polska

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





usystematyzowania własności pożarowych materiałów prowadzi się badania normowe pozwalające na ich klasyfikację - przyporządkowanie do pewnych grup spełniających określone wymagania w ściśle sprecyzowanych warunkach badania. Wiadomo, że tworzywa polimerowe, podobnie jak i inne materiały palne, gdy znajdują się w fazie pełnego rozwoju ognia nie przyczyniają się do jego opanowania. Dlatego ważne jest, by ocenić zachowanie materiału podczas etapów spalania poprzedzających moment pełnego rozwoju ognia. Obejmuje to zapłon i rozprzestrzenianie się płomienia oraz wydzielanie ciepła. Ponadto zasadniczymu działaniu ognia towarzyszą tak zwane zjawiska wtórne, które mają istotne konsekwencje. Przykłady to wydzielanie się dymu, toksyczność gazów pochodzących z rozkładu i kapanie materiału. Wszystkimi tymi zjawiskami rządzi bardzo wiele parametrów wpływających na siebie wzajemnie, takich jak rodzaj, czas trwania i intensywność źródła zapłonu, rodzaj wentylacji, kształt i właściwości materiału palnego.

Przedstawione metody pozwalają na szerokie poznanie procesów spalania różnorodnych materiałów polimerowych, a także ocenę wpływu różnych dodatków modyfikujących te materiały w zależności od ich rodzaju oraz stężenia w różnych warunkach spalania. Dane otrzymane z kalorymetru stożkowego mogą być wykorzystane do udoskonalania receptur materiałów, a co za tym idzie bardziej skutecznych w zabezpieczaniu ogniochronnym środków i systemów. Za pomocą tego urządzenia można wyznaczyć szybkość wydzielania ciepła podczas spalania próbki w czasie oraz całkowitą jego wartość. Metoda ta jest przydatna także do oceny palności kompozytów polimerowych.

Widać stąd, że badanie reakcji zachodzących w ogniu jest bardzo skomplikowanym zadaniem, niemożliwym do zrealizowania w ciągu jednego testu analitycznego. A w każdym przypadku określenie w sposób absolutny zachowania się materiału w ogniu jest zasadniczo niemożliwe. Stosuje się wiele testów laboratoryjnych, bardzo różnych i w związku z tym nie dających się bezpośrednio porównać. W pewnych przypadkach parametry takie jak palność, łatwość zapłonu, rozprzestrzenianie się płomienia i wydzielanie się ciepła są badane wnikliwiej od innych.

Wiele z wyżej wymienionych metod badań palności wykonujemy w naszym Laboratorium Badawczym Tworzyw Polimerowych w Gliwicach należącym do Sieci Badawczej Łukasiewicz – IMPiB i w związku z czym zachęcamy do zapoznania się z naszą ofertą.

LITERATURA

- [1] Profit-Szczepańska M., Półka M., *Polimery*, 2003, 48, 545.
- [2] Iwko J., Bezpieczeństwo użytkowania tworzyw sztucznych w aspekcie ich palności, *Mechanik*, 10, 2007.
- [3] <http://tworzywa.com.pl/Wiadomości/Skuteczne-działanie-środków-opóźniających-palenie-20927.html>.
- [4] Praca zbiorowa pod red. Jurkowska B., Rydarowski H., *Materiały polimerowe o obniżonej palności*. WNITE-PIB 2012.
- [5] Jurkowska B., Rydarowski H., Jurkowski B., *Niektóre aspekty badań palności kompozytów polimerowych*, wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 1-M/2009.
- [6] http://www.composites.polsl.pl/article/11/62_WESOŁEK%20Dorota%20ROJEWSKI%20Szymon_PO%20FOM.pdf
- [7] Sawicki T., Zabójcze polimery *Plastics Review* 6, 2004.
- [8] Sawicki T., Pożary tworzyw sztucznych *Plastics Review* 10, 2002.
- [9] Szlezyngier W., *Tworzywa sztuczne*, Rzeszów 1998.
- [10] <http://www.stolbud.pl/prasa/8.html>.
- [11] ISO 5660 Reaction-to-fire tests — Heat release, smoke production and mass loss rate — Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement)
- [12] PN-EN 13823 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych – Wyroby budowlane, z wyłączeniem podłogowych, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego płonącego przedmiotu.
- [13] PN-EN ISO 11925-2 Badania reakcji na ogień. Zapalność materiałów poddawanych bezpośredniemu działaniu płomienia. Część 2: Badania przy działaniu pojedynczego płomienia.
- [14] Małozieć D., Koniuch A., Reakcja na ogień metody badań i kryteria klasyfikacji, *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza: kwartalnik CNBOP*. 2010/1 s.63-73.
- [15] PN EN 60695-11-10 Badanie zagrożenia ogniowego – Część 11-10: Płomienie probiercze – Metody badania płomieniem probierczym 50 W przy poziomym i pionowym ustawieniu próbki.
- [16] ISO 13501 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień.
- [17] ISO 4589:1 Tworzywa sztuczne – Oznaczanie zapalności metodą wskaźnika tlenowego – Część 2: Badanie w temperaturze pokojowej.
- [18] PN ISO 3795 Pojazdy drogowe oraz ciągniki, maszyny rolnicze i leśne – Określanie palności materiałów stosowanych wewnątrz pojazdów.
- [19] <https://docplayer.pl/154933611-Badania-palnosci-materialow-stosowanych-wewnatrz-pojazdow-samochodowych.html>.
- [20] Kaczmarzyk P., Lesiak P., Warguła Ł., Waluś K. J., *Badania palności materiałów stosowanych wewnątrz pojazdów samochodowych, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 2019, R. 20, nr 1-2, 74–78.

Artykuł został pierwotnie zamieszczony w czasopiśmie „Polimery dla Biznesu” nr 2/2022, s. 14 – 19.

Izabela Gajlewicz, Marta Lenartowicz-Klik

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników

PROORGANIKA

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



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

Zespół **PROORGANIKA**



Wpływ udziału kwasu bursztynowego na proces otrzymywania i właściwości elastomerów estrowych zawierających alkohol cukrowy

Marta Piątek-Hnat

Inżynieria materiałowa jest bardzo intensywnie rozwijającą się dyscypliną naukową w obszarze nauk technicznych. W tej dziedzinie prowadzi się badania mające na celu otrzymanie nowych, atrakcyjnych pod względem właściwości fizykochemicznych materiałów polimerowych z wykorzystaniem zarówno ogólnodostępnych surowców petrochemicznych oraz tych które pochodzą ze źródeł naturalnych. Inżynierowie materiałowi borykają się nie tylko z odpowiednim doбором surowców i metod otrzymywania nowych materiałów, ale również muszą mieć na uwadze aspekt ekonomiczny oraz ekologiczny. Ważne jest zatem opracowywanie nowych technologii mogących stać się konkurencyjnymi dla aktualnego rynku tworzyw polimerowych. Ciekawą grupę materiałów stanowią elastomery estrowe, otrzymywane zarówno przy użyciu surowców petrochemicznych (kwas bursztynowy, 1,4- butanodiol) oraz surowca pochodzącego ze źródła naturalnego (ksylitol). Materiały te mogą stanowić ciekawą alternatywę w opakowalnictwie (folie do opakowania żywności) oraz w wyrobach medycznych.

Celem pracy było otrzymanie metodą polikondensacji w masie poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu) PXBSu. Otrzymane elastomery zawierały stały udział molowy alkoholu cukrowego ksylitolu (1 mol) i 1,4 –butanodiolu (1 mol) oraz zmienny udział molowy kwasu bursztynowego wynoszący 2, 3 i 4 mole. Oceniono ich właściwości fizykochemiczne.

OTRZYMYWANIE ELASTOMERÓW

Proces otrzymywania poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu) PXBSu zawierających zmienny udział molowy kwasu bursztynowego przebiega w sposób analogiczny jak opisano w pracach [1-2]. Skład molowy poszczególnych reagentów oraz czas trwania etapu dopolimeryzowania (III etap procesu technologicznego) zostały pokazane w tabeli 1. Proces otrzymywania wszystkich elastomerów estrowych podczas estryfikacji (I etap) i polikondensacji (II etap) przebiegał podobnie, natomiast w zależności od molowego udziału kwasu bursztynowego zauważono różny czas trwania etapu III (dopolimeryzowania). Zaobserwowano, że im większy udział molowy kwasu bursztynowe-

Tabela 1. Wykaz otrzymanych elastomerów estrowych

| Materiał | Reagenty | Stosunek molowy reagentów | Czas dopolimeryzowania* |
|----------|----------|---------------------------|-------------------------|
| PXBSu_2 | KB/BD/XL | 2/1/1 | 188h |
| PXBSu_3 | KB/BD/XL | 3/1/1 | 120h |
| PXBSu_4 | KB/BD/XL | 4/1/1 | 92h |

gdzie: KB- kwas bursztynowy, BD- 1,4 -butanodiol, XL- ksylitol

* - III etap procesu otrzymywania

go tym czas trwania tego procesu ulegał skróceniu, co niezwykle jest ważne w aspekcie ekonomicznym.

Na rys. 1 zostały pokazane otrzymane materiały elastomeryczne po procesie usieciowania. Można zaobserwować, że większy dodatek kwasu bursztynowego miał wpływ na ich zabarwienie z barwy przezroczystej - miodowej po barwę matową mleczną.

METODY BADAŃ

Budowę chemiczną określono metodą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fourier'a (FTIR) przy użyciu aparatu ALPHA BRUKER. Widma transmitancji oceniono w zakresie częstotliwości liczby falowej 4000 – 400 cm⁻¹.

Oznaczenie frakcji żelowej elastomerów wykonano metodą ekstrakcyjną wg PN-EN 579:2001. Próbkę materiałów (ok. 1 g) umieszczono w tyglach Schotta typu P2 i poddano ekstrakcji we wrzącym tetrahydrofuranie (100 cm³) pod chłodnicą zwrotną w ciągu 3 godzin. Po ekstrakcji próbki suszono w suszarce próżniowej w 25°C, a następnie w eksykatorze. Zawartość frakcji żelowych obliczono ze wzoru (1) jako wartość średnią z trzech pomiarów:

$$X = m_1/m_0 \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie: m_1 – masa wysuszonej próbki po ekstrakcji, m_0 – masa próbki przed ekstrakcją.

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



PXBSu_2 KB/BD/XL 2/1/1

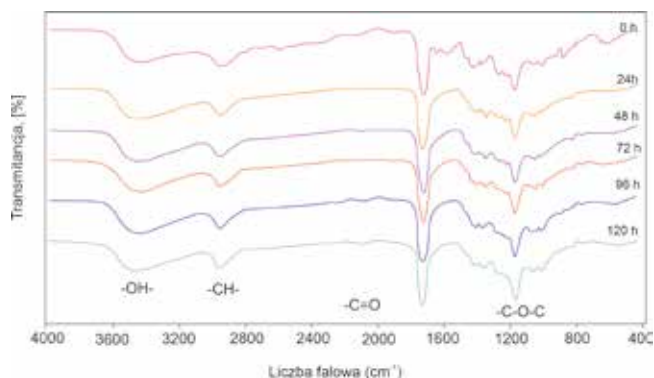


PXBSu_3 KB/BD/XL 3/1/1



PXBSu_4 KB/BD/XL 4/1/1

Rys.1. Elastomery estrowe w trakcie procesu dopolimeryzowania

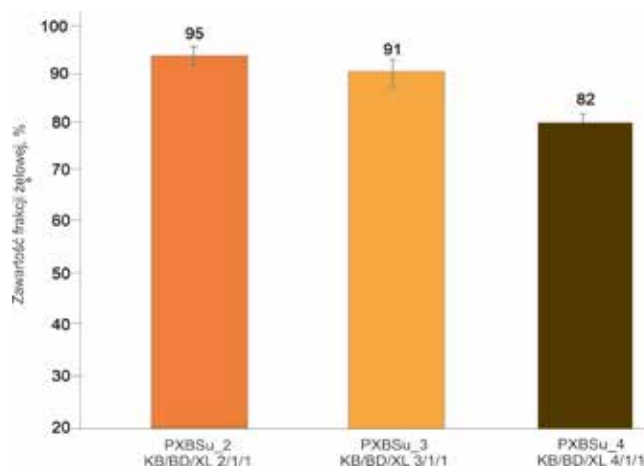


Rys. 2. Widma FTIR poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu) PXBSu zawierającego 3 mole kwasu dikarboksylowego podczas procesu dopolimeryzowania

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

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

Zastosowanie spektroskopii FTIR z transformacją Fourier'a pozwoliło na monitorowanie procesu sieciowania materiałów estrowych. Przebieg procesu sieciowania został pokazany na przykładzie elastomeru, do syntezy którego użyto 3 mole kwasu bursztynowego. Na rys. 2 można zaobserwować dwa charaktery-



Rys. 3. Zawartość frakcji żelowej poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu) PXBSu

styczne zjawiska. Pierwszy to stopniowy zanik piku odpowiadającego za występowanie grup hydroksylowych przy długości fali ok. 3450 cm⁻¹ oraz drugi związany ze wzrostem pasma przy ok. 1730 cm⁻¹, który odpowiada za tworzące się podczas procesu dopolimeryzowania grupy estrowe (drgania rozciągające C=O).

Na rys. 3 zostały przedstawione wyniki oznaczania zawartości frakcji żelowej.

Wszystkie otrzymane materiały charakteryzują się zawartością frakcji żelowej w zakresie 82-95%, co świadczy o ich wysokim stopniu usieciowania. Zaobserwowano, że ilość kwasu bursztynowego ma istotny wpływ na ten parametr. Wraz ze wzrostem

REKLAMA

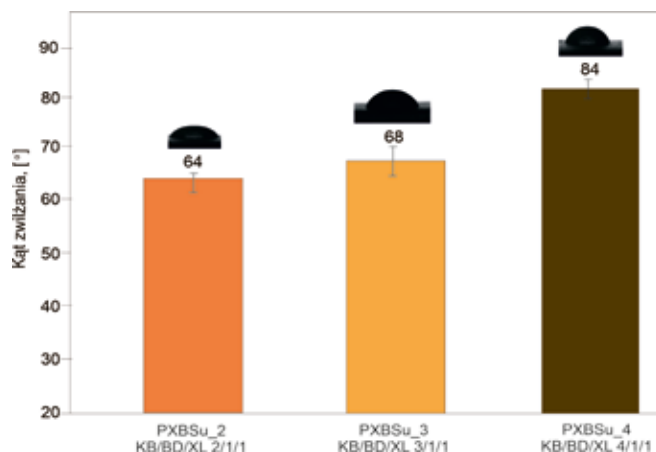
TURN ON

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. 4. Wartości kąta zwilżania dla otrzymanych poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu) PXBSu

udziału molowego kwasu bursztynowego wartości frakcji żelowej, a tym samym stopień usieciowania, są niższe.

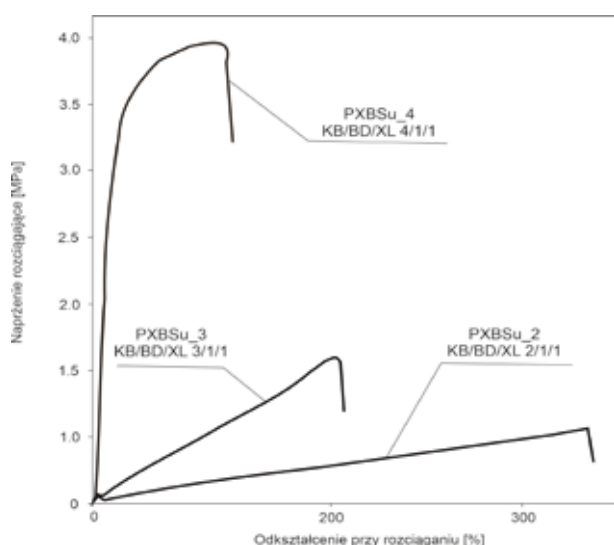
Badanie kąta zwilżania powierzchni na podstawie analizy kształtu kropli miało na celu określić charakter powierzchni otrzymanych poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu). Przedstawione wyżej wyniki pokazują, że przy 2-molowym udziale składnika dikarboksylogowego charakter powierzchni elastomerów jest hydrofilowy (64°). Przy wyższej zawartości kwasu bursztynowego charakter powierzchni zmienia się w kierunku bardziej hydrofobowego.

Na rys. 5 zostały przedstawione charakterystyki naprężenie–wydłużenie otrzymanych poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu).

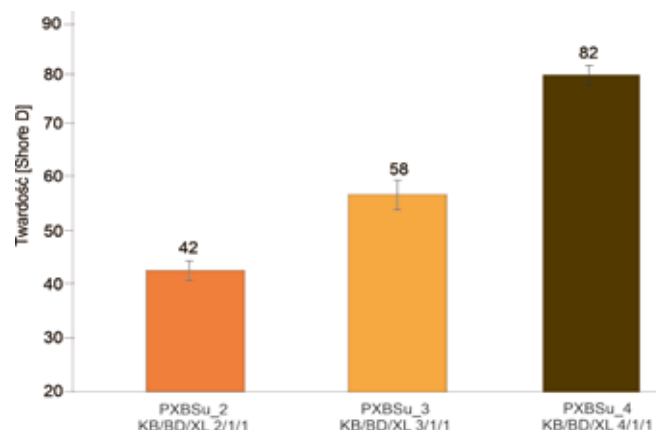
Zaobserwowano, iż wraz ze wzrostem udziału molowego kwasu bursztynowego wzrasta wartość naprężenia zrywającego przy jednoczesnym spadku wydłużenia do zerwania. Materiał o 2-molowym udziale składnika dikarboksylogowego charakteryzuje się najwyższą wartością wydłużenia do zerwania (340%), co świadczy o jego największej elastyczności spośród wszystkich otrzymanych elastomerów. Wyniki te dobrze korespondują z wynikami zawartości frakcji żelowej.

Wyniki twardości według skali Shore'a A przedstawione zostały na rysunku 6.

Można zauważyć znaczny wzrost twardości wraz ze wzrostem



Rys. 5. Właściwości mechaniczne poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu) PXBSu



Rys. 6. Twardość w skali Shore'a A poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu) PXBSu

udziału molowego kwasu bursztynowego. Materiał o 4-molowym udziale kwasu bursztynowego charakteryzuje się najwyższą wartością twardości, co dobrze koresponduje z wynikami badań mechanicznych uzyskanych dla tego elastomeru.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie, że poprzez modyfikację składu surowcowego poli(bursztynianów ksylitolu-co-bursztynianów butylenu) PXBSu można otrzymać materiały, które różnią się pod względem ich potencjalnego zastosowania. Użycie różnego udziału molowego kwasu bursztynowego pokazało jak niewielka zmiana w składzie materiałów pozwala na wytworzenie tak różnych pod względem właściwości fizykochemicznych produktów, od elastycznych po materiały sztywne. Można stwierdzić, że najbardziej optymalnymi właściwościami fizykochemicznymi charakteryzuje się materiał zawierający 3 mole kwasu bursztynowego.

LITERATURA

- [1] Marta Piątek-Hnat, Joanna Pilip, Magdalena Terebelska, Ewelina Kaczmarek, Agnieszka Wojciechowska, Sebastian Kosiński, Zastosowanie alkoholi cukrowych w syntezie elastomerów estrowych, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, nr 3/2016, 100-101.
- [2] Marta Piątek-Hnat, Ewelina Kaczmarek, Agnieszka Wojciechowska, Ewa Wiśniewska, Joanna Pilip, Magdalena Terebelska, Elastomery estrowe zawierające ksylitol, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle, dodatek "Guma i Kauczuki"* nr 7/2016, 27-28.
- [3] Marta Piątek-Hnat, Kinga Cichecka, Natalia Dudar. Nanokompozyty estrowe zawierające monomery ze źródeł naturalnych, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, Nr 2/2017, str. 20-22.
- [4] Marta Piątek-Hnat, Joanna Pilip, Magdalena Terebelska, Ewelina Kaczmarek, Agnieszka Wojciechowska, Sebastian Kosiński, Zastosowanie alkoholi cukrowych w syntezie elastomerów estrowych, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, nr 3/2016, 100-101.
- [5] Marta Piątek-Hnat, Joanna Pilip, Magdalena Terebelska, Ewelina Kaczmarek, Agnieszka Wojciechowska, Sebastian Kosiński, Zastosowanie alkoholi cukrowych w syntezie elastomerów estrowych, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, nr 3/2016, 100-101.

dr hab. inż. Marta Piątek-Hnat

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie



HUZAP GmbH Marie-Curie-Straße 1 53773 Hennef (Niemcy)
Telefon +49 2242 96999 0 Fax +49 2242 96999 29
Internet www.huzap.com e-mail huzap@huzap.com

Instalacje linii mieszalniczych dla przemysłu gumowego



Magazynowanie,
transport
i odważanie głównych
surowców, jak
sadza, białe
komponenty



Magazynowanie
i odważanie
chemikaliów



Odważanie
i dozowanie
elastomerów

Magazynowanie
i odważanie surowców
płynnych



Systemy odpylania
mieszalnika
z odprowadzaniem
zwrotnym pyłu

Obsługa Klienta i części zamienne
Zakład produkcyjny

HUZAP Sp. z o.o. ul. Konstytucji 61 41-905 Bytom (Polska)
Telefon +48 (32) 388 03 00 Fax +48 (32) 282 97 52
Internet www.huzap.pl e-mail huzap@huzap.pl

Kriogeniczne rozdrabnianie jako pierwszy krok w recyklingu odpadowych kabli żelowych

Dawid Sojka, Krzysztof Pikoń, Katarzyna Klejnowska, Marta Lewandowska

W pracy przedstawiono badania oraz wyniki kriogenicznego rozdrabniania odpadowych kabli żelowych pod kątem możliwości rozdzielenia żel hydrofobowego od metalu i tworzyw sztucznych. Badania przeprowadzono z podziałem na 3 etapy: proces rozbijania, nagniatania dynamicznego oraz separacji. Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość oddzielenia żel hydrofobowego od metalu i tworzyw sztucznych z wykorzystaniem metod kriogenicznych. Średni uzysk oddzielonego żel hydrofobowego wyniósł 73,88%.

Jak wynika z danych opublikowanych przez Główny Urząd Statystyczny, polski rynek kabli i przewodów zwiększa swoją wartość. Z przedstawionych danych wynika, że wartość produkcji sprzedanych kabli i przewodów w Polsce w 2020 r. wyniosła 8,78 mld zł, co stanowi 0,8% całego polskiego przemysłu. Oznacza to wzrost o 0,18 mld zł w porównaniu z 2019 r., kiedy wartość produkcji sprzedanych kabli i przewodów wyniosła 8,6 mld zł [1, 2]. Wzrost ilości produkowanych kabli i przewodów powoduje również zwiększenie ilości produkowanych tego typu odpadów. Recykling odpadowych kabli i przewodów jest powszechnie stosowany i polega w głównej mierze na wielostopniowym rozdrabnianiu oraz separacji [3]. Wyzwanie dla polskich firm recyklingowych stanowi odpowiednie, pełne przetwarzanie kabli żelowych. Istotą tego wyzwania jest zastosowanie w tego typu kablach żel hydrofobowy, który, ze względu na swoje właściwości adhezyjne, uniemożliwia ich przetwarzanie wraz z innymi kablami. Obecnie stosowane metody recyklingu tego typu odpadów nie zapewniają odzysku wszystkich surowców. Produktami końcowymi są miedź, aluminium oraz żelowane tworzywo sztuczne. Żel hydrofobowy w obecnych technologiach nie jest odzyskiwany. Alternatywnym sposobem przerobu kabli żelowych jest ich termiczne przetworzenie w piecu pirolitycznym. Metoda ta jest stosowana m.in. do zagospodarowania odpadów wielomateriałowych takich jak blistry farmaceutyczne [4, 5] oraz panele fotowoltaiczne [6]. Termiczne przetwarzanie odpadów wielomateriałowych w piecu pirolitycznym nie zapewnia odzysku pierwotnych surowców, gdyż końcowymi produktami tego procesu są karbonizat, gaz pirolityczny i olej pirolityczny [7]. Odzyskany żel można ponownie wykorzystać do wzdłużnej hydroizolacji kabli oraz jako zabezpieczenie powierzchni przeciw wilgoci, np. w płytach budowlanych. Celem pracy jest określenie możliwości rozdzielenia żel od metalu i tworzyw sztucznych z zastosowaniem metod kriogenicznego rozdrabniania.

KRIOGENICZNE ROZDRABNIANIE

Zapobieganie, minimalizacja ilości powstających odpadów oraz ponowne wykorzystanie surowców wtórnych z odpadów są kluczowymi elementami gospodarki odpadami. Cennym materiałem pochodzącym z odpadów pre- oraz postkonsumenckich

kabli są metale nieżelazne takie jak aluminium oraz miedź, a także izolator termoplastyczny, który można ponownie wykorzystać. Oddzielenie metalu od materiału izolacyjnego w celu ponownego wykorzystania surowca jest istotnym elementem recyklingu kabli.

Stwierdzono, że temperatura podczas rozdzielenia materiałów może mieć wpływ na uniknięcie uszkodzeń rdzenia miedzianego i odzyskanie go jako produktu o wysokiej czystości. Do odzysku metali wykorzystywano proces spalania, który jest prostą i wydajną technologią, jednak jest również szkodliwy dla środowiska, a materiał izolacyjny nie jest odzyskiwany. Obecnie stosuje się technologie separacji mechanicznej, takie jak kriogeniczne rozdrabnianie kabli oraz usuwanie izolacji z kabli. W trakcie rozdrabniania kriogenicznego przy wykorzystaniu ciekłego azotu, materiał izolacyjny staje się mniej elastyczny i możliwe jest jego mechaniczne oddzielenie od miedzianego rdzenia kabla. Właściwości fizyczne materiałów pozwalają na oddzielenie rdzenia miedzi od izolacji poprzez separację magnetyczną, przesiewanie lub separację grawitacyjną. Do wad rozdrabniania kriogenicznego zalicza się przede wszystkim wysoki koszt ciekłego azotu oraz wysokie zużycie energii niezbędne do wieloetapowego rozdrabniania kabli [8, 9].

Podczas rozdrabniania przy schładzaniu materiału ciekłym azotem ważne jest, aby pamiętać, że materiał poddany procesom granulacji wraz ze zwiększaniem temperatury otoczenia powraca do swoich wcześniejszych właściwości fizycznych, co utrudnia kolejne etapy procesu rozdrabniania. Konieczne jest skonstruowanie instalacji w taki sposób, aby zminimalizować straty wprowadzanych mediów i jednocześnie zmaksymalizować szybkość podawania materiału do młyna. Do zalet wykorzystania ciekłego azotu przy rozdrabnianiu kabli należy łatwa dostępność, obsługa i kontrola, a także obojętna atmosfera. Do wad technologii należy wysokie zużycie energii i wysokie koszty inwestycyjne, związane z dostawą czynników chłodzących.

W celu zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych związanych z dużym zużyciem ciekłego azotu, opracowano alternatywną technologię ograniczającą koszty zużycia materiałów [10, 11]. Wilczek i współpr. [8] proponują ograniczyć koszty zużycia czynników chłodzących podczas procesów rozdrabniania, wyłączając

częściowo lub całkowicie użycie ciekłego azotu i zastosowanie alternatywnej instalacji chłodniczej. Przy zastosowaniu alternatywnej metody chłodzenia, obniżenie kosztów eksploatacji będzie możliwe dopiero w dłuższej perspektywie czasu, ze względu na wysokie nakłady inwestycyjne [8]. Przykładowy proces przerobu kabli przy wykorzystaniu ciekłego azotu składa się z 4 etapów: (i) sortowanie kabli, rozdrabnianie na fragmenty o długości 3–5 cm, (ii) umieszczanie w ciekłym azocie, (iii) rozdrabnianie mechaniczne, np. w prasie rolkowej oraz (iv) przesiewanie otrzymanych frakcji. Linia technologiczna do recyklingu odpadowych kabli żelowych może się składać z maszyny płuczącej przewody, maszyny tnącej, pojemnika chłodzącego, przenośnika, separatorów, filtra, skraplacza i zbiornika na ciekły azot. Podczas procesu, sortowanie, mycie, suszenie i rozdrabnianie jest wykonywane w temperaturze otoczenia. Następnie, podczas rozdrabniania kriogenicznego, materiał jest mielony na cząstki, następnie sortowany w celu uzyskania metalu i tworzywa sztucznego, a powstały w formie gazowej azot ulega skropleniu i jest zawracany do procesu kriogenicznego [9, 11].

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Surowce

W badaniach stosowano 6 rodzajów odpadowych kabli żelowych, których skład przedstawiony jest w publikacji [2]. Średnie zawartości poszczególnych surowców wynosiły: miedź 45,77%, aluminium 4,89%, tworzywo sztuczne 37,40% i żel hydrofobowy 6,42%²). Na rys.1 przedstawiono całe kable stosowane do badań. W tabeli 1 zestawiono informacje o średnicy, długości oraz masie całych kabli.

Celem prób kriogenicznego rozdrabniania oraz separacji odpadowych kabli żelowych było zbadanie możliwości oddzielenia żeluz hydrofobowego od metalu i tworzyw sztucznych.



Rys. 1. Materiały wykorzystane do badań - badany kabel żelowy nr 1

Tabela 1. Zestawienie podstawowych informacji o badanych materiale

| Zestawieni badanych kabli | | | |
|---------------------------|-------------|-----------|---------|
| Numer kabla | średnica mm | długość m | masa kg |
| 1 | 33,00 | 0,79 | 1,56 |
| 2 | 33,00 | 0,70 | 0,82 |
| 3 | 20,00 | 2,36 | 1,38 |
| 4 | 9,72 | 0,95 | 0,09 |
| 5 | 10,55 | 0,50 | 0,05 |
| 6 | 7,63 | 3,63 | 0,40 |



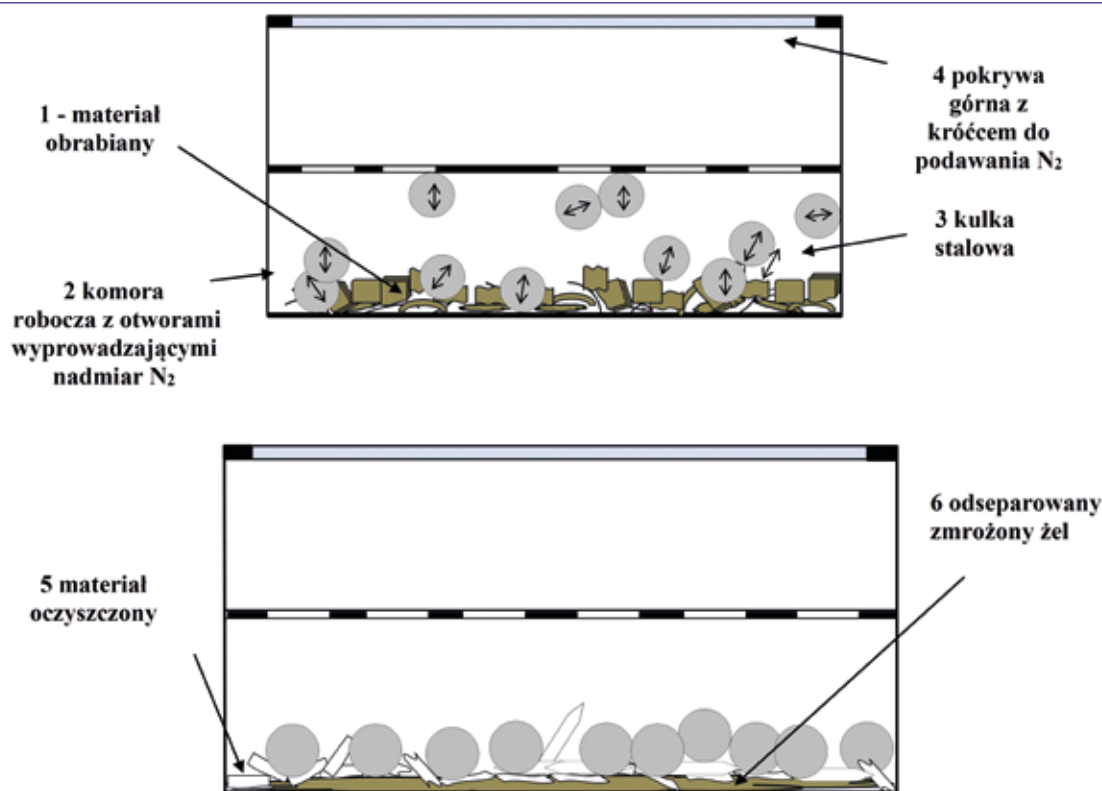
Rys. 2. Aparatura badawcza; a - sprzęt do ciekłego azotu, b - młynek tarczowo-wibracyjny Fritsch Pulverisette 9, c - uniwersalny młynek tnący Fritsch Pulverisette 19, d - pojemnik do przeprowadzania nagniatania mechanicznego, e - wstrząsarka laboratoryjna TYP LPzE-2e firmy Multiserw

Metodyka badań

Stanowisko badawcze do przeprowadzenia prób kriogenicznego rozdrabniania oraz separacji odpadowych kabli żelowych przedstawiono na rys. 2. W skład stanowiska badawczego wchodziło: (I) urządzenie do przechowywania oraz podawania ciekłego azotu, czyli zamknięty zbiornik wraz z dwoma przenośnymi termosami o pojemności 6 l; (II) stanowisko do rozdrabniania - wytypowano 3 metody rozdrabniania: manualne, za pomocą młotka o masie 850 g, młynka tarczowo-wibracyjnego Fritsch Pulverisette 9 lub uniwersalnego młynka tnącego Fritsch Pulverisette 19; (III) nagniatanie dynamiczne (tzw. kulkowanie) przeprowadzono w specjalnym pojemniku [12], składającym się z komory roboczej z otworami odprowadzającymi nadmiar ciekłego azotu oraz pokrywy z centralnie umieszczonym króćcem do podłączenia przewodu podającego ciekły azot ze zbiornika oraz (iv) wstrząsarka laboratoryjna typ LPzE-2e firmy Multiserw.

Fragmenty kabli poddano mrożeniu za pomocą ciekłego azotu, a następnie rozdrobnieniu i procesowi nagniatania mechanicznego oraz separacji sitowej. Zasadę działania procesu nagniatania dynamicznego przedstawiono na rys. 3. Materiał obrabiany 1 umieszczono w komorze roboczej 2, która była posadowiona na wibratorze. Elementem obrabiającym były kulki stalowe 3 o średnicy 15 mm i łącznej masie 362,88 g. Komora zamykana była pokrywą górną 4. Następnie pojemnik był podłączany przewodem za pomocą króćca gwintowanego do zbiornika z ciekłym azotem oraz poddawany wytrząsaniu za pomocą wstrząsarki laboratoryjnej typ LPzE-2e firmy Multiserw przy amplitudzie 60 mm i z częstotliwością 50 Hz, przez 6 min. Proces nagniatania dynamicznego zachodził w otoczeniu ciągle podawanego ciekłego azotu. Podczas procesu dochodziło do

Rys. 3. Proces nagniatania dynamicznego.
1 - materiał obrabiany, 2 - komora robocza z otworami wyprowadzającymi nadmiar N_2 , 3 - kulka stalowa, 4 - pokrywa górna z króćcem do podawania N_2 , 5 - materiał oczyszczony, 6 - odseparowany zmrożony żel

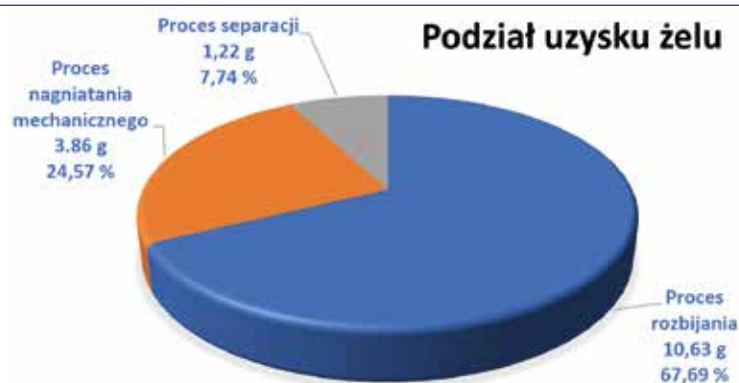


zderzania się kul stalowych z materiałem obrabianym, ze sobą oraz ściankami komory z różną prędkością oraz pod różnym kątem, co powodowało przekazanie energii kinetycznej i usunięcie zmrożonego żelu z powierzchni materiału. Separację sitową zastosowano w celu przesiania skryształizowanego żelu, który uległ oddzieleniu od powierzchni metali i tworzyw sztucznych podczas procesu kulkowania. Wykorzystano sito laboratoryjne z nierdzewnej siatki tkanej o wymiarze oczka 1 mm. Sito wraz z pokrywą i zbiornikiem końcowym były elementami zestawu przeznaczonego do wstrząsarki laboratoryjnej. W trakcie procesów rozbijania, nagniatania mechanicznego oraz separacji, naczynie robocze, w którym wykonywano dany proces, zostało wyłożone przezroczystą folią typu stretch. Miało to na celu zgromadzenie odseparowanego żelu oraz zapobieganie jego osadzaniu się na powierzchni naczynia roboczego. Po rozmrożeniu, dzięki swoim właściwościom adhezyjnym, żel przylegał do powierzchni folii, a reszta badanego materiału została odważona i przeniesiona do kolejnego naczynia roboczego. Każdy z procesów odbywał się w oddzielnym naczyniu. Uzysk otrzymanego żelu określano na podstawie różnicy masy folii stretch przed rozpoczęciem danego procesu oraz niezwłocznie po jego zakończeniu.

Wyniki badań

Przeprowadzono serię prób rozdrobnienia za pomocą młynka tarczowo-wibracyjnego Fritsch Pulverisette 9. W ich wyniku badane próbki kabli nie uległy rozdrobnieniu. Następnie zmrożony materiał badawczy poddano rozdrobnieniu za pomocą uniwersalnego młynka tnącego Fritsch Pulverisette 19. Wykorzystane urządzenie pozwoliło na rozdrobnienie materiału, jednak działanie noży spowodowało nadmierny wzrost temperatury, pod wpływem której żel hydrofobowy przechodził z postaci krystalicznej do smaru. Na nożach młynka zaobserwowano osadzanie się znacznej ilości żelu. Nadmierne rozdrobnienie materiału uniemożliwiało wykonanie procesu nagniatania mechanicznego. Zbyt rozdrobniony materiał był wydychany przez otwory wraz z nadmiarem ciekłego azotu. Z powodu osiągnięcia niesatysfakcjonującego (zbyt dużego) stopnia rozdrobnienia, etap rozdrabniania przeprowadzono ręcznie za pomocą młotka o masie 850 g. Materiał został rozdrobniony na kawałki o wielkości w zakresie 1–10 mm. W dalszych etapach badań przewiduje się zastąpienie ręcznego rozdrabniania odpowiednio dobranym urządzeniem do rozdrabniania.

Przeprowadzono łącznie 16 prób kriogenicznego rozdrabniania oraz separacji. Masy próbek badanego materiału mieściły się w zakresie 2,31–45,18 g. Największy uzysk żelu hydrofobowego wyniósł 99,43%, a najmniejszy uzysk żelu był równy 43,86%. Dla 9 przeprowadzonych prób uzysk żelu był powyżej 75%. Średni uzysk żelu dla wszystkich wykonanych prób wyniósł 73,88%. Uzysk żelu badano podczas każdego z trzech przeprowadzonych procesów. Największą ilość uzyskanego żelu hydrofobowego otrzymano podczas procesu rozbijania i wyniosła ona 67,69% całego uzysku. Następnie podczas procesu nagniatania dynamicznego pozyskano 24,57% całego odseparowanego żelu. Najmniejszą część, stanowiącą 7,74% całego uzyskanego żelu, otrzymano przeprowadzając proces separacji sitowej. Na rys.4 przedstawiono wyniki uzysku żelu z podziałem na przeprowadzane procesy.



Rys. 4. Podział uzysku żelu hydrofobowego na poszczególne procesy

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają możliwość oddzielenia żelut hydrofobowego od metalu i tworzyw sztucznych z wykorzystaniem kriogenicznego rozdrabniania oraz separacji. Wykonane próby wykazały średni uzysk oddzielonego żelut hydrofobowego na poziomie 73,88%.

Rozpatrując stopień odzysku żelut w odniesieniu do poszczególnych operacji, wyniósł on dla procesu rozbijania: 67,69%, procesu kulkowania 24,57% i procesu separacji 7,74% całego uzysku.

Zróznicowany poziom uzysku żelut hydrofobowego w poszczególnych próbkach wynika z niewielkiej masy części próbek. Przewiduje się wykonanie badań porównawczych próbek o większej masie.

LITERATURA

- [1] <https://www.rynekelektryczny.pl/produkcja-kabli-i-przewodow-w-polsce/#>, dostęp dnia 08.06.2022r.
- [2] D. Sojka, K. Pikoń, K. Klejnowska, M. Lewandowska, [w:] Współczesne problemy ochrony środowiska i energetyki 2021, (red. M. Bogacka, K. Pikoń), Monografia, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2022, ISBN 978-83-964116-0-0.
- [3] J. Kozłowski, W. Mikłasz, D. Lewandowski, M. Potempa, M. Gawliczek, D. Sojka, Recycling odpadów poużytkowych w Polsce zawierających metale nieżelazne w strategii na rzecz zrównoważonego rozwoju, Monografia 756, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2019.
- [4] K. Klejnowska, K. Pikoń, W. Ścierański, A. Zajęzowski, Przem. Chem. 2019, 98, nr, 1414.

- [5] K. Pikoń, W. Ścierański, K. Klejnowska, Ł. Myćka, A. Janosza, A. Sinek, Energies 2021,14, nr 6, 1782.
- [6] M. Bogacka, M. Potempa, B. Milewicz, D. Lewandowski, K. Pikoń, K. Klejnowska, P. Sobik, E. Misztal, Sustainability 2020, 12, 10562.
- [7] K. Klejnowska, K. Pikoń, W. Ścierański, K. Skutil, M. Bogacka, Appl. Sci. 2020, 10, nr 3, 737.
- [8] V. Maksin, V. Striska, I. Tetsman, Mat. Konf. 8th Int. Conf. Environ.Eng., 19–20 maj 2011, Wilno, Litwa.
- [9] L. Li, G. Liu, D. Pan, W. Wang, Y. Wu, T.X. Zuo, Resour. Conserv. Recycl.2017, 126.
- [10] M. Wilczek, J. Bertling, S. Hinteman, Int. J.Mineral Process. 2004, 74 Suppl., 425S.
- [11] <https://patents.google.com/patent/CN101404194A/en?q=CN101404194A> dostęp dnia 08.06.2022r.
- [12] W. Mikłasz, J. Kozłowski, M. Gawliczek, D. Lewandowski, Sprawozdanie Łukasiewicz-IMN nr 7919/19.

Artykuł został pierwotnie opublikowany w czasopiśmie „Przegląd Chemiczny” 2022, T. 101, nr 8, s. 576 – 579.

mgr inż. Dawid Sojka¹, prof. dr hab. inż. Krzysztof Pikoń², dr inż. Katarzyna Klejnowska¹, mgr Marta Lewandowska¹

1 – Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Metali Nieżelaznych w Gliwicach,

2 – Politechnika Śląska w Gliwicach

REKLAMA

Wesołych Świąt!

Wesołych Świąt Bożego Narodzenia oraz Szczęśliwego Nowego Roku życzy PPH COOL, producent urządzeń chłodniczych z czynnikami ekologicznymi R290 oraz R744.

| | | | |
|--|--|----------------|--|
| | PPH COOL • ul. Lipowa 10 • 05-123 Chotomów | | |
| | tel. 22 772 64 18 • 22 772 64 83 • cool@cool.pl • cool.pl | | |
| Temat: Agregat wody lodowej AQUACOOŁ GREEN | | | |
| Data: 25/12/2023 | Widok: zewnętrzny | Model: VCGN260 | |
| Projektant: Święty Mikołaj | Sprawdził: Dział Techniczny PPH COOL | Skala: 1:100 | |

Tworzymy
biznesową przestrzeń



PLASTPOL

28. Międzynarodowe Targi Przetwórstwa
Tworzyw Sztucznych i Gumy

21-24 | 05 | 2024
Kielce



enjoy
INNOVATION



TEMPRO plus
Temperature controllers



Urządzenia do recyklingu w ofercie ELBi-Wrocław

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

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

W ostatnim czasie WANNER Technik opracował i wprowadził do sprzedaży nową generację młynów COMPACT, które charakteryzują się niższą emisją pyłu, cichszą pracą i możliwością instalacji czujników napełnienia bez konieczności modyfikacji młyna. Dodatkowo w ofercie pojawił się całkowicie nowy model młyna CLE 23.35 o wzmocnionej konstrukcji oraz wyjątkowo niskiej emisji hałasu.

Seria DYNAMIC to średniej wielkości młyny zapewniające najwyższą wydajność pracy przy zachowaniu kompaktowych rozmiarów urządzenia.

Łamacze z serii X-tra zapewniają cichą i efektywną pracę przy rozdrabnianiu małych detali i kanałów wlewowych.

Małe i średnie młynki pracujące bezpośrednio przy wtryskarkach dostępne są również w wyposażeniu GREEN LINE, gdzie pracą młynka steruje regulowany układ czasowy lub sygnał wystawiany


przez maszynę. Młynki nie pracują cały czas, a jedynie wtedy gdy jest to potrzebne. Układ ten pozwala na oszczędność nawet do 50% energii elektrycznej w zależności od parametrów aplikacji.

Wszystkie młyny mogą być wyposażone w automatyczne systemy odbioru przemiału. Dodatkowo dla bardziej wymagających aplikacji można stosować zintegrowane lub zewnętrzne jednostki odpylające z regulacją separowanej frakcji. Odpylony przemiał jest łatwiejszy w przetwarzaniu i podnosi wydajność oraz jakość produkcji.

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

ELBi-Wrocław Sp. z o.o.
ul. Muchoborska 4a, 54-424 Wrocław
tel. +48 71 333 00 33
elbi@elbi.com.pl





***Wszystkim Klientom,
Partnerom
i Przyjaciołom życzymy
pełnych miłości
i spokoju Świąt Bożego
Narodzenia.***

***Niech Nowy Rok
przyniesie Państwu
tę odrobinę szczęścia,
która sprawi,
że wszystkie podjęte
działania
zakończą się sukcesem.***

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

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

Wpływ struktury geometrycznej powierzchni gniazda formy na właściwości i stan powierzchni wyprasek

Sara Dudzińska, Zenon Tartakowski

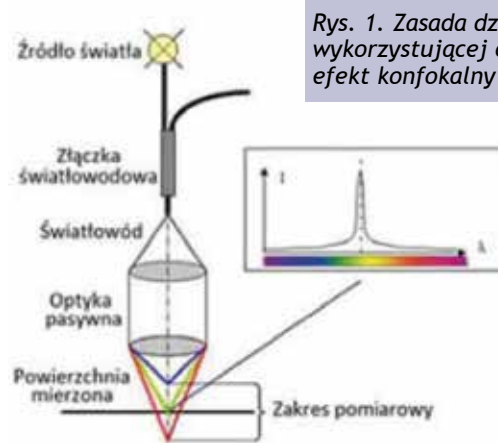
Tworzywa sztuczne są grupą materiałową o szerokim zakresie właściwości, dzięki czemu możliwe jest ich zastosowanie w wielu dziedzinach życia, tj. przemysł maszynowy, budowlany, medyczny, motoryzacyjny, a także opakowaniowy. We współczesnym projektowaniu elementów stawia się nacisk nie tylko na funkcjonalność wytwarzanych części, lecz także na ich design [1,2]. Jedną z najbardziej rozpowszechnionych technik otrzymywania elementów z tworzyw polimerowych jest przetwórstwo metodą wtryskiwania, w którym jakość uzyskanego detalu w znacznym stopniu jest uzależniona od dokładności wykonania gniazda formującego. Istnieje szereg technologii ubytkowych stosowanych w wytwarzaniu gniazd formujących. W większości są to procesy wieloetapowe, gdzie w fazie początkowej dochodzi do nadania gniazdu kształtu przyszłego wyrobu zaś w dalszych procesach uzyskuje się odpowiednią jakość jej powierzchni [2, 3]. W praktyce przemysłowej najczęściej stosuje się obróbkę wykańczającą ręczną. W wyniku tej obróbki dochodzi do zmiany geometrii powierzchni formującej wypraskę. Powoduje to uzyskanie różnych wysokości przyszłej wypraski. W konsekwencji możliwe są zmiany właściwości wytrzymałościowych wyrobu, bowiem struktura geometryczna powierzchni wyrobu (SGP) ma znaczący wpływ na eksploatację oraz zużycie części maszyn [4-6]. W przypadku elementów otrzymywanych technologią wtrysku na powierzchnię detalu mają wpływ nie tylko zastosowane parametry wtrysku [7,8], lecz również stan powierzchni gniazda formującego [1]. Bardzo dokładna obróbka gniazda formy wtryskowej ma szczególne znaczenie w przypadku otrzymywania elementów przezroczystych (takich jak soczewki) lub elementów o bardzo refleksyjnej powierzchni we współczesnym designie [1, 2]. Ze względu na bardzo wysokie wymagania dotyczące jakości powierzchni w procesie kontroli muszą być wykorzystane specjalne narzędzia umożliwiające zarówno ocenę topografii powierzchni gniazda, jak i ocenę SGP wypraski.

Celem badań było określenie struktury geometrycznej powierzchni gniazda formującego formy wielogniazdowej i przeanalizowano wpływ SGP gniazda formy wtryskowej na wytrzymałość przy statycznym rozciąganiu wypraski. Podstawowe wielkości określające geometrię powierzchni gniazda i wyprasek zbadano przy użyciu mikroskopii konfokalnej. Następnie dokonano badań wytrzymałościowych wytworzonych wyprasek przy określonych parametrach przetwórczych.

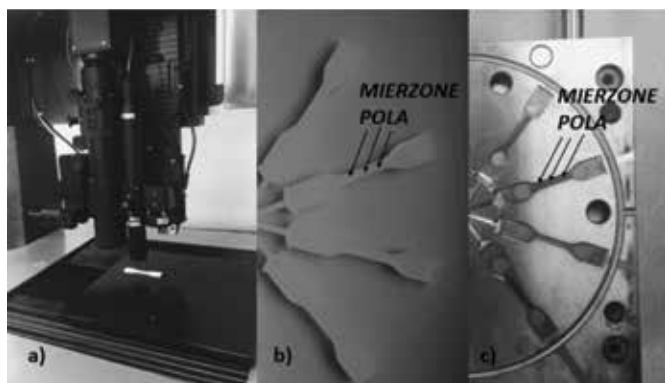
OPIS BADAŃ

Dzięki ocenie SGP w układzie 3D uzyskujemy pełniejszy opis powierzchni oraz jej cech. Poprzez wyznaczenie parametrów z różnych grup (funkcjonalne, przestrzenne, wysokościowe, objętościowe) możliwa jest nie tylko ocena powierzchni w momencie wytwarzania, ale także predykcja zachowania się części podczas eksploatacji [9,10]. Podczas przeprowadzonych badań zastosowano ocenę struktury geometrycznej powierzchni gniazd formy wtryskowej oraz wyprasek przy wykorzystaniu chromatycznej mikroskopii konfokalnej. W trakcie pomiaru dochodzi do skanowania badanej powierzchni wiązką światła punkt po punkcie. Specjalny układ soczewek w sensorze zapewnia uzyskanie zjawiska podłużnej aberracji chromatycznej, tzn. różnej długości ogniskowania soczewki dla fal o różnej długości. Po odbiciu fali świetlnej z powierzchni poprzez specjalne narzędzia, dochodzi do detekcji sygnału, jego wzmocnienia, a następnie analizy zmierzonej wysokości. Zastosowanie tego rodzaju pomiaru umożliwia nie tylko wyznaczenie parametrów SGP, ale także zobrazowanie powierzchni za pomocą map konturowych i obrazów izometrycznych [9, 11]. Na rysunku 1 przedstawiono zasadę działania głowicy wykorzystującej chromatyczny efekt konfokalny.

Badania Struktury Geometrycznej Powierzchni (SGP) zostały przeprowadzone w Laboratorium Topografii Powierzchni ZUT w Szczecinie. Pomiary wykonano przy użyciu multisensorycznej maszyny pomiarowej do badań topografii powierzchni Altisurf



Rys. 1. Zasada działania głowicy wykorzystującej chromatyczny efekt konfokalny [12]



Rys. 2. Badania przy użyciu mikroskopii konfokalnej a) pomiar SGP wypraski z PP przy użyciu mikroskopii konfokalnej maszyną Altisurf A520, b) pola pomiarowe otrzymanych próbek z PP, c) pola pomiarowe na powierzchni gniazd formy wtryskowej

A520, firmy Altimet, wykorzystując chromatyczny sensor konfokalny, CL1 o zakresie pracy do 130 μm i rozdzielczości pionowej 8 nm. Pomiar przeprowadzono zgodnie z normą: Badania struktury geometrycznej powierzchni, metoda konfokalna zgodnie z ISO 25178-602:2010. Pomiary wykonano na wybranych polach o wymiarach 1x1mm. Następnie zebrane dane, w postaci chmury punktów, poddano analizie i opracowano (zgodnie z normą ISO 25178) z użyciem oprogramowania AltMap PRE MIU M 6.2.

Dla każdej zarejestrowanej chmury punktów powierzchni stosowano dobraną na podstawie wcześniejszych badań metodykę analizy topografii powierzchni, obejmującą: skanowanie badanej powierzchni, wyodrębnienie określonych powierzchni o polach równych 0,8 mm x 0,8 mm, usunięcie kształtu metodą wielomianu 4 rzędu, usunięcie błędnie zebranych punktów powierzchni, a następnie wyznaczenie wartości wybranych stereometrycznych parametrów chropowatości.

Na rysunku 2 przedstawiono próbkę PP podczas badań (rys. 2a) oraz wskazano miejsca pomiaru na wyprasce (rys. 2b) i na gniazdach formy wtryskowej (rys. 2c). Pomiaru dokonywano na trzech polach na długości pomiarowej każdej wypraski i tych samych miejscach na powierzchniach każdego gniazda formy wtryskowej.

Po przeprowadzonych badaniach SGP formy i wyprasek przeprowadzono badania wytrzymałościowe wyprasek. Zrealizowano je przy użyciu maszyny wytrzymałościowej SU NPOC WDW-5D. Zastosowana prędkość rozciągania wynosiła 50 mm/min. Do badań użyto próbek o kształcie wiosełek ukazanych na rys. 2b.

MATERIAŁ BADAWCZY

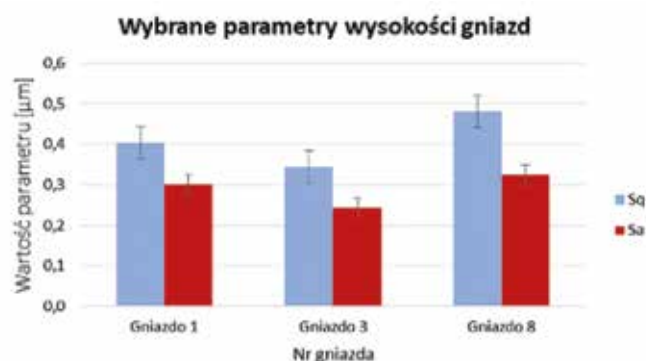
Do badań wykorzystano polipropylen o nazwie handlowej Malen P J-601 ® (gęstość: 0,94 g/cm³). Wtrysku tworzywa do formy dziesięćgniazdowej o gniazdach w kształcie próbek do badań wytrzymałościowych dokonano przy użyciu wtryskarki BOY 15, stosując następujące parametry procesu wtryskiwania: temperatura formy: 30 °C, temperatura wtrysku: 220, 220, 210, 200 °C, ciśnienie wtrysku: 75 MPa; 100 MPa, czas cyklu: 30s.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki badań SGP powierzchni trzech wybranych gniazd formujących użytej formy wtryskowej przedstawiono w tabeli 1.

Mimo że wartości parametrów SGP poszczególnych gniazd powinny być takie same, to nieznacznie się różnią. Różnice w wartościach parametru Sq wynoszą maksymalnie 30%, a parametru Sa 25%. Na rysunku 3 zestawiono wartość parametrów Sq oraz Sa dla poszczególnych gniazd.

Średnie wartości wybranych parametrów funkcyjnych objętości (V_m , V_v , V_{mp} , V_{mc}), cech (Sh_a , Sdv , Sh_v) i parametrów funkcyjnych (Sk , Svk) dla wybranych gniazd i odpowiadających im powierzchni wyprasek wytworzonych przy dwóch różnych ciśnieniach wtrysku przedstawiono w tabeli 2. Wartości parametrów w większości przypadków zostały zapisane w notacji naukowej (np. 1,44E-05, oznacza 1,44·10⁻⁵). Opis „Wypraska 1, 75 MPa” oznacza wypraski pochodzące z gniazda 1 wytworzone przy zastosowaniu ciśnienia równego 75MPa, analogicznie „Wypraska 1, 100 MPa” to wypraski pochodzące z gniazda 1 wytworzone przy zastosowaniu ciśnienia równego 100 MPa. Analogiczny sposób opisu zastosowano dla wyprasek pochodzących z pozostałych gniazd.



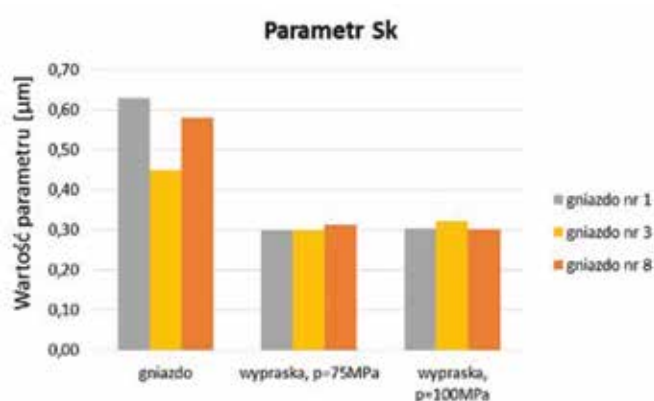
Rys. 3. Wartości parametrów Sq i Sa dla wybranych gniazd

Tabela 1. Wybrane wartości parametrów SGP gniazd formy wtryskowej

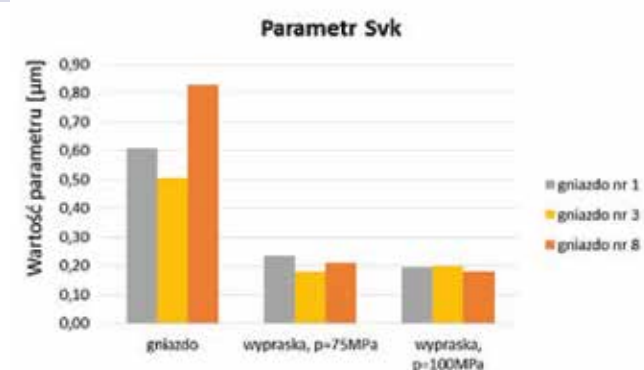
| Parametry wysokości | | Jednostka | Gniazdo 1 | Gniazdo 3 | Gniazdo 8 |
|---------------------|--|---------------|-----------|-----------|-----------|
| Sq | Wysokość średniokwadratowa powierzchni | μm | 0,404 | 0,344 | 0,481 |
| Ssk | Asymetria powierzchni | – | -1,107 | -0,478 | -1,567 |
| Sku | Kurtoza powierzchni | – | 6,420 | 7,670 | 15,100 |
| Sp | Maksymalna wysokość piku powierzchni | μm | 2,900 | 3,963 | 4,310 |
| Sv | Maksymalna wysokość wgłębienia powierzchni | μm | 4,143 | 3,377 | 7,653 |
| Sz | Maksymalna wysokość powierzchni | μm | 7,043 | 7,337 | 11,967 |
| Sa | Średnia arytmetyczna wysokość powierzchni | μm | 0,301 | 0,243 | 0,325 |

Tabela 2. Wybrane wartości parametrów SGP gniazd formy oraz wyprasek z PP

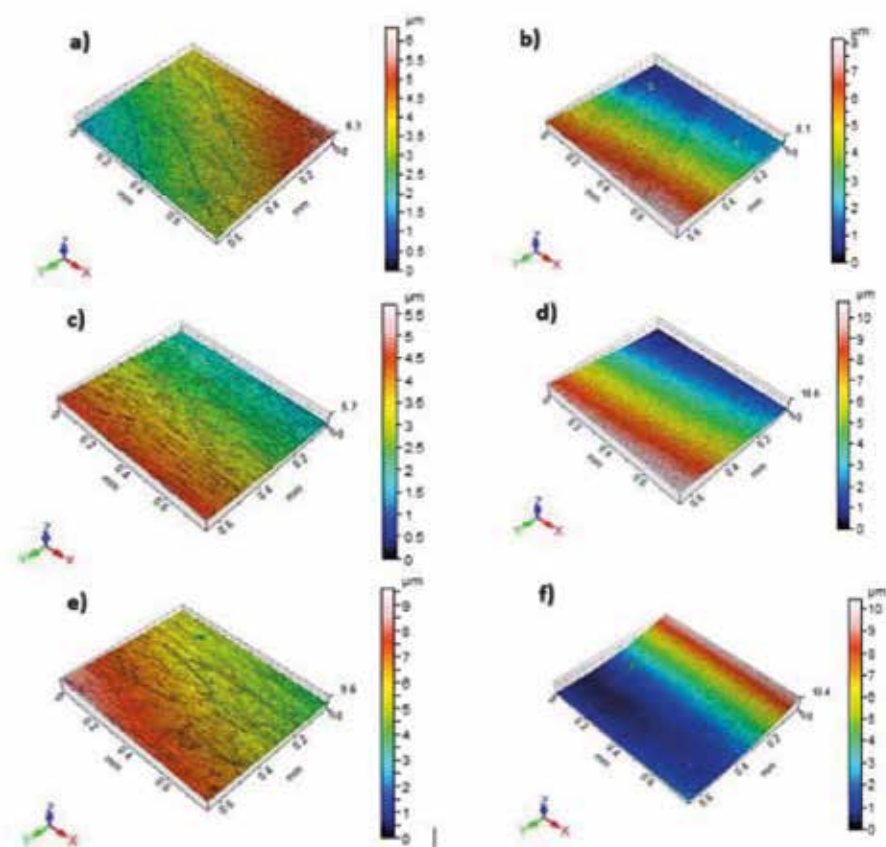
| Nazwa parametru | Jednostka | Gniazdo 1 | Wypraska 1, 75 MPa | Wypraska 1, 100 MPa | Gniazdo 3 | Wypraska 3, 75 MPa | Wypraska 3, 100 MPa | Gniazdo 8 | Wypraska 8, 75 MPa | Wypraska 8, 100 MPa |
|-----------------|----------------------------------|-----------|--------------------|---------------------|-----------|--------------------|---------------------|-----------|--------------------|---------------------|
| Vm | mm ³ /mm ² | 1,44E-05 | 2,96E-05 | 3,13E-05 | 2,15E-05 | 1,54E-05 | 2,72E-05 | 2,69E-05 | 1,86E-05 | 1,48E-05 |
| Vv | mm ³ /mm ² | 4,63E-04 | 2,55E-04 | 1,15E-03 | 3,89E-04 | 3,84E-04 | 5,83E-04 | 5,09E-04 | 2,58E-04 | 4,49E-04 |
| Vmp | mm ³ /mm ² | 1,44E-05 | 2,96E-05 | 3,13E-05 | 2,15E-05 | 1,54E-05 | 2,72E-05 | 2,69E-05 | 1,86E-05 | 1,48E-05 |
| Vmc | mm ³ /mm ² | 3,22E-04 | 1,59E-04 | 6,56E-04 | 2,43E-04 | 2,51E-04 | 3,41E-04 | 3,15E-04 | 1,68E-04 | 2,89E-04 |
| Sha | mm ² | 9,51E-05 | 1,09E-03 | 7,15E-04 | 2,72E-04 | 8,78E-04 | 3,09E-04 | 4,42E-04 | 1,07E-04 | 2,50E-05 |
| Sdv | mm ³ | 4,26E-09 | 9,99E-09 | 3,77E-09 | 1,05E-08 | 6,78E-09 | 1,94E-09 | 2,37E-08 | 1,19E-09 | 5,43E-10 |
| Shv | mm ³ | 5,21E-09 | 2,29E-08 | 9,79E-09 | 1,09E-08 | 2,22E-08 | 7,45E-09 | 2,29E-08 | 3,01E-09 | 6,96E-10 |
| Sk | μm | 0,629 | 0,300 | 0,304 | 0,449 | 0,299 | 0,322 | 0,579 | 0,312 | 0,301 |
| Svk | μm | 0,608 | 0,235 | 0,196 | 0,508 | 0,181 | 0,199 | 0,829 | 0,211 | 0,182 |



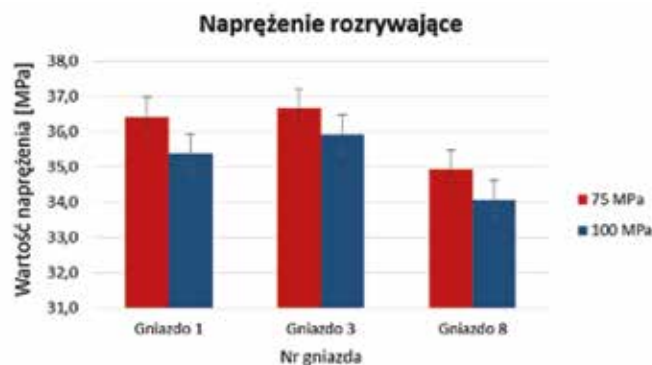
Rys. 4. Wartości parametrów Sk dla wybranych gniazd i odpowiadających im wyprasek



Rys. 5. Wartości parametrów Sv dla wybranych gniazd i odpowiadających im wyprasek



Rys. 6. Obrazy izometryczne zarejestrowanych, niewypoziomowanych powierzchni: a) powierzchnia gniazda nr 1 formy wtryskowej, b) powierzchnia wypraski z gniazda nr 1 (przy p=75 MPa), c) powierzchnia gniazda nr 3, d) powierzchnia wypraski z gniazda nr 3 (przy p=75 MPa), e) powierzchnia gniazda nr 8, d) powierzchnia wypraski z gniazda nr 8 (przy p=75 MPa)



Rys. 7. Wartości średnie napężenia rozrywającego dla wyprasek z analizowanych gniazd

Z badań wynika, że wartości parametrów objętości (V_m , V_v , V_{mp} , V_{mc}) dla gniazd oraz odpowiadających im wyprasek są różne, co może być związane z technologią procesu wtryskiwania. Zastosowanie różnych ciśnień wtrysku w niewielkim stopniu wpływa na wartość tych parametrów.

Na rysunku 4 i rysunku 5 przedstawiono wartości parametrów S_k oraz S_{vk} dla analizowanych gniazd i odpowiadających im wyprasek. Wartości parametrów funkcyjnych (S_k , S_{vk}) są mniejsze dla powstałych wyprasek niż dla odpowiadających im gniazd. Stwierdzono niewielkie zmiany parametrów w zależności od wartości ciśnienia wtrysku.

Na rysunkach 6a-f przedstawiono zarejestrowane powierzchnie analizowanych gniazd i wyprasek z PP. Rysunki 6a, 6c oraz 6d przedstawiają mapę konturową powierzchni gniazda formy wtryskowej. Występujące nierówności wynikają z przeprowadzonego procesu obróbkowego oraz eksploatacji formy. Rysunki 6b, 6d oraz 6f przedstawiają powierzchnię otrzymanych wyprasek po procesie wtryskowym. Występujące nierówności na powierzchni wypraski związane są z powierzchnią gniazda oraz użytymi parametrami procesu wtryskowego.

Na rysunku 7 przedstawiono wartości średnich napężenia rozrywającego dla wyprasek z analizowanych gniazd przy różnych ciśnieniach wtrysku (75 MPa, 100 MPa).

Na podstawie przeprowadzonych badań zauważono, że nawet niewielkie różnice w SGP gniazda formy wtryskowej mogą mieć wpływ na właściwości mechaniczne wyprasek. Wypraski z gniazda nr 3, dla którego zarejestrowano najmniejsze wartości parametrów wysokościowych (gniazdo było najgładsze), odznaczały się także największą wytrzymałością podczas rozciągania.

PODSUMOWANIE

Problematyka badań SGP jest w niewystarczający sposób przedstawiona w literaturze. Brak jest szeregu wiadomości pozwalających skorelować parametry struktury geometrycznej gniazda formującego, wypraski z parametrami przetwórstwa oraz właściwościami mechanicznymi wytworów. W szczególności jest to istotne dla większości tworzyw polimerowych mających zastosowanie techniczne. Podczas produkcji form wtryskowych, gdzie szczególną uwagę zwraca się na jakość powierzchni przyszłego wyrobu, istotnym jest poznanie SGP wybranej powierzchni gniazda.

Przedstawione w pracy wyniki pokazały, że struktura geometryczna powierzchni wybranych losowo gniazd jest różna. Przeprowadzone wyniki badań wytrzymałościowych wykazały niewielkie zmiany w wytrzymałości wyprasek. Wprowadzenie nowych technologii wytwarzania form wtryskowych (np. metody

addytywne) wymusza prowadzenie badań struktury geometrycznej powierzchni gniazd. Badania SGP przy użyciu mikroskopii konfokalnej oraz poszukiwanie korelacji pomiędzy parametrami wejściowymi (stan SGP gniazda formy, parametry przetwórstwa) a parametrami wyjściowymi (stan SGP wypraski, właściwości wyrobu) niewątpliwie stanowią uzupełnienie dotychczasowej wiedzy w zakresie form do wtrysku, wyprasek i ich właściwości.

LITERATURA

- [1] Crisan, N., Descartes S., Berthier Y., Cavoret, J., Baud, D., Montalbano, F: Tribological assessment of the interface injection mold/plastic part, *Tribology International*, 2016, 100, 388-399.
- [2] Pessoles X., Tournier C.: Automatic polishing process of plastic injection molds on a 5-axis milling center, *Journal of Materials Processing Technology*, 2009, 209, 7, 3665-3673.
- [3] Pouzada A.S., Ferreira E.C., Pontes A.J.: Friction properties of moulding thermoplastics, *Polymer Testing*, 2006, 25, 8, 1017-1023.
- [4] Burdek M.: Wpływ topografii powierzchni na właściwości technologiczne metalowych wyrobów płaskich, *Prace Instytutu Metalurgii Żelaza*, 2010, 62, 1. 244-249.
- [5] Witkowska J. Kamiński J. Tarnowski M. Borowski T. Woińska M. Wierzchoń T.: (2016) Wpływ topografii powierzchni na odporność korozyjną stopu z pamięcią kształtu NiTi po procesie azotowania jarzeniowego w niskotemperaturowej plazmie. *Ochrona przed korozją*, 2016, 4, 102-106.
- [6] Dudzińska S., Tartakowski Z., Grochała D.: Ekologiczne aspekty oceny struktury geometrycznej powierzchni wyrobów z tworzyw polimerowych, *Autobusy, Technika, Eksploatacja, Systemy transportowe*, 2016, 8, 3-7.
- [7] Bociąga E., Palutkiewicz P.: Wpływ zawartości porożu i warunków wtryskiwania na wybrane właściwości i stan powierzchni wyprasek z polipropylenu, *Polimery*, 2012, 57, 1, 38-48.
- [8] Wang W., Zhao G., Guan Y., Wu X., Hui Y., Effect of rapid heating cycle injection mold temperature on crystal structures, morphology of polypropylene and Surface quality of plastic parts, *Journal of Polymer Research*, 2015, 22, 5, 84
- [9] Wieczorowski M.: Kierunki rozwoju metrologii powierzchni, *Mechanik*, 2014, 87 (8-9 CD-1), 467-474.
- [10] Tartakowski Z., Dudzińska S.: Badania topografii powierzchni przy użyciu mikroskopii konfokalnej, *Dozór Techniczny*, 5, 22-26
- [11] Leach R.: *Optical Measurement of Surface Topography*, Springer-Verlag Berlin.
- [12] Heidelberg, United Kingdom 2011, 82-111.
- [13] Wieczorowski M.: *Metrologia nierówności powierzchni, metody i systemy*, Wydawnictwo Zapol, Szczecin, 2013.

Artykuł został pierwotnie zamieszczony w czasopiśmie „Przetwórstwo Tworzyw” nr 4/2017, s. 272 – 279.

Dr inż. Sara Dudzińska¹

dr hab. inż. Zenon Tartakowski² prof. ZUT

- 1 – Instytut Technologii Mechanicznej,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
2 – Instytut Inżynierii Materiałowej,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Katalog Branżowy 2024!

*Już dziś dodaj
reklamę lub wpis
firmy!*



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

tel. 570 498 067

e-mail: katalog@tworzywasztuczne.biz

www.tworzywasztuczne.biz

Gdziekolwiek,
Jesteśmy bliżej niż myślisz



Pojemniki



Nakrętki i zamknięcia



Kosmetyki



Wyroby medyczne



Higiena osobista



YUDO Rozwiązania wielogniazdowe
dla poprawy jakości produktu

**Łatwo,
Estetycznie,
Wydajnie.**

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



Prognozy krótkoterminowe dla branży...

Coraz częściej w prowadzonych rozmowach dotyczących najbliższej choćby przyszłości pojawia się pytanie dotyczące prognoz, choćby tylko tych w krótkiej perspektywie czasowej, dla całej branży tworzyw sztucznych.

Osobiście myślę, że wydarzyło się to co najważniejsze... dając podstawę do wiary i optymizmu w napływ inwestycji i przede wszystkim poziomu konsumpcji nie tylko w sektorze przemysłowym, ale i w obszarze użytkowników końcowych i klienta indywidualnego. To znak, że jest szansa, by cała branża w szczególności w sektorze prywatnych przedsiębiorstw produkcyjnych wróciła na ścieżkę wzrostu. Kluczem mogą być środki z funduszy UE i odpowiedzialna polityka finansowa wewnętrzna dająca podstawy do odpowiedniej stabilizacji.

Zauważalnym w ostatnich miesiącach, w obliczu osłabionej koniunktury popytowej połączonej ze spadkiem siły nabywczej konsumentów, jest w moim przekonaniu poszukiwanie przez wiele firm "nowych nieodkrytych dróg". Mają one tak naprawdę dla tych firm stanowić o możliwości implementacji całkowicie nowych dla nich technologii, wprowadzeniu nowych wyrobów czy też rozszerzenia dotychczasowego portfolio produktowego. Poszukiwania nawet nie tyle innowacyjnych rozwiązań, co pozwalających na generowanie zysków działań operacyjnych, to także gwarant utrzymania poziomu zatrudnienia.

To w moim przekonaniu czas, gdzie firmy będą generować w perspektywie roku widocznie mniejsze zyski (szacunkowo na poziomie 20-30%), ale bez jakiegokolwiek zagrożenia dla ich funkcjonowania. Pamiętajmy, że w sektorze przedsiębiorstw produkcyjnych w branży to z reguły firmy z wieloletnią (z reguły 30-40-letnią) tradycją o ustabilizowanej sytuacji finansowej, z dojrzałą kadrą, co najmniej w kolejnym pokoleniu sukcesji "ojców założycieli"...

Myślę także, że dla wielu firm ten rok, w aspekcie ich działalności operacyjnej, już praktycznie powoli przechodzi do historii z szerokim polem do działania w kolejnych miesiącach. Końcówka roku stała się dla wielu doskonałym czasem na porządkowanie bieżących spraw ukierunkowanych na szereg działań związanych z optymalizacją procesów wewnętrznych mogących przerodzić się w szereg oszczędności.

Za całkowicie niepokojące sygnały i informacje należy odbierać, w moim przekonaniu, słabnącą rolę całego europejskiego



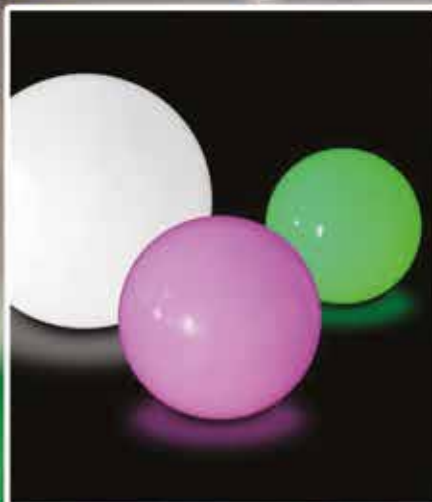
Foto fabrikasimf na Freepik

sektora chemicznego i branży TS w starciu ze światowymi gospodarkami. To że robimy to poniekąd na własną prośbę poprzez niekończące się ciągi regulacji, dyrektyw i oderwanych od rzeczywistości "aktów prawnych", to jedno... W trosce o zielony kolor naszej planety zapomniano chyba jednak całkowicie o zdrowym rozsądku, opierając parlamentarną legislację na oderwanych od rzeczywistości (tak branżową, jak i ekonomiczną) zielonych technokratach mieszkających w Brukseli i całkowicie nierozumiejących tak chemii, tworzyw i całego świata... /Jacek SZCZERBA, WWW.TWORZYWA.PL/

Źródło: www.tworzywa.pl



Foto nikitabuida na Freepik



ROTOMOULDING TO NASZA SPECJALNOŚĆ!

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

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



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

Zjednoczony, konkurencyjny i cyrkularny – taki powinien być przemysł tworzyw sztucznych według uczestników *Plastics Industry Meeting 2023*

Podczas XVI edycji *Plastics Industry Meeting*, spotkania branży tworzyw sztucznych, organizowanego co roku przez Fundację *PlasticsEurope Polska* i Polski Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych, eksperci z całego łańcucha wartości ponownie dyskutowali o największych wyzwaniach i najbardziej pożądanym drogach rozwoju przemysłu tworzyw sztucznych.

Konferencję rozpoczęło wystąpienie Jeremiego Mordasewicza (Konfederacja Lewiatan), który wskazał, że kondycja polskiej gospodarki nie napawa optymizmem, co może oznaczać długotrwałą zmianę z trendu rozwojowego na stagnacyjny. Brak środków europejskich na inwestycje oraz wysoka inflacja mogą wyhamować rozwój gospodarczy na kolejne dekady.

O podsumowaniu ostatniego roku w branży tworzyw sztucznych mówili Tadeusz Nowicki (Grupa Ergis, prezes PZPTS) oraz Piotr Kwiecień (SABIC, Fundacja *PlasticsEurope Polska*). Wnioski w przypadku obu prezentacji były podobne – rozwój branży w obecnej sytuacji stanowi wyzwanie i jest uzależniony między innymi od tego, w jakim kierunku będą podążały działania legislacyjne, zarówno w poszczególnych krajach, jak i na poziomie unijnym i światowym.

Podczas spotkania miały miejsce również dwa panele dyskusyjne. Podczas pierwszego o rozwoju branży w świetle globalnych wyzwań dyskutowali Maria Andrzejewska – dyrektor generalna UNEP-GRID Warszawa, Katarzyna Barańska – radczyni prawna w zakresie postępowań środowiskowych w Osborne Clarke, Virginia Janssens – dyrektor zarządzająca *Plastics Europe* oraz Bernard Merx – dyrektor zarządzający *European Plastics Converters*. Wiele uwagi poświęcono miejscu i roli tworzyw sztucznych w zrównoważonej gospodarce. Podkreślona została potrzeba ścisłej współpracy pomiędzy uczestnikami łańcucha wartości i wszystkimi interesariuszami, w tym konsumentami i organizacjami pozarządowymi, niezbędna do zachowania konkurencyjności europejskiego przemysłu oraz sprostania coraz ambitniejszym celom środowiskowym. Virginia Janssens zwróciła uwagę na potrzebę zapewnienia stymulującego otoczenia legislacyjnego, wspierającego osiągnięcie zeroemisyjnych celów i wdrażanie służących temu rozwiązań, w tym tych kluczowych dla osiągnięcia wyznaczanych przez UE celów. Jako przykład podała palącą potrzebę uznania w prawodawstwie metody bilansu masy w recyklingu chemicznym, które byłoby ważnym punktem zwrotnym w osiąganiu cyrkularnych celów branży tworzyw sztucznych. Bernard Merx podkreślił z kolei, że rozwój branży tworzyw sztucznych niewątpliwie czeka wiele wyzwań, nie tylko w Europie, ale także w skali globalnej. Bo wdrażanie rozwiązań w nurcie gospodarki cyrkularnej, szybsze zwracanie obiegów, zmiana modeli biznesowych i redukcja zanieczyszczenia to dopiero początek tego, z czym przyjdzie mierzyć się przetwórcom tworzyw sztucznych. Panel zakończony został podzielaną przez wszystkich uczestników konkluzją, że „nie ma przyszłości bez tworzyw sztucznych”.



We wprowadzeniu do drugiej debaty Joanna Leoniewska-Gogola, liderka zespołu circular economy w Polsce i Europie Środkowej w Deloitte, przedstawiła badawcze spojrzenie na problematykę odpadów opakowaniowych z tworzyw sztucznych, w tym na aspekt całego cyklu życia oraz związanych z nim emisji. W odniesieniu do tego uczestnicy debaty moderowanej przez Magdalenę Diczek ze Związku Pracodawców Przemysłu Opakowań i Produktów w Opakowaniach EKO-PAK dyskutowali o sposobach optymalnego wykorzystania tworzyw w gospodarce obiegu zamkniętego. W debacie uczestniczyli: Katarzyna Grabarska – menadżerka ds. opakowań sieci Biedronka, Michał Łukawski – account manager w Dow, Mariusz Musiał – dyrektor zarządzający "ALPLA" Opakowania z Tworzyw Sztucznych Sp. z o.o., Anna Sapota – wiceprezes ds. public affairs dla Europy Wschodniej – Północ w ramach Grupy TOMRA oraz Paweł Sosnowski – doradca Zarządu ds. Regulacji Środowiskowych w Interzero Organizacja Odzysku Opakowań S.A.

Paneliści podkreślali konieczność ścisłej współpracy i brak możliwości wykluczenia którejkolwiek grupy łańcucha wartości z pracy nad dojściem do gospodarki cyrkularnej, w tym konsumentów, którzy wciąż często podejmują decyzje zakupowe, kierując się kryterium ekonomicznym. Zainteresowaniem cieszył się także temat technologii recyklingu chemicznego jako technologii komplementarnej wobec recyklingu mechanicznego, umożliwiającej przywrócenie do obiegu strumieni odpadów, które obecnie są składowane lub spalane. Jednocześnie zwracano uwagę, że do cyrkularnej transformacji niezbędne jest podniesienie poziomu sortowania i dalszego recyklingu odpadów, w tym odpadów opakowaniowych.

Warto podkreślić, że po latach pandemicznych, gdy osobiste kontakty były ograniczone, to już druga (po zeszłorocznej) edycja konferencji, w której uczestnicy dyskutowali osobiście. Frekwencja dowodzi dużego zainteresowania aktualną sytuacją branży i potrzeby wspólnej debaty w łańcuchu wartości – w spotkaniu uczestniczyło ponad 120 osób. Partnerami tegorocznego wydarzenia były firmy Basell Orlen Polyolefins, Dow oraz SABIC.

Źródło: SEC Newgate CEE

Świadczymy usługi na potrzeby formowania rotacyjnego począwszy od opracowania koncepcji produktu, poprzez projekt i wykonanie formy.

- Profesjonalne doradztwo
- Kompleksowa usługa projektowania, projekty 3D, wizualizacje komputerowe
- Adaptacja istniejących produktów do technologii formowania rotacyjnego
- Opracowanie dokumentacji technicznej
- Wykonanie form stalowych i aluminiowych
- Produkcja od półproduktów po gotowe wyroby



Na życzenie zamawiającego dokonujemy też opracowania odlewów (frezowanie, wiercenie, wycinanie) oraz montażu produktów złożonych z wielu elementów. Gotowe wyroby możemy zapakować i zorganizować transport do wybranego miejsca w Polsce i w Europie.

PLASTPOL 2024. Nowe technologie, maszyny, linie produkcyjne i granulaty

– Plastpol to czołówka europejska wydarzeń targowych tej branży – mówi Krzysztof Nowosielski, dyrektor handlowy w przedsiębiorstwie ML Polyolefins. – Podczas edycji 2023 nawiązaliśmy rozmowy, które przybrały kształt konkretnej współpracy. Nie mogliśmy wybrać więc innego miejsca na podpisanie umowy jak Targi Kielce i Plastpol – relacjonował. Takich biznesów zaczynających od prezentacji oferty rodzi się o wiele więcej. Podczas ostatniej edycji spotkali się przedstawiciele ponad 600 firm z 29 krajów, a ich stoiska odwiedziło blisko 15 tysięcy zwiedzających. Po takich efektach można oczekiwać, że 28. edycja będzie przynajmniej równie okazała.

Targi Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy Plastpol zostały zaplanowane na dni 21 – 24 maja 2024. Siedem hal Targów Kielce znów wypełnią maszyny i technologie wiodących koncernów, surowce do przetwórstwa, jak granulaty i recyklaty, a nawet oferty transportowe. – Firmy z branży od 27 lat widzą w targach Plastpol ważnych klientów, nowe rynki zbytu i kluczowe kontakty biznesowe – zaznacza Kamil Perz, dyrektor projektu Plastpol. – Udział w naszym wydarzeniu przynosi efekty.

UMOWY, SPRZEDAŻE I KONTRAKTY WARTO MILIONY

Podczas ostatniego Plastpolu wiele firm nawiązało współpracę i podpisało umowy. Firma Arburg sprzedała kilka maszyn. Warto 7 milionów euro kontrakt na zakup linii produkcyjnej podpisał z niemiecką firmą Reifenhäuser polski producent Bogucki Folie.

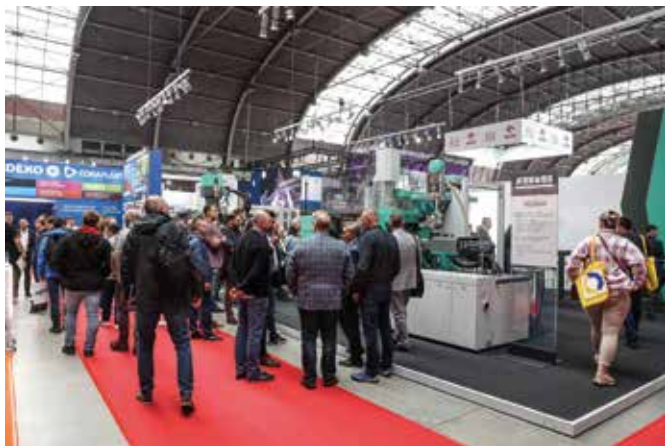


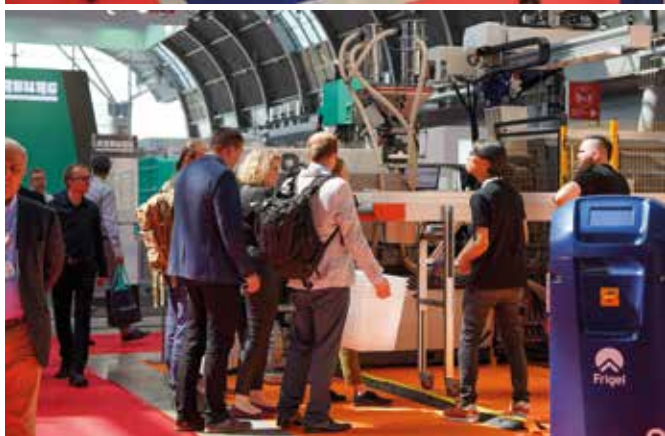
W czasie Plastpolu doszło także do podpisania pierwszej umowy dystrybucyjnej pomiędzy polskim recyklerem tworzyw sztucznych - ML Polyolefins, a największym na świecie dystrybutorem z Europy Zachodniej - firmą Brenntag. Dzięki niej ML Polyolefins będzie eksportował produkty do sześciu krajów: Danii, Szwecji, Finlandii, Norwegii, Czech i Słowacji. – To na targach Plastpol nasza współpraca się rozpoczęła, tu nadajemy więc jej oficjalny kształt i podpisujemy umowę – zaznacza Krzysztof Nowosielski, dyrektor handlowy w przedsiębiorstwie ML Polyolefins.

I na tych umowach się nie skończyło. Kolejne przychodzą i po targach, a sami wystawcy chwalą sobie możliwość spotkania z tysiącami zwiedzających. – Nasze stoisko było pełne klientów, przeprowadziliśmy wiele rozmów o naszych najnowszych technologiach, choćby w zakresie Przemysłu 4.0. Jesteśmy tu co roku i w 2024 też przygotujemy stoisko – zapewnia Adam Marcinak z firmy Engel Polska.

O RECESJI KONSUMENCKIEJ W BRANŻY PRZETWÓRSTWA TWORZYW SZTUCZNYCH

Atmosfera biznesowych rozmów sprzyja patrzeniu w przyszłość, która dla firm związanych z przetwórstwem tworzyw sztucznych i gumy jest wypełniona zmianami i wyzwaniem. Emocjonujące dyskusje towarzyszyły konferencji zorganizowanej przez Fundację PlasticsEurope Polska. Organizacja reprezentująca producentów tworzyw sztucznych w Polsce, tradycyjnie podczas targów przedstawia dane dotyczące bieżącej sytuacji branży tworzywowej w Polsce na tle Europy. Jak mówili eksperci na ostatniej konferencji, w skali wieloletniej branża rozwija się





w bardzo dobrym tempie. Niepokojący jest jednak spadek tempa wzrostu branży po chwilowym odbiciu po pandemii.

Głównym powodem niskiego wzrostu, zdaniem specjalistów, jest wejście gospodarki w tak zwaną recesję konsumencką. Dane wyraźnie wskazują, że konsumenci zaczęli ograniczać konsumpcję, a analitycy prognozują, że trend się utrzyma i w całym 2023 roku, co bezpośrednio przekłada się także na sytuację branży tworzywowej.

W STRONĘ OCHRONY ŚRODOWISKA I CYRKULARNOŚCI PODCZAS PLASTPOLU

Prognozy wskazują także, że europejski przemysł tworzyw sztucznych, jako jedna z branż najbardziej dotkniętych kryzysem energetycznym, a jednocześnie dążąca do sprostania regulacjom klimatycznym, w następnych latach będzie mierzyć się z poważnymi wyzwaniami.

– Przemysł tworzyw sztucznych od dawna zmierza do osiągnięcia celów cyrkularności i zeroemisyjności. Wierzymy, że to właśnie jest droga, na której nasza branża będzie mogła przyczynić

się do fundamentalnych celów środowiskowych, zapewniać korzyści dla społeczeństwa i jednocześnie dalej się rozwijać. Dlatego istotna jest pełna koncentracja na wytyczonych dążeniach, dotrzymywaniu zobowiązań i zaangażowaniu w inicjatywy branży, takie jak Operation Clean Sweep® – przekonywała Anna Kozera-Szałkowska, dyrektor zarządzająca Fundacji PlasticsEurope Polska.

Kolejnym ważnym i szeroko dyskutowanym wyzwaniem była kwestia związana z cyrkularnością produkcji. Zagadnienia minimalizacji produkcji opakowań nie do przetworzenia i wprowadzania takich, które można ponownie zagospodarować zostały omówione podczas konferencji „Recykling tworzyw sztucznych – jeden cel, wiele możliwości”.

Ważnym wydarzeniem towarzyszącym 27. edycji targów Plastopol w Kielcach było także Seminarium Techniczne Plastech Info. Nurt prezentacji i wystąpień skupiony był wokół hasła „Zaawansowane materiały polimerowe – technologie, przetwórstwo, aplikacje”. - Zakres tematyczny odnosił się 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 – mówił Jacek Szczerba, reprezentujący serwis internetowy www.tworzywa.pl

Te wszystkie wyzwania i zmiany z pewnością będą tematami rozmów także podczas Plastopolu w 2024 roku.

Kolejna edycja Targów Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy PLASTPOL zaplanowana jest na 21-24 maja 2024.

www.targikielce.pl

REKLAMA

HD-DOZOWNIKI

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

Rozwiązania systemów gorącokanałowych



Wraz ze wzrostem wymagań jakościowych zakupowanych dóbr rośnie również konieczność zapewnienia coraz wyższej jakości narzędzi do ich produkcji. Jednocześnie na producentach wywierana jest coraz większa presja, aby dostarczane rozwiązania były niemal bezobsługowe. Nierzadko jednak obydwa te wymagania się ze sobą kłócą, gdyż automatyzacja niektórych procesów wymaga zbyt dużej ingerencji w produkt, a w efekcie ogranicza elastyczność produktu w innym zakresie. Przed tymi wyzwaniami stoją także producenci systemów gorącokanałowych, od których wymaga się zarówno maksymalnej elastyczności, jak również prostoty obsługi.

Naprzeciw temu wyzwaniu wychodzi firma Orycon, która na rynku polskim pojawiła się w 2023 roku za pośrednictwem firmy Proplastica, uznanego dostawcy płyt i normaliów do produkcji narzędzi, jak również specjalistycznych stali narzędziowych czy konstrukcyjnych. Mając na uwadze kompleksową obsługę swoich klientów, firma Proplastica wciąż rozwija swoją ofertę, wprowadzając nowe rozwiązania, pozwalające narzędziowniom znaleźć w jednym miejscu wszystko, co jest niezbędne do produkcji form, wykrojników czy tłoczników. Stąd też decyzja o dołączeniu oferty systemów gorącokanałowych, zaś współpraca z Orycon jest wyborem nieprzypadkowym.

Siedziba firmy Orycon mieści się na czeskich Morawach, w miejscowości Ždar nad Sazawą. Jest to producent rozwiązań gorącokanałowych korzystający z amerykańskiej licencji Orycon, pracujący jednak autonomicznie, z własnym działem R&D, biu-



rem konstrukcyjnym i zakładem produkcyjnym. Oprócz wytwarzania systemów pod zamówienie klienta, firma wciąż poszukuje nowych rozwiązań, usprawniających pracę form w zakresie zarówno elastyczności systemów, jak również kontroli nad jakością docelowych wyprasek.

W ofercie znaleźć można rozwiązania zarówno do wtrysków bezpośrednich czy pośrednich, w wersjach otwartych i zamkniętych (iglicowych). Budowa podstawowych wersji systemów skupia się przede wszystkim na eliminowaniu możliwych wad wyprasek wynikających z materiału oraz samego procesu wtrysku, co zauważyć można w prostocie ich konstrukcji. Niemal każdy element systemu może być samodzielnie wymieniony bez konieczności angażowania serwisu producenta, dzięki czemu ewentualne przestoje produkcji są skrócone do minimum. Mimo prostej budowy producent kładzie nacisk na eliminację martwych stref wewnątrz kanału, czy obniżenie kosztów energii zużywanej przez system, maksymalizując efektywność systemów.

Wśród najnowszych propozycji Orycon pojawiły się między innymi dysze centralne z pneumatycznym sterowaniem iglicami, gdzie sterowanie jest wbudowane w blok dyszy, zaś idea, jaka przyświecała powstaniu tego rozwiązania, bazowała na maksymalnym skompaktowaniu systemu. W przypadku form wtryskowych 1-gniazdowych wykorzystanie systemu iglicowego niekiedy wiązało się z koniecznością wprowadzenia rozdzielacza i przesunięcia z osi, co mogło powodować nadmierne zużycie prowadnic maszyny i powierzchni stołów.

Założeniem firmy Proplastica było uproszczenie produkcji narzędzi, jak też ich obsługi, ale przede wszystkim produktywności poczynionych na narzędzia inwestycji. Kooperacja z Orycon uzupełnia wsparcie techniczne również w tym zakresie, wspierając dobór optymalnych rozwiązań w zależności od potrzeb i możliwości klientów.



PROPLASTICA Sp. z o.o.
77-100 Bytów, ul. Lęborska 26
tel. +48 59 822 9700
mail: sales@proplastica.pl
www.proplastica.pl

S.I.S.E.

STEROWNIK GRZANYCH
KANAŁÓW

TERMOSTATY WODNE
I OLEJOWE

SYSTEM ZADZĄDZANIA
PRODUKCJĄ CYCLES

SYSTEMY STEROWANIA
WTRYSIEM SEKWENCYJNYM

WYŁĄCZNY PRZEDSTAWICIEL W POLSCE

 **Labotek** **Polska**
Power in Plastics

LABOTEK POLSKA
UL. POZNANSKA 1,
63-005 KLESZCZOWO

TEL: +48 61 67 08 087
E-MAIL: BIURO@LABOTEK.PL

 WWW.LABOTEK.PL



Bagsik[®]
www.bagsik.net

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

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

Wadim Plast – polskie systemy gorącokanałowe

Michał Kurleto

Firma Wadim Plast od niemal 30 lat jest dostawcą, a od 20 lat producentem systemów gorącokanałowych. Wadim Plast produkuje dysze centralne, kompletne systemy gorącokanałowe, a także dostarcza systemy zabudowane w tzw. gorących połówkach. W ofercie posiadamy skatalogowane systemy standardowe (z dyszami uszczelnianymi doczołowo i wkręcany w blok rozdzielacza) oraz systemy specjalne wykonywane z uwzględnieniem indywidualnych wymagań konkretnych projektów. Nasza propozycja systemów GK to również systemy zamykane igłowo napędzane indywidualnymi siłownikami lub zespołami napędowymi wspólnymi dla wielu iglic.

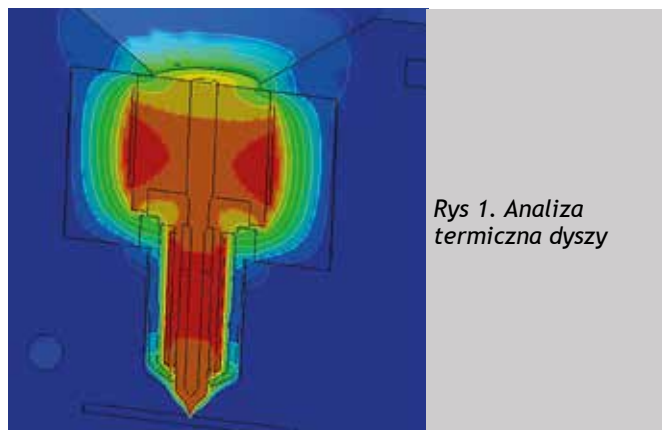
Tworząc produkt, jakim jest system gorącokanałowy, postawiliśmy przed sobą konkretne zadania:

- opracowanie rozwiązań ukierunkowanych na uwarunkowania polskiego rynku;
- stworzenie oferty przemysłowej zarówno pod kątem stale rosnących wymagań technicznych, jak i typowych dla lokalnego rynku obostrzeń ekonomicznych;
- niezawodność i trwałość elementów dysz i rozdzielaczy;
- prostota zabudowy systemu;
- łatwość wymiany zużytych lub uszkodzonych elementów.

W ślad za uwarunkowaniami technicznymi uznaliśmy za równoważne wymagania dotyczące współpracy z użytkownikami naszych systemów:

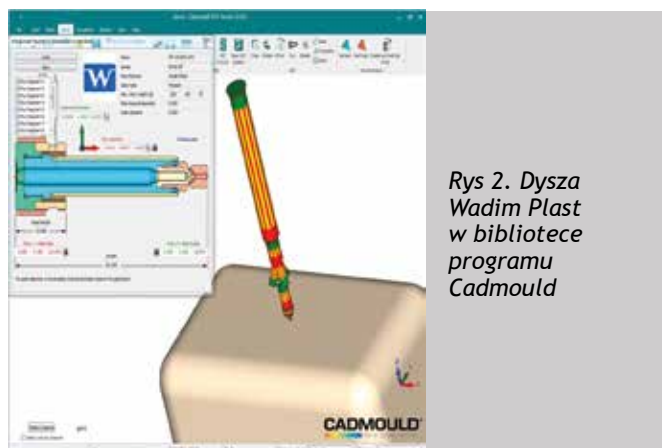
- kompleksową obsługę związaną z doбором optymalnych rozwiązań GK (analizy wykraczające poza dobór dysz);
- dostępność modeli 3D oferowanych rozwiązań;
- dostępność geometrii dysz Wadim Plast w programach symulacyjnych (standardowo w bazie programu Cadmould);
- szybki i precyzyjnie działający serwis;
- magazynową dostępność części zamiennych oraz ich łatwą i szybką wymiennność.

Postawienie tak konkretnych warunków pozwoliło nam w sposób celowy i metodyczny tworzyć kompleksowy produkt, jakim jest system gorącokanałowy. Przede wszystkim musieliśmy wziąć pod uwagę fakt, że wymogi stawiane formom wtryskowym i ich elementom funkcjonalnym, w tym systemom GK, stają się coraz wyższe i trudniejsze. Zastępowanie detali wytwarzanych w technologiach skrawania czy przeróbki plastycznej elementami wtryskiwanymi, odejście od drogiego czy deficytowego metalu, szkła lub drewna pociąga za sobą powstawanie nowych typów tworzyw sztucznych dających coraz większe możliwości, ale przy okazji będących coraz bardziej wymagającymi w przetwórstwie. Monitorowanie potrzeb rynku oraz intensywne prace rozwojowe w naszej firmie doprowadziły do stworzenia szerokiej gamy dysz i ich końcówek. Szczególną uwagę zwracamy na to, aby były to dysze o równomiernych rozkładach temperatur, mogące wtryskiwać zarówno tworzywa techniczne, jak i coraz popularniejsze tworzywa wypełniane biododatkami.



Rys 1. Analiza termiczna dyszy

Uzyskanie równomiernych rozkładów temperatury w dyszach jest wynikiem złożonych analiz. Tworząc dysze, specjaliści z działu rozwoju systemów GK w Wadim Plast, po zebraniu wstępnych opinii z rynku oraz bazując na wcześniejszych doświadczeniach ze sprzedaży systemów GK, opracowali geometrie dysz optymalne pod względami: zabudowy, wytrzymałości mechanicznej, rozkładu temperatur. Dysze uszczelniane w obszarze końcówki z serii WP16, WP20 i WP29 cechują się dużą wydajnością wtryskiwanego tworzywa przy stosunkowo do niej małych średnicach zabudowy. Dzięki temu z powodzeniem mogą być stosowane do wtrysku detali o geometrii determinującej ograniczoną przestrzeń dostępną do zabudowy dysz. W zaprojektowaniu dysz pod względem termicznym i mechanicznym wspomagaliśmy się dziesiątkami analiz komputerowych, a zrealizowane na ich podstawie powiązania materiałowo-geometryczne podzespołów dysz weryfikowaliśmy na bieżąco w formach testowych. Dzięki tym działaniom udało się dobrać zarówno profile termiczne grzałek, jak i odpowiednią kombinację wysokoprzewodzących i izolujących materiałów. Stworzone w ten sposób dysze doskonale zdają egzamin przy wtrysku trudnych technicznych materiałów takich jak: PPS, PBT, PA66, POM (nawet homopolimerów). Wie-



Rys 2. Dysza Wadim Plast w bibliotece programu Cadmould



Rys 3. System zamykany igłowo



Rys 5. System modułowy

le zrealizowanych projektów wiązało się z wtryskiem materiałów modyfikowanych włóknem szklanym, włóknem węglowym, środkami uniepalniającymi itd. Warto nadmienić, że sukces tych realizacji był w dużej mierze skutkiem dokładnej analizy projektów w fazie doboru systemu GK. Szczegółowe uzgodnienia i precyzyjne określenie warunków doboru systemu z konstruktorem czy użytkownikiem, a także doskonała znajomość produktu przez naszych specjalistów pozwalają na dobór optymalnych pod względem technicznym rozwiązań. Od kilku lat geometria dysz Wadim Plast dostępna jest w bibliotece programu symulacyjnego Cadmould niemieckiej firmy Simcon.

Rozwiązanie to pozwala na precyzyjny dobór dysz, a także analizowanie innych węzłów konstrukcyjnych formy, jak np. geometria kanałów chłodzących.

Nasze systemy GK optymalizujemy również pod względem energetycznym. Zagadnienia związane ze stratą energii i związanymi z nią kosztami są obecnie wiodącym tematem. Poprawny rozkład temperatury w systemie GK oznacza zmniejszenie zużycia energii potrzebnej do utrzymania tworzywa w optymalnym stanie termicznym, a jednocześnie zmniejsza ryzyko wyprodukowania elementów wadliwych.

Systemy GK w Wadim Plast są produktem poddawany ciągłemu rozwojowi. Na przestrzeni ostatnich lat wprowadziliśmy na rynek systemy zamykane igłowo. Napęd iglic w dyszach Wadim Plast realizowany jest pneumatycznie za pomocą indywidualnych zespołów napędowych montowanych w płycie mocującej. Konstrukcja zespołów napędowych pozwala na prostą regulację położenia igły względem czoła przewężki. Regulacja jest realizowana płynnie w zakresie $\pm 1,0\text{mm}$. Często wykonujemy również systemy zamykane igłowo z napędem wspólnym dla wszystkich iglic. I w tym przypadku możliwe jest regulowanie pozycji każdej iglicy z osobna, jak i rozprężanie ich w przypadku awarii narzędzia.

W zależności od preferencji użytkownika lub warunków technicznych dostarczamy systemy otwarte i zamykane igłowo z dyszami uszczelnianymi doczołowo, jak również wkręcanych w blok rozdzielacza. Co warto odnotować, ceny systemów nie różnią się od siebie zależnie od zastosowanego rodzaju uszczelnienia.

Bardziej złożone systemy z dyszami wkręcanych realizujemy w systemie modułowym, gdzie rozdzielacz transferowy spina ze sobą zespół rozdzielaczy, w które wkręcane są dysze. Takie rozwiązanie pozwala na zmniejszenie wymaganej długości dysz, zwiększa precyzję i łatwość montażu systemu w formie, pozwala na stworzenie sztywnego narzędzia, a co obecnie bardzo ważne, zmniejsza wydatek energetyczny niezbędny do zapewnienia po-

prawnego rozkładu temperatury w systemie. Systemy modułowe pozwalają również na wykonywanie balansu skomplikowanych geometrii kanałów rozdzielaczy.

Dopełnieniem oferty GK Wadim Plast są tak zwane gorące półowki. Oferujemy systemy GK zabudowane w przestrzeni oprawy rozdzielacza i płyty mocującej z gwarancją szczelności w tym obszarze i poprawności zabudowy systemu. Konstruktorzy z grupy GK Wadim Plast w ścisłej współpracy z konstruktorami form klientów tworzą koncepcję kompletnej zabudowy systemu obejmującej również podłączenia elektryczne, jak i obiegi chłodzenia dostosowane do warunków stawianych przez konkretną formę. Zabudowa ta jest następnie wykonywana w narzędziowni Wadim Plast. Dzięki systemom z dyszami wkręcanych w blok rozdzielacza jesteśmy w stanie dostarczyć również gorące półowki, w których oprawa rozdzielacza i płyta mocująca są wykonywane z jednej płyty. Jest to rozwiązanie niezwykle wygodne w przypadku serwisowania lub przeglądów formy i systemu GK.



Rys 6. Gorące półowki

Warto również wspomnieć o jednym z najważniejszych czynników charakterystycznych dla polskiego rynku narzędziowego. Wszyscy wiemy, że dla zamawiającego - niezależnie czy polskiej firm, czy zagranicznej – w dużym stopniu liczy się cena.

Spełnienie tego warunku jest w przypadku systemów gorącokanałowych Wadim Plast możliwe dzięki wykonywaniu większości podzespołów systemów w Polsce (grzałki wykonują dla nas producenci z Europy, będący również dostawcami światowej sławy producentów systemów GK). Systemy GK Wadim Plast to zatem wysokiej jakości techniczny produkt dostępny w dobrej cenie. Grupa wsparcia technicznego Wadim Plast jest zawsze do Państwa dyspozycji, teraz również pod adresem mailowym: gk@wadim.com.pl.



Rys 4. System z dyszami wkręcanych

WADIM PLAST Sp. z o.o.

05-816 Reguły, ul. Graniczna 10
tel. +48 609 709 031, +48 22 723 38 12
fax +48 22 723 52 01
e-mail; michal.kurleto@wadim.com.pl
www.wadim.com.pl

Optymalizacja procesów produkcyjnych przy zastosowaniu systemów gorącokanałowych iHR Solution

Dynamicznie rozwijająca się branża przetwórstwa tworzyw sztucznych, innowacje rynkowe, a także codzienne potrzeby klientów wymagają coraz krótszych czasów realizacji procesów produkcyjnych, w tym optymalizacji procesów wtrysku. Decydujące znaczenie dla kosztów i jakości formowanych części mają gorące kanały, dlatego kluczowa jest wiedza technologiczna i finalnie wybór odpowiednich rozwiązań. Nasz partner, włoski producent systemów gorącokanałowych, firma iHR Solution, będąca częścią Plasteel Group specjalizuje się w tworzeniu zaawansowanych technologii gorącokanałowych.

SZYBKA ZMIANA KOLORU I OPTYMALNE WYKORZYSTANIE ENERGII

System PDM i stosowana technologia Topless T skraca czas projektowania i minimalizuje ryzyko błędów. Rozwiązania iHR pozwalają na zmianę koloru w czasie skróconym o ponad połowę w porównaniu z tradycyjnymi rozwiązaniami rynkowymi.

Innowacyjnie zaprojektowane dysze i zoptymalizowane geometrie gwarantują lepszą izolację termiczną, co prowadzi do znacznego zmniejszenia zużycia energii. Formy wtryskowe z układami iHR są w stanie wykonywać pracę przy zużyciu mocy wtryskarki na poziomie 15-20%.

ŁATWOŚĆ KONSERWACJI

Systemy gorących kanałów iHR zostały zaprojektowane z myślą o ergonomii, a także wygodzie i łatwości użytkowania.

Modułowa budowa ułatwia szybką wymianę. W dzisiejszych czasach i domenie "just in time" liczy się zarówno prędkość reakcji jak i elastyka, dlatego systemy iHR można z dużą łatwością dostosować do zmiennych potrzeb klienta i wymagań operacyjnych danej produkcji.

Klient rozpoczyna proces z otwartym systemem i w dowolnym momencie, poprzez zmianę kilku elementów, przenosi się na bardziej wydajny system zamykania igłowego. To elastyczne podejście idealnie wpisuje się w oczekiwania klientów.

SZEROKA GAMA PRODUKTÓW

Produkty iHR obejmują dysze podzielone na cztery kategorie: Standard, EcoLine, MiniMould i MultiTip, umożliwiając zaspokojenie różnych potrzeb klientów w zależności od aplikacji - od ekonomicznych rozwiązań dla powszechnie stosowanych polimerów amorficznych, po wysokowydajne rozwiązania dla polimerów technicznych.

Oferta iHR Solution obejmuje również gorące połówki, kompleksowe systemy wtryskowe, komponenty oraz urządzenia monitorujące, zwłaszcza jednostki kontroli temperatury.

Ergonomiczna konstrukcja, a także pełne wyposażenie - okablowanie, pozwala zminimalizować czas montażu, a także wpływa na wydajność i możliwości konserwacji.



Firma oferuje również pełną symulację reologiczną na życzenie klienta.

ZALETY GORĄCYCH KANAŁÓW iHR SOLUTION

- Szybka zmiana kolorów.
- Redukcja zużycia energii.
- Niskie ciśnienie robocze.
- Optymalna krzywa temperatury.
- Prosta instalacja i konserwacja.
- Elastyczność i wymiennność komponentów.

Jeszcze słowo na temat indywidualnych potrzeb klienta, odbiegających od standardowych rozwiązań - te każdorazowo stanowią dla nas wyzwanie, na które wraz z producentem iHR Solution czekamy!

Zachęcamy do kontaktu z przedstawicielami Sumaris Group, którzy na niezobowiązującym spotkaniu odpowiedzą na nurtujące Państwa pytania i przedstawiają korzyści płynące z zastosowania rozwiązań iHR Solution.

SUMARIS Group

tel. 61 840 74 92; 662 255 049

e-mail: ihr@sumaris.pl; biuro@sumaris.pl

www.sumaris.pl

*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;*
- *wyłaczanie: PC, PC + TPE, PVC, PMMA.*

Perfekcja kryje się w detalach



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

| | |
|---|--|
|  <p>Labotek Polska ul. Poznańska 1 63-005 Kleszczewo tel. 61 67 08 867 fax 61 64 17 667 biuro@labotek.pl www.labotek.pl</p> | <p>Labotek Polska jako wyłączny przedstawiciel na rynku polskim francuskiej firmy S.I.S.E może zaoferować szeroką gamę regulatorów do systemów GK. Gama składa się z 1-strefowego regulatora z serii 1ZX, z serii 8 o budowie modułowej z możliwością kontroli od 2 do 24 stref oraz najnowszej serii MV3, która może w zależności od modelu kontrolować od 8 do 336 stref. Seria MV3 oprócz standardowych funkcji, między innymi takich jak miękki start, autokalibracja, weryfikacja błędnego podłączenia lub uszkodzenia termopary, posiada również bardziej zaawansowane funkcje pozwalające na pamięć ustawień dla wcześniej zapisanych form wtryskowych, kontrolę mocy i oporności każdej z grzałek zainstalowanych w formie, autodiagnostykę formy czy alarm w przypadku wycieku tworzywa i możliwość współpracy z PC.</p> |
|  <p>PROPLASTICA Sp. z o.o. ul. Lęborska 26 77-100 Bytów tel. +48 59 822 9700 mail: sales@proplastica.pl www.proplastica.pl</p> | <p>PROPLASTICA jest uznanym producentem elementów do form i tłoczników w Europie.</p> <p>Oferta firmy skierowana jest do branży budowy i eksploatacji form wtryskowych i ciśnieniowych oraz tłoczników. Obejmuje elementy znormalizowane (prowadzenia, wypychacze, chłodzenie form, sprężyny i inne), płyty izolacyjne, płyty do tłoczników oraz korpusy do form z szerokim wyborem płyt z otworami i bez. Działalność zakładu to również możliwości obróbki specjalnej.</p> <p>Nowością w ofercie są systemy gorącokanałowe, które dopełniają ją w zakresie pozwalającym na kompleksową obsługę firm narzędziowych. Proplastica stawia w tym względzie na jakość, prostotę i skuteczność, nawiązując ścisłą współpracę z firmą Orycon, specjalizującą się w systemach zarówno z otwartą dyszą, jak również w systemach iglicowych, wielorakiego przeznaczenia.</p> |
|   <p>SUMARIS Suchecki Sp. K. ul. Graniczna 22 62-002 Suchy Las +48 662 255 049 ihr@sumaris.pl www.sumaris.pl</p> | <p>Autoryzowany dystrybutor włoskiego producenta iHR Solution.</p> <p>Systemy gorącokanałowe, pojedyncze dysze, dysze zamykane igłowo, systemy sekwencyjne, gorące połówki, kontrolery, analiza reologiczna.</p> <p>Oferujemy:</p> <ul style="list-style-type: none"> • doradztwo – szybkie ofertowanie wraz ze wstępną analizą wypełnienia; • wsparcie techniczne – online, przeglądy i serwis; • analizę reologiczną – w celu dokładnej analizy i oceny procesu wypełnienia; iHR oferuje symulację procesu wtrysku detalu jako istotną część swojej technologii; • dostępność części zamiennych – dostawa do 48 godzin. |
|  <p>VGT Polska Sp. z o.o. Plac Błonie-Beszczy 2 31-573 Kraków tel. 12 281 34 87 fax 12 281 34 89 info@vgt.com.pl</p> | <p>GAMMAFLUX® LIDER REGULATORÓW GORĄCYCH KANAŁÓW</p> <p>Regulatory gorących kanałów Gammaflux® LEC, G24 wykorzystują najnowsze zaawansowane techniki regulacji PID.</p> <p>Zalety techniki regulacji Gammaflux®:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulacja 20 razy/s; • Korekta temperatury już przy odchyleniu od temperatury ustawionej o 0,05°C; • Gammaflux® dostarcza płynną i dokładną moc każdemu elementowi grzewczemu, zapewniając doskonałość regulacji temperatury; • Gammaflux® stokrotnie wydłuża żywotność elementów grzejnych. <p>W przypadku uszkodzenia czujnika temperatury, można produkować dalej w trybie nastawczym:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mold Doctor® – oprogramowanie do badania formy; • Zabezpieczenie przed zalaniem formy; • 5 lat gwarancji. |


WADIM PLAST

WADIM PLAST

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

Jesteśmy liderem w produkcji systemów gorącokanałowych w Polsce. Nasze dysze spełniają takie kryteria jak: równomierny rozkład temperatury na długości dyszy, dobre warunki termiczne w obszarze przewężki, krótki czas zmiany koloru (dysze uszczelniane w obszarze przewężki), duża opcjonalna oferta końcówek dostosowanych do potrzeb projektów, wysoka trwałość i łatwa wymiennność poszczególnych elementów dyszy, kompaktowość zabudowy no i oczywiście atrakcyjna cena. Produkujemy systemy otwarte, jak i zamykane igłowo, z dyszami uszczelnianymi przy wykorzystaniu zjawiska rozszerzalności cieplnej oraz z dyszami wkręcanymi w blok rozdzielacza. Naszym atutem jest dobór systemów oparty na pełnej analizie wypraski w programie Cadmould, ścisła współpraca z narzędziowniami przy zabudowie systemu GK oraz z wtryskowniami przy rozruchu formy.

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

YUDO
YUDO Poland Sp. z o.o.

tel. +48 887 333 705
yudopl@yudoeu.com
www.yudo.com

Firma YUDO jest jednym z wiodących na świecie dostawców systemów i rozwiązań technologicznych w zakresie systemów gorącokanałowych. W Polsce jesteśmy obecni od 2001 roku. Zajmujemy się projektowaniem, produkcją i obsługą pełnej gamy produktów w obszarze grzanych kanałów, która obejmuje systemy gorącokanałowe, regulatory temperatury, gorące połówki.

Nasz oddział zlokalizowany jest we Wrocławiu, gdzie posiadamy duży magazyn części zamiennych do naszych systemów gorącokanałowych, kontrolery temperatury oraz kontrolery sekwencji.

Gwarantujemy najwyższy poziom obsługi dzięki naszemu doświadczonemu zespołowi.

Zapraszamy do kontaktu, przesyłania zapytań ofertowych drogą mailową na adres:
yudopl@yudoeu.com

REKLAMA



EWIKON jest wiodącym, światowym dostawcą gorących kanałów oraz ich komponentów. Oferuje kompleksowe rozwiązania gorącokanałowe dla wszystkich zastosowań i wielkości wtrysku.

Jesteśmy sprawdzonym partnerem we wszystkich gałęziach przemysłu począwszy od przemysłu medycznego i opakowań aż po branżę motoryzacyjną.

Proponujemy:

- szeroki zakres dysz o różnorodnych końcówkach;
- najwyższej klasy zbalansowane rozdzielacze z wkładkami o łagodnych łukach;
- bogatą ofertę systemów zamykanych z napędem hydraulicznym, pneumatycznym lub elektrycznym;
- dysze do wtrysku bocznego, dysze wielokrotne, systemy gorącokanałowe do przetwórstwa wielokomponentowego;
- pełen zakres precyzyjnych sterowników temperatury;
- wszystkie systemy dostępne również jako gotowe, okablowane „gorące połówki”.

Przedstawiciel w Polsce:

KONEK PSN
Profesjonalne Systemy Narzędziowe

KONEK PSN

ul. Józefa Milcherta 1
85-862 Bydgoszcz
tel./fax 52 379 26 53
tel./fax 52 340 94 53
fax 52 345 87 24
ewikon@konek.com.pl
leszczynski@konek.com.pl
Marcin Leszczyński
tel. 507 029 173
www.konek.com.pl

EWIKON

EWIKON Heißkanalsystems

GmbH & Co. KG

35066 Frankenberg
tel. +49 64 51/ 50 10
info@ewikon.com
www.ewikon.com.pl

System zdalnego odczytu liczników

Bezprzewodowe liczniki cykli

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

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

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

ZASADA DZIAŁANIA SYSTEMU MOLDMAKER

Każdy zamontowany w narzędziu licznik przesyła okresowo dane o liczbie wykonanych cykli do serwera kolekcjonującego odczyty. Transfer danych odbywa się przez aplikację mobilną lub

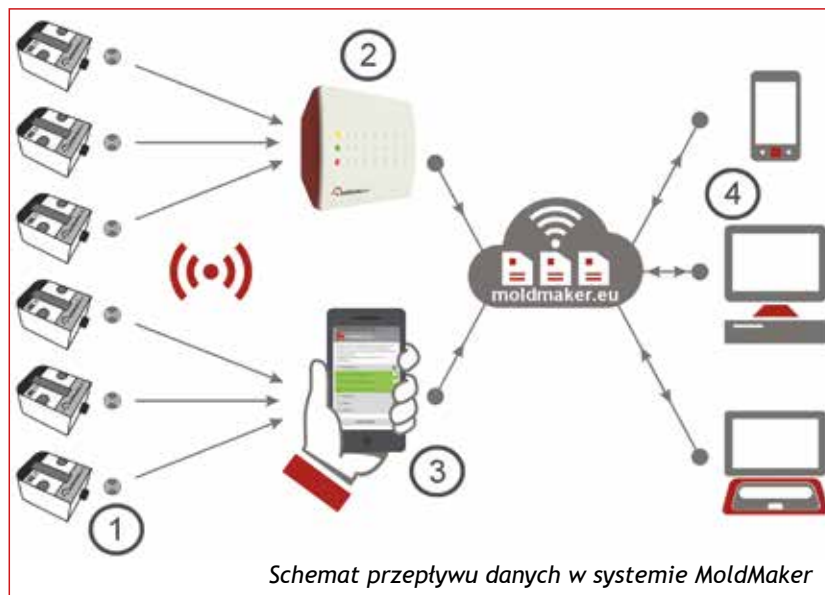


dedykowane koncentratory odbiorcze. Części składowe systemu przedstawia schemat przepływu danych w systemie MoldMaker:

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

PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ

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



zdarzenia konfiguruje się w zależności od potrzeb firmy. Najważniejsza funkcja paneli operatorskich to zgłaszanie braków produkcyjnych, co pozwala na kontrolę i rejestrowanie przyczyn ich powstawania.

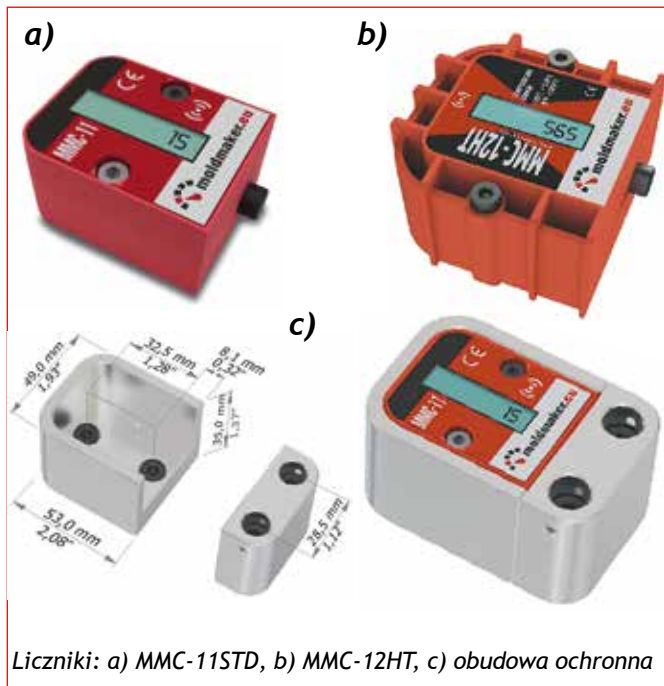
Panel operatorski wyposażony jest w kolumnę sygnalizacyjną, która odpowiednim kolorem wizualizuje aktualny status narzędzia pracującego na maszynie, np. OK lub NOK. Kolumna sygnalizuje również inne komunikaty systemu, np.: przekroczony harmonogram, przekroczona temperatura, alarm demontażu, zgłoszenie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

BEZPRZEWODOWE LICZNIKI CYKLI

Najbardziej uniwersalny i przeznaczony do większości zastosowań jest licznik MMC-11 STD. Gabaryt licznika (47,8 x 38 x 25 mm) i rozstaw śrub mocujących (28,5 mm) jest zgodny z gabarytami typowych liczników do form. Dopuszczalna tem-

peratura pracy licznika MMC-11 STD to 85°C, a gwarantowany zasięg odbioru to 30 m. W praktyce zasięg ten dochodzi do 100 m. Czas pracy baterii: 4-5 lat.

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



Liczniki: a) MMC-11STD, b) MMC-12HT, c) obudowa ochronna

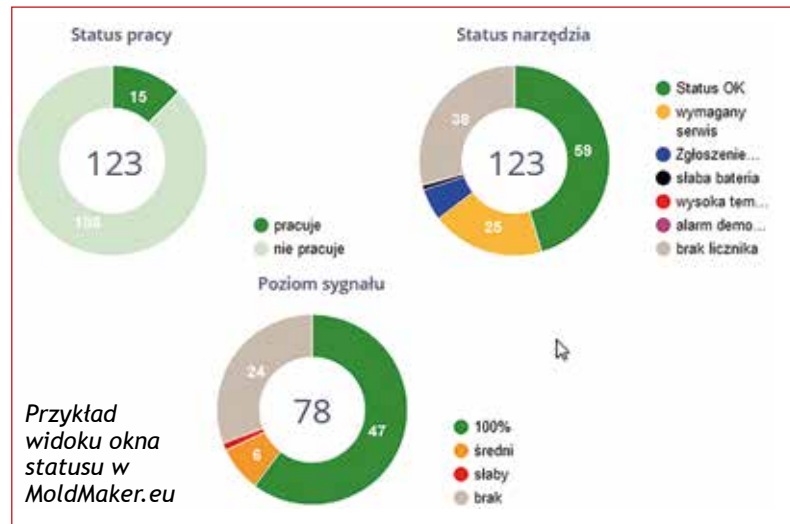
Liczniki wraz z systemem MoldMaker posiadają następujące funkcjonalności: rejestr narzędzi i ich lokalizacja, bieżący status narzędzia, czas cyklu, alarm demontażu licznika, monitoring temperatury narzędzia i alarm przekroczenia, przypomnienia serwisowe i rejestracja przeglądów, folder dokumentacji technicznej,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

KONCENTRATOR MMCD

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

APLIKACJA SMARTFONOWA MOLDMAKER SCAN

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

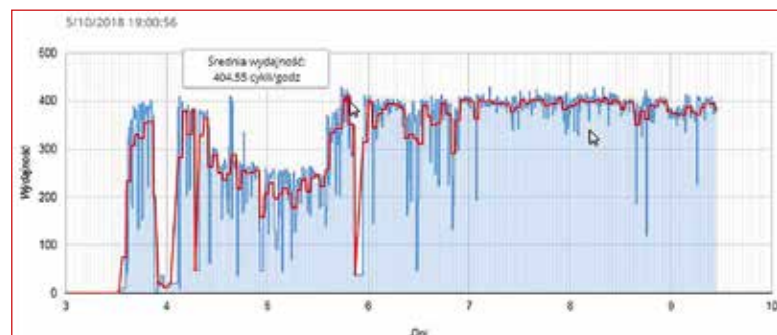


Przykład widoku okna statusu w MoldMaker.eu

SERWIS INTERNETOWY

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

Sercem systemu MoldMaker jest serwis internetowy dostępny przez standardową przeglądarkę. Z tego poziomu użytkownik może posługiwać się wszystkimi funkcjonalnościami systemu, m.in. nadzorować pracę narzędzi w czasie rzeczywistym, analizować wydajność i inne statystyki, obserwować współczynnik OEE, nadzorować realizację przeglądów technicznych itp.



Przykład wykresu wydajności narzędzia w MoldMaker.eu



Przykład montażu licznika MoldMaker do formy

Producentem systemu MoldMaker, operatorem i administratorem danych jest MEGA MOLD Sp. z o.o.

MEGA MOLD Sp. z o.o.

36-002 Jasionka 252E

tel. +48 607259412

email: moldmaker@moldmaker.eu

<https://moldmaker.eu>

Optymalizacja kształtu wypraski poprzez analizę rozkładu temperatury na powierzchni wypraski z wykorzystaniem pomiarów termowizyjnych

Roman Humienny, Przemysław Postawa, Tomasz Stachowiak

Temperatury formy obok właściwości reologicznych, charakterystyki przepływu tworzywa w formie oraz wielu pozostałych parametrów procesu wtryskiwania stanowi jeden z najważniejszych czynników, kształtujących strukturę oraz późniejsze właściwości fizyczne otrzymywanych wyprasek [1-3]. W szczególności dotyczy to tworzyw częściowo krystalicznych o małej kinetyce procesu tworzenia się fazy krystalicznej. Ważna nie tylko jest wartość temperatury narzędzia, ale również jej równomierny rozkład. Temperatura oraz jej rozkład na powierzchni formy powinny zapewnić równomierne ochładzanie się wypraski w całej objętości. Z oczywistych względów (mała przewodność cieplna tworzyw polimerowych na poziomie 0,15 – 0,3 W/mK oraz zmiana współczynnika przewodnictwa ciepła wraz ze zmianą temperatury tworzywa podczas jego zestalania) bardzo trudno jest zapewnić równomierne ochładzanie wypraski [4-8].

Powoduje to występowanie różnic w czasie ochładzania poszczególnych warstw i obszarów wypraski względem siebie, co powoduje powstawanie naprężeń własnych, które z kolei powodują deformacje i pkanie się wyprasek. Analizując publikacje traktujące o tej tematyce [1, 5, 9-12], można stwierdzić, że równomierne pole temperatury formy powinno stosować się w przypadku wyprasek o równomiernym rozkładzie grubości ścianek, natomiast w przypadku wyprasek dla których grubość ścianki jest mocno zróżnicowana, należy stosować mocno zróżnicowaną temperaturę formy. W miejscach o znacznej grubości należy intensywniej odbierać ciepło poprzez zagęszczenie kanałów chłodzących oraz stosowanie niższych wartości medium termostatującego. Należy jednak mieć na uwadze tworzącą się strukturę oraz zapewnienie innych właściwości i cech formowanych wyprasek.

CEL I ZAKRES BADAŃ

W części badawczej przedstawiono analizę termowizyjną wypraski o dużej sztywności z dużą ilością elementów uźebrowanych tuż po wyciągnięciu z formy wtryskowej. Zlokalizowano miejsca nagromadzenia ciepła w poszczególnych obszarach wypraski, co pozwoliło określić wymagania dotyczące zmian w konstrukcji układu termostatowania narzędzia. Dalszym etapem będzie określenie właściwości strukturalnych uzyskanych w takich warunkach wyprasek wtryskowych.

ZASTOSOWANY MATERIAŁ, KSZTAŁT WYPRASKI I WARUNKI PROCESU WTRYSKIWANIA

Do badań wykorzystano wypraskę wtryskową techniczną o bardzo dużej sztywności. Sztywność wypraski osiągnięto poprzez zastosowanie bardzo skomplikowanego uźebrowania

w obszarach o największej kumulacji naprężeń podczas eksploatacji. Badana wypraska jest częścią systemu napędowego i przeniesienia ruchu poszczególnych podzespołów, zautomatyzowanych łóżek szpitalnych i została udostępniona przez firmę OCTO Actuators GmbH. Od elementów stosowanych w sprzęcie rehabilitacyjnym wymagana jest bardzo duża sztywność, odporność na ścieranie i wytrzymałość kilka razy większa niż w rzeczywistości może wystąpić. Wynika to z faktu intensywnego użytkowania i częstego przemieszczania w warunkach operacyjnych. Zdjęcie analizowanej wypraski przed optymalizacją kształtu przedstawiono na rys. 1.

Wypraski będące przedmiotem badań były wytwarzane z częściowo krystalicznego PA6 z 30% zawartością włókna szklanego, z wykorzystaniem formy dwugniazdowej zamontowanej na wtryskarce firmy Krauss Maffei KM- 350CX o sile zwarcia 3500 kN (350 ton). Forma wyposażona była w tradycyjny układ termostatowania wodnego. Wypraski wtryskiwano przy zastosowaniu następujących warunków przetwórstwa:

- ciśnienie wtrysku: 1400 bar,
- czas wtrysku: 4 s,
- ciśnienie docisku: 850 bar/1s, 800 bar/6s,
- czas docisku: 7 s,
- temperatura wtrysku: 280°C,
- czas chłodzenia: 70 s.

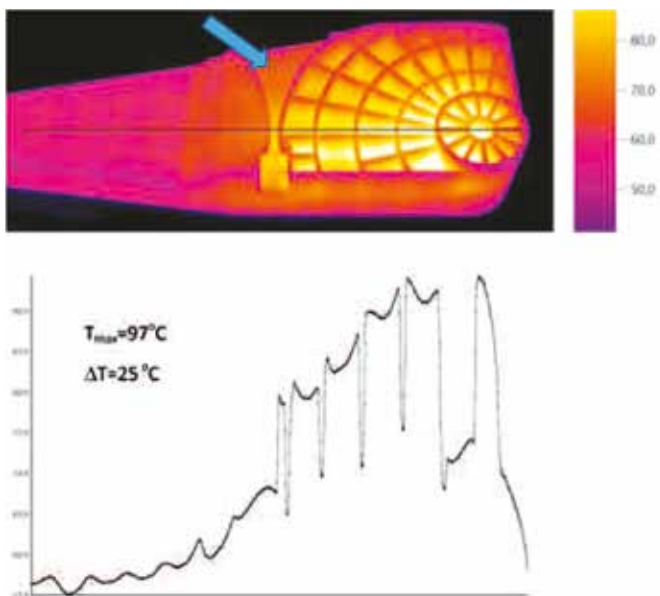
Wynikowy czas cyklu wynosił 100 s, co dawało wydajność 36+36 szt/h (razem 72 szt/h).

Głównym problemem zdiagnozowanym podczas prób były deformacje i bark możliwości uzyskania płaskości produkowanych elementów (rys. 1), co w konsekwencji utrudniało późniejszy montaż i poprawną pracę z pozostałymi komponentami mechanizmu łóżka. Jak ustalono podczas wstępnych badań przyczyną tego stanu rzeczy był najprawdopodobniej niepoprawny kształt zaprojektowanej wypraski, który powodował kumulację ciepła i tym samym utrudnione ochładzanie obszarów odpowiedzialnych za późniejsze deformacje wypraski. W celu zgłębienia tego problemu posłużono się badaniami termowizyjnymi.

Dolna część wypraski jest płaska i mocno uźebrowana w celu wzmocnienia, natomiast w połowie wypraski na jej powierzchni



Rys. 1. Zdjęcia wypraski przed optymalizacją kształtu - widoczna deformacja przystających do siebie dwóch wyprasek



Rys. 2. Termogram oraz profil zmian temperatury wzdłuż całej wypraski

widoczne jest „przetłamanie”, które w konsekwencji może powodować odginanie się wypraski podczas ochładzania poza formą wtryskową. W celu analizy rozkładu temperatury wypraski po procesie wtryskiwania posłużono się analizą termowizyjną.

WYNIKI BADAŃ TERMOWIZYJNYCH

Obserwacje termowizyjne wykonano na wypraskach tuż po wyciągnięciu ich z formy wtryskowej. Badania wykonano z wykorzystaniem kamery termowizyjnej TESTO 890 o rozdzielczości przetwornika 640x480 pikseli w technologii „super resolution” i dokładności 30mK. Uzyskane wyniki poddano analizie w oprogramowaniu IRSOQ 3.7.

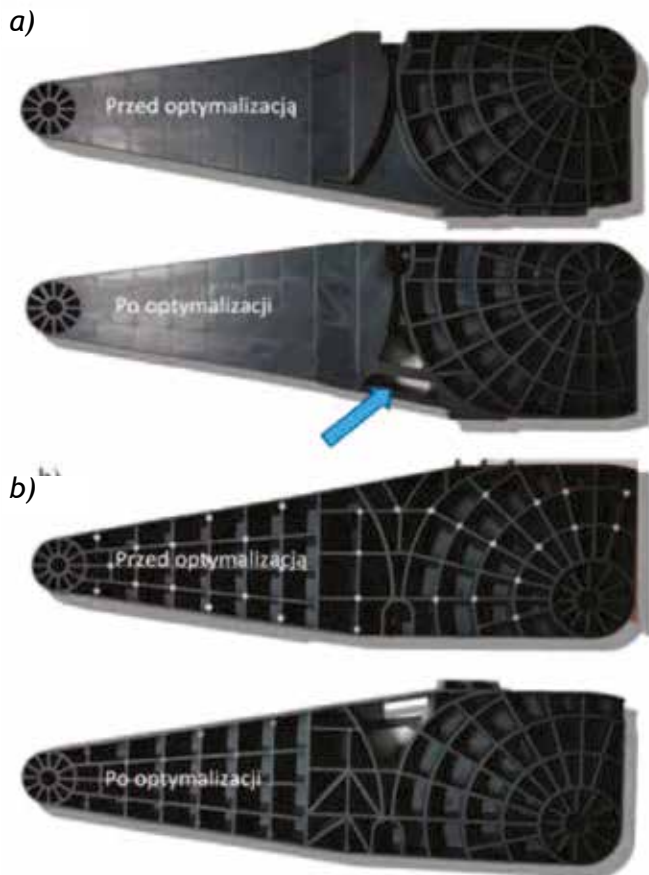
Na rys. 2 przedstawiono termogram wypraski przed optymalizacją oraz profil temperatury wzdłuż całej wypraski. Zarejestrowana różnica temperatury pomiędzy najgorętszym i najchłodniejszym miejscem na wyprasce wynosi 40K. To dużo jak na wypraskę, której grubość ścianek poszczególnych części jest bardzo zbliżona. Tak duża różnica może świadczyć o nierównomiernym ochłodzeniu wypraski spowodowanym niepoprawnie zaprojektowanym układem chłodzenia formy. Powodem tego jest nierównomierne chłodzenie i deformacje spowodowane naprężeniami termicznymi. Nie bez znaczenia jest uskok na wyprasce (zaznaczony strzałką na rys. 2), w którym montowana jest linka. Rozgrzana góra część powoduje wydłużony czas studzenia tej części wypraski i odginanie jej ku górze.

Analiza otrzymanych wyników pozwoliła na podjęcie decyzji o przekonstruowaniu formy, a tym samym wypraski. Została zachowana jej funkcjonalność kosztem usztywnienia oraz zmniejszeniu deformacji po procesie wytwarzania.

ZMIANY ZASTOSOWANE W KSZTAŁCIE WYPRASKI PO ANALIZIE TERMOWIZYJNEJ

Główną zmianą wprowadzoną w konstrukcji wypraski było „odchudzenie” wypraski w centralnej jej części oraz dodanie żebra wzmacniającego i niepozwalającego na tak swobodną deformację, jak miało to miejsce w pierwotnym kształcie wypraski. Dla porównania oba kształty wypraski przed optymalizacją i po optymalizacji pokazano na rys. 3.

Szczegółowe porównanie zmodyfikowanych obszarów przedstawiono na rys. 4.



Rys. 3. Kształt wyprasek przed optymalizacją i po optymalizacji: a) strona górna wypraski, b) spód wypraski

Jak widać na rysunku 3 i 4 główną modyfikacją było usunięcie części uźebrowania, które na skutek dużej koncentracji tworzywa, a tym samym ciepła, ochładzało się dłużej, wywołując deformację wypraski. Dodano wzmocnienie ograniczające deformacje zaznaczone strzałką na rysunku 3a. Wykonana modyfikacja spowodowała bardzo niewielką zmianę masy wypraski o około 2 g, jednak ograniczenie masy nie było głównym celem tej modyfikacji. Zmianie uległa również konfiguracja kanałów chłodzenia formy wtryskowej. Z jednego długiego obiegu wykonano dwa oddzielne, pozwoliły one na precyzyjną kontrolę temperatury lewej

Przed modyfikacją

Po modyfikacji



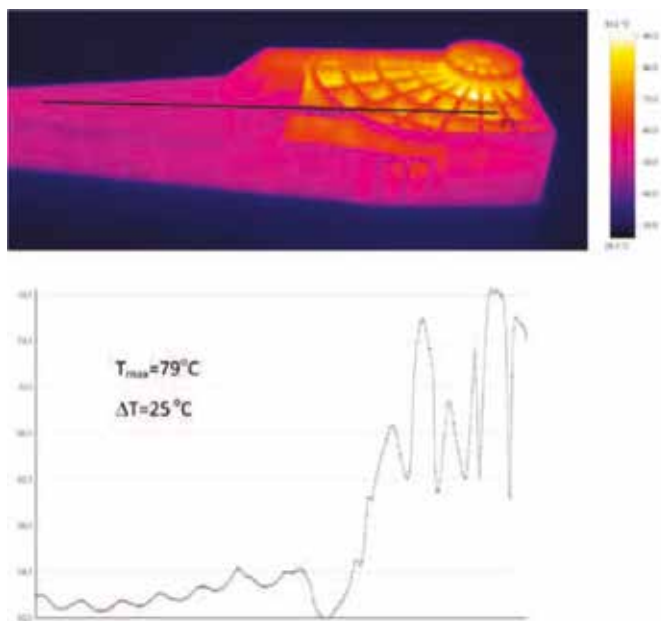
Rys. 4. Szczegółowe porównanie modyfikowanych obszarów wyprasek

i prawej strony każdej z wyprasek (ze względu na brak zgody właściciela formy nie mogła być ona przedstawiona w publikacji).

Kolejnym etapem prac była powtórna analiza termowizyjna i określenie koncentracji ciepła w wypraskach poddanych modyfikacji kształtu i wykonanych w zmodyfikowanym narzędziu (formie wtryskowej). Wyniki badań termowizyjnych przedstawiono na rys. 5.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że różnica temperatury pomiędzy najzimniejszym i najgorętszym miejscem na wyprasce jest taka sama jak przed modyfikacją i wynosi 25°C. Zano-owano jednak różnicę w wartości maksymalnej temperatury. Dla pierwotnej wypraski wynosi ona 97°C, a dla wypraski po modyfikacji 79°C.

Ta różnica spowodowała, osiągnięcie znacznie mniejszej deformacji produkowanych wyprasek. Udało się też skrócić czas chłodzenia z 70 s do 62 s, czas docisku z 7 s do 6 s, a wyni-owy czas cyklu wyniósł 91 s, co dawało wydajność na poziomie



Rys. 5. Termogram oraz profil zmian temperatury wzdłuż całej wypraski po zastosowaniu zmian

37+37 szt/h (razem 74 szt/h), czyli 2 sztuki więcej na godzinę. Przy produkcji wielkoseryjnej skrócenie czasu cyklu o 9% powoduje w skali roku znaczne oszczędności ekonomiczne, a optymalizacja kształtu daje mniejsze deformacje i tym samym mniej reklamacji produkowanych elementów wtryskowych.

PODSUMOWANIE

W wypraskach wtryskowych o dużej liczbie uźebrowania bardzo często dochodzi do deformacji postaciowych kształtu. Przyczyną tego jest stosowanie długich żeber, w których podczas przepływu dochodzi do znacznej orientacji makrocząsteczek. Ponadto nagromadzenie tworzywa w pewnych obszarach wypraski powoduje znaczne wydłużenie potrzebnego czasu ochładzania. Zmniejszenie ilości tworzywa w obszarach kondensacji ciepła oraz zmiana uźebrowania powodują zmianę rozkładu naprężeń własnych oraz cieplnych, które mogą powodować deformacje. Analiza termowizyjna pozwala na określenie węzłów, w których dochodzi do kumulacji ciepła i taką zmianę konstrukcji formy w celu zmniejszenia objętości cieplnej tworzywa w tych miejscach.

Częstym błędem podczas konstruowania wyprasek technicznych jest dążenie do uzyskania dużej sztywności poprzez dodanie objętości tworzywa, zamiast zoptymalizowanie jej przez zastosowanie odpowiedniego uźebrowania. Ważnym czynnikiem

oprócz samej konstrukcji wypraski jest odpowiednie zaprojektowanie systemu chłodzącego w formie wtryskowej. Powinien on zagwarantować przede wszystkim uzyskanie równomiernego rozkładu temperatury na powierzchni wypraski, a nie na powierzchni narzędzia (formy wtryskowej). Przy niektórych wypraskach o zróżnicowanej pojemności cieplnej w poszczególnych obszarach wypraski (co jest jednoznaczne z ilością tworzywa w tych częściach wypraski) istnieje konieczność rozdzielania układów termostowania i celowego zróżnicowania temperatury formy w każdym z obiegów.

Przeprowadzone badania przyczyniły się do optymalizacji kształtu produkowanej wypraski, czego powodem były znaczne mniejsze deformacje postaciowe produkowanych wyprasek oraz skrócenie cyklu wtryskiwania.

PODZIĘKOWANIA

Podziękowania dla firmy OCTO Actuators GmbH – Niemcy za możliwość przeprowadzenia analizy i przygotowania publikacji w oparciu o formę wtryskową i wypraski firmy.

LITERATURA

- [1] Postawa P.: Metody termostowania form wtryskowych. Przetwórstwo Tworzyw 4 (136), 2010, s.181-187.
- [2] Nabiałek J.: Modelowanie zjawisk w procesie wtryskiwania tworzyw. Tworzywa Sztuczne w Przemśle, 8, 1/2012, s. 54 – 56.
- [3] Postawa P.: Chłodzenie konformalne form wtryskowych. Chłodzenie Procesów Przemysłowych. Dodatek nr 1, marzec/kwiecień 2012, XV-XX, w: Tworzywa Sztuczne w Przemśle, 9, 2/2012.
- [4] Bociąga E., Jaruga T.: Powstawanie obszarów łączenia strumieni tworzywa w wypraskach z wielogniazdowej formy wtryskowej. Polimery 2009, 54, nr 9, s. 654-660.
- [5] Postawa P., Kwiatkowski D.: Residual stress distribution in injection molded parts. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering vol. 18., Gliwice 2006, str.171-174.
- [6] Hamdy H., Regnier N., Lebot C., Pujos C., Defaye G., Applied Thermal Engineering 29 (2009) 1786–179.
- [7] Yan C., Nakao C., Go T., Matsumoto K., Hatamura Y., Microsystem Technologies 9 (2003) 188–191, Springer-Verlag 2003.
- [8] Ivascu N., Fetecau C., Cusco W., Hill R., The Annals “Dunarea de Jos” of Galati Fascicle V, Technologies in machine building, ISSN 1221-4566, 2010.
- [9] Zhao G., Wang G., Guana Y., Lia H., Polym. Adv. Technol. 2011, 22 476–482.
- [10] Qiao H., International Journal of Mechanical Sciences 48 (2006) 430–439.
- [11] Griffith B., Türler D., Goudey H., Lawrence Berkeley Nat. Lab., Berkeley CA, 2001.
- [12] Masse H., Arquis E., Delaunay D., Quilliet S., Le Bot P., International Journal of Heat and Mass Transfer 47 (2004) 2015–2027.

Artykuł został pierwotnie zamieszczony w czasopiśmie „Przetwórstwo Tworzyw” nr 5 (wrzesień – październik) 2016.

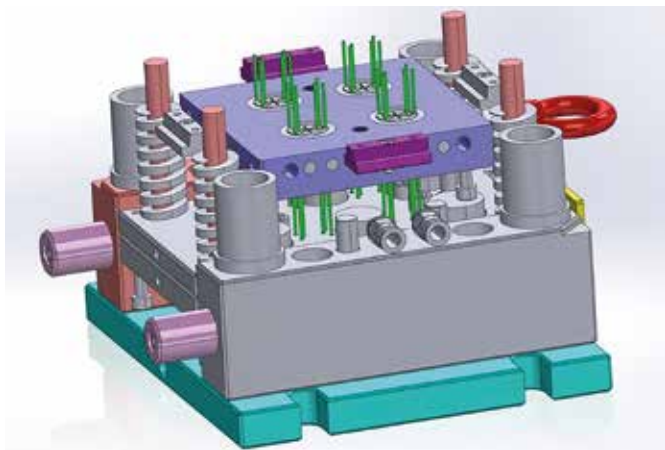
Roman HUMIENNY*, Przemysław POSTAWA,
Tomasz STACHOWIAK****

*Science and Plastic Experts, ul. Wiejska 8, 59-220 Legnica

**Katedra Technologii i Automatyzacji, Politechnika Częstochowska, ul. Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa, e-mail: przemyslaw.postawa@pcz.pl, tomasz.stachowiak@pcz.pl

Formy wtryskowe i ich budowa na podstawie doświadczeń Biura Konstrukcyjnego 3D Mold

Formy wtryskowe to narzędzia wykorzystywane w przemyśle do produkcji elementów z tworzyw sztucznych. Dzięki nim możliwe jest uzyskanie precyzyjnych kształtów oraz powtarzalności wyrobów. W dalszej części artykułu przyjrzymy się bliżej budowie, zastosowaniu oraz technologii wtryskiwania form wtryskowych.



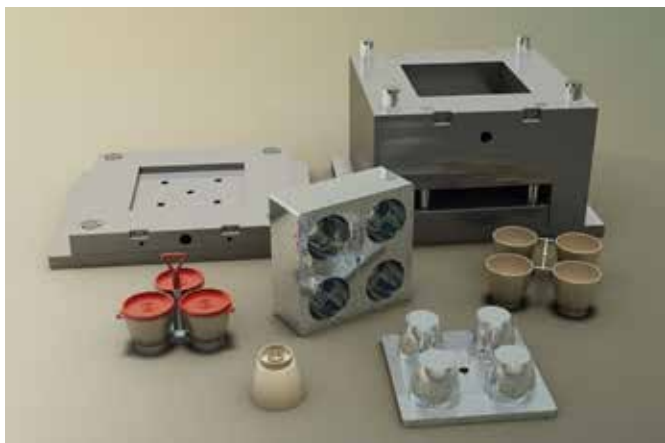
KOMPENDIUM WIEDZY O FORMACH WTRYSKOWYCH

Formy wtryskowe kompendium wiedzy to kompleksowe źródło informacji na temat narzędzi wykorzystywanych w przemyśle do produkcji elementów z tworzyw sztucznych. W tej sekcji omówimy podstawowe informacje o formach wtryskowych, ich zastosowaniu oraz znaczeniu w przemyśle.

Formy wtryskowe są kluczowym elementem procesu wytwarzania wyrobów z tworzyw sztucznych. Dzięki nim możliwe jest uzyskanie precyzyjnych kształtów oraz powtarzalności wyrobów. Formy te są wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu, takich jak motoryzacja, medycyna, elektronika czy opakowania.

W procesie wtryskiwania tworzywa sztucznego, formy wtryskowe są napełniane rozgrzanym materiałem, który następnie stygnie i zastyga, przyjmując ostateczny kształt. Ważnym aspektem pracy z formami wtryskowymi jest ich właściwe przygotowanie oraz konserwacja, aby zapewnić długą żywotność narzędzi oraz wysoką jakość produkowanych elementów.

W zależności od zastosowania, formy wtryskowe mogą być wykonane z różnych materiałów, takich jak stal, aluminium czy mosiądz. Wybór odpowiedniego materiału zależy od wielu czyn-



ników, takich jak rodzaj tworzywa sztucznego, wymagana wytrzymałość formy czy ilość produkowanych elementów.

Warto również zwrócić uwagę na fakt, że formy wtryskowe są często projektowane i produkowane na zamówienie, co pozwala na dostosowanie narzędzi do indywidualnych potrzeb klienta oraz uzyskanie wyrobów o unikalnych kształtach i właściwościach.

Podsumowując, formy wtryskowe są niezbędnym narzędziem w przemyśle tworzyw sztucznych, umożliwiającym produkcję elementów o precyzyjnych kształtach oraz powtarzalności. Wiedza na temat form wtryskowych, ich zastosowania oraz właściwości jest kluczowa dla osób związanych z branżą, a formy wtryskowe kompendium wiedzy stanowi doskonałe źródło informacji na ten temat.

BUDOWA I AKCESORIA DO FORM WTRYSKOWYCH

Formy wtryskowe budowa i akcesoria to kluczowe elementy, które wpływają na jakość i precyzję wykonywanych elementów z tworzyw sztucznych. W tej sekcji przyjrzymy się budowie form wtryskowych oraz omówimy poszczególne elementy i akcesoria do form wtryskowych.

KONSTRUKCJA FORM WTRYSKOWYCH

Forma wtryskowa składa się z kilku podstawowych części, takich jak:

- korpus formy - zewnętrzna część formy, która nadaje jej kształt i zapewnia stabilność,
- wnętrze formy - przestrzeń, w której tworzywo sztuczne jest wtryskiwane i zastyga,
- system wtrysku - elementy odpowiedzialne za doprowadzenie rozgrzanego tworzywa do wnętrza formy,
- system chłodzenia - układ rur i kanałów, który pozwala na kontrolowanie temperatury formy i przyspiesza proces stygnięcia tworzywa,
- system wyjmowania - mechanizmy, które umożliwiają wyjęcie gotowego elementu z formy.

Ważnym aspektem pracy z formami wtryskowymi są akcesoria do form wtryskowych, które ułatwiają ich obsługę, konserwację oraz poprawiają jakość produkowanych elementów. Niektóre z nich to:

- śruby i nakrętki - służą do mocowania formy w maszynie wtryskowej,
- smarownice - umożliwiają smarowanie formy, co przedłuża jej żywotność,
- czujniki temperatury - kontrolują temperaturę formy, co pozwala na optymalizację procesu wtryskiwania,
- zawory - regulują przepływ tworzywa oraz chłodziwa w formie,
- elementy uszczelniające - zapobiegają wyciekowi tworzywa oraz chłodziwa z formy.

Wybór odpowiednich akcesoriów do form wtryskowych jest kluczowy dla zapewnienia wysokiej jakości produkowanych elementów oraz długiej żywotności formy. Dlatego warto zwrócić uwagę na jakość używanych akcesoriów oraz regularnie przeprowadzać konserwację formy, aby utrzymać jej sprawność na najwyższym poziomie.



FORMY WTRYSKOWE DO TWORZYW SZTUCZNYCH

Formy wtryskowe do tworzyw sztucznych są kluczowym elementem w procesie przetwórstwa tworzyw sztucznych, zwłaszcza w technologii wtryskiwania tworzyw sztucznych. W tej sekcji omówimy, jakie formy wtryskowe są stosowane w przetwórstwie tworzyw sztucznych oraz opiszemy proces wtryskiwania.

RODZAJE FORM WTRYSKOWYCH

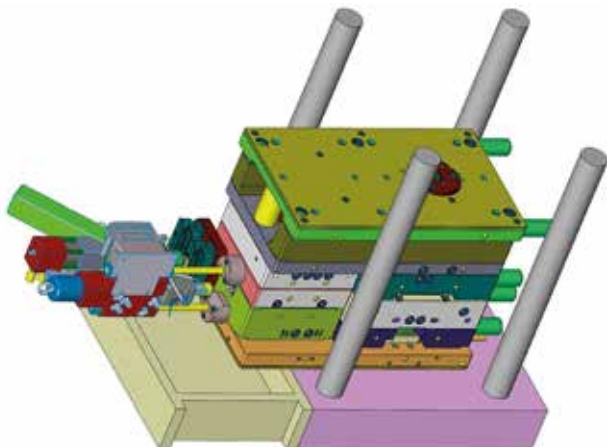
W przetwórstwie tworzyw sztucznych stosuje się różne rodzaje form wtryskowych, które można podzielić na kilka kategorii, takich jak:

- formy jednogniazdowe - posiadają jedno gniazdo, w którym wtryskiwane jest tworzywo,
- formy wielogniazdowe - mają kilka gniazd, co pozwala na jednoczesne wytwarzanie kilku elementów,
- formy rodzajowe - umożliwiają wytwarzanie różnych elementów z jednej formy,
- formy z wymiennymi wkładkami - pozwalają na szybką zmianę kształtu wytwarzanych elementów poprzez wymianę wkładki w formie.

Proces wtryskiwania tworzyw sztucznych polega na wprowadzeniu rozgrzanego tworzywa do wnętrza formy wtryskowej, gdzie następnie zastyga, przyjmując kształt wyznaczony przez formę. Proces ten składa się z kilku etapów:

1. rozgrzewanie tworzywa - tworzywo sztuczne jest podgrzewane do odpowiedniej temperatury, aby stało się płynne,
2. wtryskiwanie tworzywa - płynne tworzywo jest wtryskiwane do wnętrza formy pod wysokim ciśnieniem,
3. stygnięcie tworzywa - tworzywo zastyga w formie, przyjmując jej kształt,
4. wyjmowanie elementu - gotowy element jest wyjmowany z formy, a forma jest przygotowywana do kolejnego cyklu wtryskiwania.

W procesie wtryskiwania tworzyw sztucznych istotne jest dobranie odpowiednich parametrów, takich jak temperatura tworzywa, ciśnienie wtrysku czy czas stygnięcia, które wpływają na jakość wytwarzanych elementów. Dlatego ważne jest, aby formy wtryskowe do tworzyw sztucznych były precyzyjnie wykonane oraz dostosowane do specyfiki przetwarzanego tworzywa.



PRODUKCJA FORM WTRYSKOWYCH

Produkcja form wtryskowych to skomplikowany proces, który wymaga precyzyjnego wykonania oraz uwzględnienia wielu aspektów. W tej sekcji omówimy proces produkcji formy wtryskowej, średni czas produkcji, koszty oraz najważniejsze aspekty produkcji form.

Proces produkcji formy wtryskowej można podzielić na kilka etapów:

1. projektowanie formy - na podstawie wymagań klienta oraz specyfiki tworzywa tworzy się projekt formy wtryskowej,
2. wykonanie formy - formy wtryskowe są wykonywane zazwyczaj z metali, takich jak stal czy aluminium, przy użyciu maszyn CNC, elektroerozyjnych lub innych technologii obróbki,
3. montaż formy - po wykonaniu poszczególnych elementów formy, następuje ich montaż oraz sprawdzenie poprawności działania,
4. testowanie formy - przed rozpoczęciem produkcji seryjnej, formę poddaje się testom, aby sprawdzić jakość wytwarzanych elementów oraz ewentualne potrzeby korekty.

Średni czas produkcji formy wtryskowej zależy od wielu czynników, takich jak złożoność formy, użyte materiały czy technologie obróbki. Przyjmuje się, że czas produkcji formy wtryskowej wynosi od kilku tygodni do nawet kilku miesięcy.

Koszty produkcji formy wtryskowej są zróżnicowane i zależą od takich czynników, jak: wielkość formy, złożoność konstrukcji, użyte materiały czy technologie obróbki. W przypadku prostych



form, koszty mogą wynosić kilka tysięcy złotych, natomiast w przypadku bardziej skomplikowanych konstrukcji, koszty mogą sięgać nawet kilkuset tysięcy złotych.

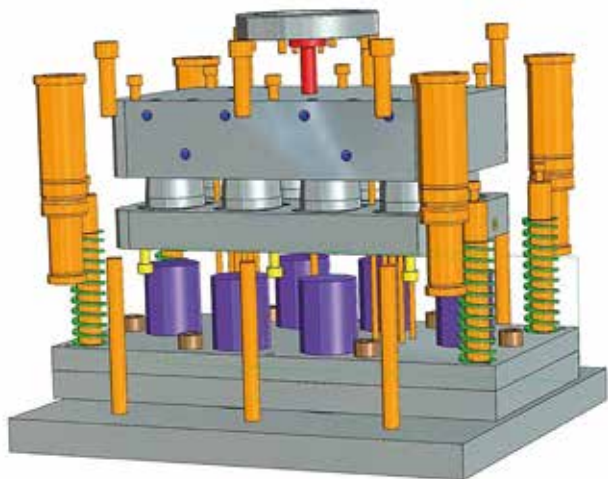
Wśród najważniejszych aspektów produkcji form wtryskowych można wymienić:

- precyzyjne wykonanie formy - wpływa na jakość wytwarzanych elementów oraz żywotność formy,
- dobór odpowiednich materiałów - formy muszą być wykonane z materiałów odpornych na ścieranie oraz wysokie temperatury,
- projektowanie formy z uwzględnieniem specyfiki tworzywa - różne tworzywa sztuczne mają różne właściwości, co wpływa na wymagania stawiane formom,
- optymalizacja procesu wtryskiwania - poprzez odpowiednie ustawienie parametrów wtryskiwania, można zminimalizować ilość odpadów oraz skrócić czas cyklu.

Produkcja form wtryskowych to proces wymagający precyzji oraz uwzględnienia wielu aspektów. Dobrze wykonana forma wtryskowa pozwala na efektywną produkcję elementów z tworzyw sztucznych, co przekłada się na oszczędność czasu oraz kosztów.

WYBÓR I DOBÓR FORMY WTRYSKOWEJ

Wybór formy wtryskowej oraz dobór tworzywa są kluczowymi czynnikami wpływającymi na jakość i efektywność procesu wtryskiwania. W tej sekcji przedstawimy porady dotyczące wyboru i doboru formy wtryskowej oraz zależność formy od wybranego tworzywa.



Przy doborze formy wtryskowej warto zwrócić uwagę na następujące aspekty:

- złożoność konstrukcji - im bardziej skomplikowana forma, tym większe wymagania co do precyzji wykonania oraz technologii obróbki,
- rozmiar formy - większe formy mogą generować wyższe koszty produkcji oraz wymagać większej mocy maszyn wtryskowych,
- ilość kawitacji - liczba kawitacji wpływa na szybkość produkcji oraz jakość wytwarzanych elementów,
- typ zastosowanego tworzywa - różne tworzywa sztuczne mają różne właściwości, co wpływa na wymagania stawiane formom.

Zależność formy wtryskowej od wybranego tworzywa jest istotna, gdyż różne tworzywa mają różne właściwości, takie jak temperatura topnienia, lepkość czy skurcz. Przykładowo, tworzywa o wyższej temperaturze topnienia wymagają form o większej odporności na wysokie temperatury, podczas gdy tworzywa o większym skurczu mogą wymagać form o większej precyzji wykonania.

W procesie doboru tworzywa warto uwzględnić następujące kryteria:

- właściwości mechaniczne - wytrzymałość, sztywność, twardość,
- właściwości termiczne - temperatura topnienia, odporność na temperatury,
- właściwości chemiczne - odporność na środki chemiczne, korozję,
- estetyka - kolor, połysk, tekstura powierzchni,
- koszt - cena tworzywa oraz koszty związane z jego przetwarzaniem.

Podsumowując, wybór formy wtryskowej oraz dobór tworzywa są kluczowymi czynnikami wpływającymi na jakość i efektywność procesu wtryskiwania. Należy uwzględnić złożoność konstrukcji, rozmiar formy, ilość kawitacji oraz typ zastosowanego tworzywa, aby zoptymalizować proces produkcji elementów z tworzyw sztucznych.

KONSTRUKCJA I WYKONANIE FORMY WTRYSKOWEJ

Wykonanie projektu formy wtryskowej oraz jej konstrukcja są kluczowe dla uzyskania wysokiej jakości wyprasek. W tym rozdziale omówimy poszczególne etapy konstrukcji formy wtryskowej oraz parametry, które należy uwzględnić podczas projektowania i wykonania formy.

Proces projektowania formy wtryskowej obejmuje następujące etapy:

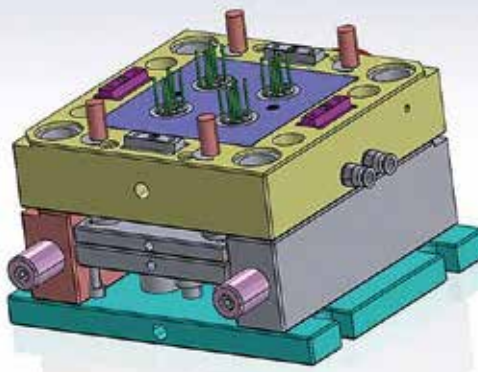
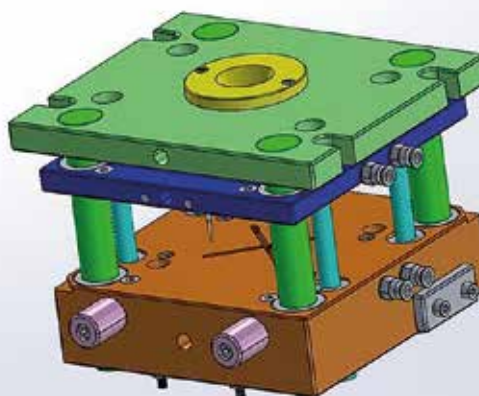
1. Analiza wymagań technicznych i technologicznych wypraski,

2. Projektowanie wnętrza formy wtryskowej, w tym wykonywanie gniazd formy wtryskowej,
3. Projektowanie układu wlewowego formy wtryskowej,
4. Projektowanie układu chłodzenia formy wtryskowej,
5. Projektowanie układu wypychania wypraski oraz układu usuwania wlewka,
6. Określenie parametrów formy wtryskowej, takich jak temperatura formy, grubość ścianki czy kąt pochylenia,
7. Projektowanie elementów prowadzących oraz wymiennych wkładek.

Podczas konstrukcji form wtryskowych należy uwzględnić wiele czynników, takich jak:

- wnętrze formy wtryskowej - kształtka lub wypraska musi być zaprojektowana z uwzględnieniem technologiczności wypraski oraz dokładności wymiarowej,
- układ chłodzenia formy wtryskowej - odpowiednio zaprojektowany układ chłodzenia pozwala na utrzymanie optymalnej temperatury formy wtryskowej, co wpływa na jakość wyprasek,
- układ wlewowy formy wtryskowej - układ ten odpowiada za doprowadzenie tworzywa do wnętrza formy, a jego właściwe zaprojektowanie wpływa na równomierny rozkład tworzywa oraz minimalizację naprężeń wewnętrznych,
- układ wypychania - układ ten pozwala na wypychanie wypraski z formy oraz usuwanie wlewka, a jego właściwe zaprojektowanie wpływa na jakość wyprasek oraz szybkość procesu wtryskiwania,
- parametry formy wtryskowej - takie jak: temperatura formy, grubość ścianki czy kąt pochylenia, które wpływają na jakość wyprasek oraz efektywność procesu wtryskiwania.

Podsumowując, konstrukcja i wykonanie formy wtryskowej są kluczowe dla uzyskania wysokiej jakości wyprasek. Należy uwzględnić poszczególne etapy konstrukcji oraz parametry formy, takie jak układ chłodzenia, układ wlewowy, układ wypychania czy parametry formy wtryskowej, aby zoptymalizować proces produkcji elementów z tworzyw sztucznych.

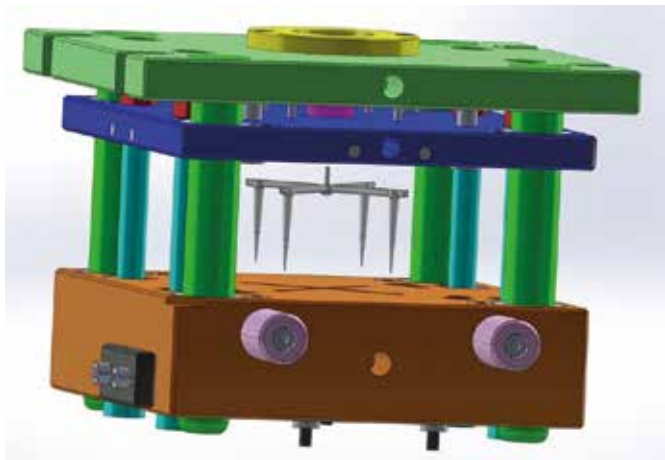


ZASTOSOWANIE FORM WTRYSKOWYCH

Zastosowanie form wtryskowych jest niezwykle szerokie, a ich różnorodność pozwala na produkcję wyprasek o różnych kształtach, rozmiarach i właściwościach. W tym rozdziale omówimy typy form wtryskowych oraz ich zastosowanie w różnych branżach.

Różnorodne formy wtryskowe można podzielić na kilka głównych kategorii, takich jak:

- Formy zimnokanałowe - stosowane w przypadku tworzyw termoplastycznych, gdzie tworzywo jest wtryskiwane do formy przez zimny kanał. Charakteryzują się prostotą konstrukcji i niższymi kosztami produkcji, ale mogą generować większą ilość odpadów w postaci wlewków.
- Forma gorącokanałowa - stosowana głównie w przypadku tworzyw termoplastycznych o wysokim przepływie. W tego typu formach tworzywo jest wtryskiwane przez gorący kanał, co pozwala na zmniejszenie ilości odpadów i skrócenie czasu cyklu wtrysku. Koszt produkcji takiej formy jest jednak wyższy niż w przypadku form zimnokanałowych.
- Formy wtryskowe rozdmuchowe - wykorzystywane do produkcji wyprasek o kształcie cylindrycznym, takich jak butelki czy pojemniki. W tym przypadku tworzywo jest wtryskiwane do formy, a następnie rozdmuchiwane pod wpływem ciśnienia powietrza, co pozwala na uzyskanie wyprasek o jednolitej grubości ścianki.
- Gabarytowe formy wtryskowe - stosowane do produkcji wyprasek o dużych gabarytach, takich jak elementy mebli czy części samochodowe. Wymagają one zastosowania specjalistycznych maszyn wtryskowych o dużym nacisku zamykania oraz precyzyjnego projektowania formy, aby uzyskać wysoką jakość wyprasek.



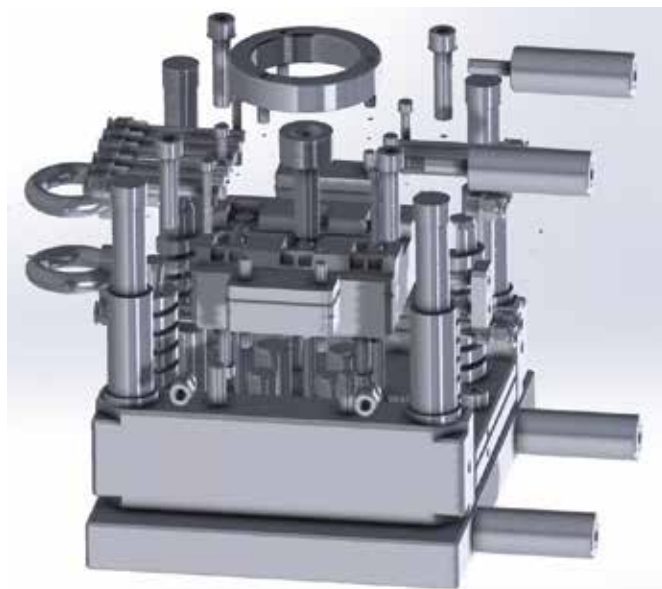
TYPY FORM WTRYSKOWYCH

Wybór odpowiedniego typu formy wtryskowej zależy od wielu czynników, takich jak: rodzaj tworzywa, wymagana jakość wyprasek, wielkość produkcji czy koszty inwestycji. Warto zwrócić uwagę na specyfikę poszczególnych form, takich jak formy zimnokanałowe czy forma gorącokanałowa, aby zoptymalizować proces produkcji wyprasek z tworzyw sztucznych.

Podsumowując, zastosowanie form wtryskowych jest niezwykle szerokie, a ich różnorodność pozwala na produkcję wyprasek o różnych kształtach, rozmiarach i właściwościach. Wybór odpowiedniego typu formy, takiej jak formy zimnokanałowe, forma gorącokanałowa, formy wtryskowe rozdmuchowe czy gabarytowe formy wtryskowe, pozwala na zoptymalizowanie procesu produkcji oraz uzyskanie wysokiej jakości wyprasek.

KOSZT FORMY WTRYSKOWEJ

Koszt formy wtryskowej jest jednym z kluczowych czynników wpływających na decyzję o wyborze technologii wtryskiwania



tworzyw sztucznych. W tej sekcji omówimy informacje do wyceny form wtryskowych, przyczyny kosztów form wtryskowych oraz porównamy koszt wykonania formy wtryskowej na rynku krajowym i zagranicznym, np. w Chinach.

Wycena formy wtryskowej zależy od wielu czynników, takich jak:

- Wielkość i złożoność formy - większe i bardziej skomplikowane formy wymagają większego nakładu pracy i materiałów, co wpływa na ich koszt.
- Typ formy wtryskowej - różne typy form, takie jak formy zimnokanałowe, gorącokanałowe czy gabarytowe, mają różne koszty wykonania.
- Materiały użyte do produkcji formy - wybór materiału, z którego wykonana jest forma, wpływa na jej trwałość, a co za tym idzie, na koszt formy.
- Stopień precyzji i wykończenia powierzchni formy - wyższa precyzja i lepsze wykończenie formy zwiększają jej koszt.
- Liczba kawitacji - większa liczba kawitacji (ilość miejsc w formie, w których wtryskiwane jest tworzywo) wpływa na koszt formy.

Koszt wykonania formy wtryskowej może się różnić w zależności od kraju produkcji. Na przykład, koszt formy wtryskowej z Chin może być niższy niż na rynku krajowym, ze względu na niższe koszty pracy i materiałów. Jednak warto zwrócić uwagę na jakość wykonania formy oraz ewentualne koszty związane z transportem i cłami.

Podsumowując, cena formy wtryskowej zależy od wielu czynników, takich jak wielkość i złożoność formy, typ formy wtryskowej, materiały użyte do produkcji formy, stopień precyzji i wykończenia powierzchni formy oraz liczba kawitacji. Przy wyborze formy warto również rozważyć koszty związane z jej produkcją na rynku krajowym i zagranicznym, np. w Chinach.

TECHNOLOGIA WTRYSKIWANIA I WYKOŃCZENIA POWIERZCHNI FORMY

Technologia wtryskiwania to proces, w którym tworzywo sztuczne jest podgrzewane do stanu płynnego, a następnie wtryskiwane pod wysokim ciśnieniem do formy. W związku z tym kluczowe znaczenie ma wykończenie powierzchni formy, które wpływa na jakość ostatecznego produktu. W tej sekcji omówimy procesy wykończeniowe powierzchni formy oraz wpływ wysokich temperatur w formie wtryskowej na proces wtryskiwania.

Wykończenie powierzchni formy ma na celu uzyskanie odpowiedniej jakości powierzchni produktu oraz zapewnienie wła-

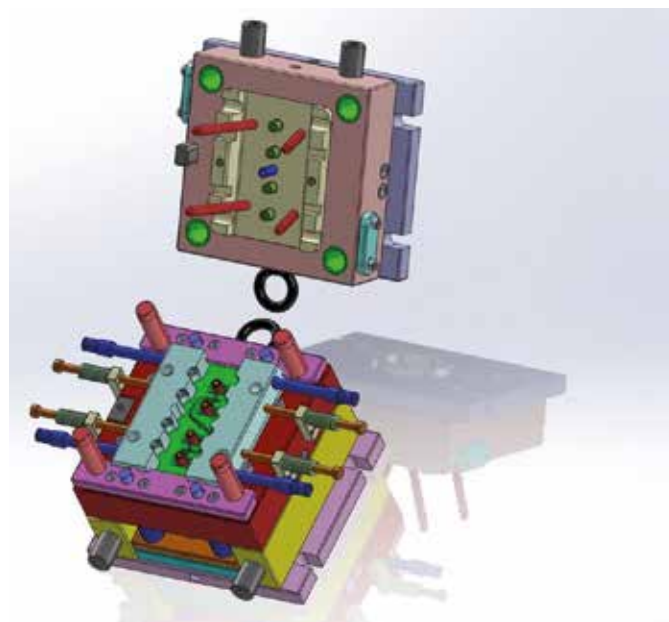
ściwego przepływu tworzywa w formie. Procesy wykończeniowe obejmują:

- Szlifowanie - usuwanie nadmiaru materiału i wygładzanie powierzchni formy.
- Polerowanie - nadanie formie wysokiej jakości powierzchni, co wpływa na estetykę i funkcjonalność produktu.
- Chemiczne obróbki powierzchni - stosowane w celu poprawy właściwości antyadhezyjnych formy, co ułatwia proces wtryskiwania i wyjmowania produktu z formy.

Wysokie temperatury w formie wtryskowej mają istotny wpływ na proces wtryskiwania. Wpływają one na:

- Przepływ tworzywa - wyższa temperatura powoduje lepszy przepływ tworzywa w formie, co ułatwia wypełnienie kawitacji i uzyskanie odpowiedniej jakości produktu.
- Czas cyklu - wyższa temperatura skraca czas cyklu, co przekłada się na większą wydajność procesu wtryskiwania.
- Właściwości mechaniczne produktu - odpowiednie zarządzanie temperaturą w formie wpływa na właściwości mechaniczne produktu, takie jak wytrzymałość czy sztywność.

Podsumowując, technologia wtryskiwania oraz wykończenia powierzchni formy mają kluczowe znaczenie dla jakości ostatecznego produktu. Procesy wykończeniowe, takie jak szlifowanie, polerowanie czy chemiczne obróbki powierzchni, wpływają na estetykę i funkcjonalność produktu. Z kolei wysokie temperatury w formie wtryskowej mają istotny wpływ na przepływ tworzywa, czas cyklu oraz właściwości mechaniczne produktu.



INNE ASPEKTY FORM WTRYSKOWYCH

W tej sekcji omówimy różne aspekty związane z formami do wtryskarki, takie jak materiały, konstrukcja, procesy produkcyjne i inne. Przyjrzymy się również formom wtryskowym fastpart oraz tańszym formom wtryskowym.

Rodzaje form wtryskowych zależą od zastosowania, materiałów i procesów produkcyjnych. Najpopularniejsze rodzaje to metalowa forma wtryskowa oraz wysokiej jakości forma wtryskowa. Wybór odpowiedniego rodzaju formy wpływa na jakość wykonanych elementów oraz koszty produkcji.

Elementy form wtryskowych obejmują między innymi gniazdo formujące, węże do form wtryskowych oraz prasy do tuszowania form wtryskowych. Każdy z tych elementów pełni ważną funkcję w procesie wtryskiwania i wpływa na jakość wytworzonych detali.

Materiał form wtryskowych ma kluczowe znaczenie dla trwałości i jakości formy. Najczęściej stosowane materiały na formę

wtryskową to stal, aluminium oraz stopy metali. Wybór odpowiedniego materiału zależy od wymagań dotyczących wytrzymałości, odporności na zużycie oraz kosztów produkcji.

Prace nad formą wtryskową obejmują projektowanie, wykonanie oraz testowanie formy. W trakcie tych prac ważne jest uwzględnienie takich aspektów jak waga detalu formy wtryskowej, odpowietrzenie form wtryskowych oraz ilość gniazd w formie wtryskowej. Odpowiednie zaprojektowanie i wykonanie formy wpływa na jakość ostatecznego produktu oraz efektywność procesu wtryskiwania.

Warto również zwrócić uwagę na możliwość zastosowania druku 3D w produkcji form wtryskowych. Druk 3D pozwala na szybsze i tańsze wykonanie prototypów form, co może przyczynić się do obniżenia kosztów produkcji oraz skrócenia czasu wprowadzenia produktu na rynek.

Podsumowując, różne aspekty form wtryskowych, takie jak rodzaje form, materiały, konstrukcja czy procesy produkcyjne, mają istotny wpływ na jakość i efektywność procesu wtryskiwania. Wybór odpowiedniej formy, uwzględniając takie czynniki jak formy wtryskowe fastpart czy tańsze formy wtryskowe, może przyczynić się do osiągnięcia lepszych wyników oraz obniżenia kosztów produkcji.

PODSUMOWANIE

W niniejszym artykule omówiliśmy najważniejsze aspekty związane z formami wtryskowymi, takie jak ich budowa, rodzaje, zastosowanie, koszty oraz technologia wtryskiwania i wykończenia powierzchni. Przedstawiliśmy również informacje na temat form wtryskowych do tworzyw sztucznych, produkcji form wtryskowych oraz wyboru i doboru formy wtryskowej.

Podkreśliśmy znaczenie konstrukcji i wykonania formy wtryskowej, uwzględniając takie aspekty jak waga detalu, odpowietrzenie czy ilość gniazd. Omówiliśmy również inne aspekty form wtryskowych, takie jak materiały, rodzaje form, procesy produkcyjne oraz zastosowanie druku 3D w produkcji form.

Wspomnieliśmy o formach wtryskowych fastpart oraz tańszych formach wtryskowych, które mogą przyczynić się do obniżenia kosztów produkcji i skrócenia czasu wprowadzenia produktu na rynek. Wskazaliśmy również na istotność elementów form wtryskowych, takich jak gniazdo formujące, węże czy prasy do tuszowania.

Podsumowując, różnorodność aspektów związanych z formami wtryskowymi ma kluczowe znaczenie dla jakości i efektywności procesu wtryskiwania. Wybór odpowiedniej formy, uwzględniając wszystkie omówione czynniki, może przyczynić się do osiągnięcia lepszych wyników oraz obniżenia kosztów produkcji.

SKONTAKTUJ SIĘ Z NAMI

Nasze biuro konstrukcyjne od lat współpracuje z klientami przy licznych projektach. Mamy ogromne doświadczenie w projektowaniu form wtryskowych, a przy tym stale się rozwijamy – zarówno pod kątem kompetencji, jak i wykorzystywanych technologii.

Potrzebujesz zaufanego partnera w procesie produkcyjnym? Skontaktuj się z biurem konstrukcyjnym 3D Mold!



ul. Kujawska 6, 85-031 Bydgoszcz, Polska
tel. +48 52 520 23 17 | mobile +48 537 737 027
www: 3dmold.pl | 3dmold.co.uk | 3dmold.de

HAIDLMAIR – formy wtryskowe zapewniające wyższą wydajność



Stefan Weiermeier, przedstawiciel HAIDLMAIR, chętnie Państwu doradzi



Macierzysta firma HAIDLMAIR w Nussbach

HAIDLMAIR jest jednym z wiodących na świecie producentów form wtryskowych do produkcji wszelkiego rodzaju pojemników (skrzynek na napoje, pojemników magazynowych i logistycznych, wiader itp.), skrzyniopalet i palet z tworzyw sztucznych, pojemników dla przemysłu recyklingowego i energetycznego, a także części technicznych i samochodowych.

Macierzysty zakład firmy w Nussbach w Austrii może poszczycić się prawie trzystuletnią tradycją obróbki metali. Ponad 150 lat temu został on przejęty przez rodzinę Haidlmair, gdzie w latach 70. Josef Haidlmair wraz ze współpracownikiem rozpoczął produkcję form. Nieco ponad 10 lat temu działalność przejęli synowie Josefa, Mario i Rene. W ciągu ponad 4 dekad od rozpoczęcia tej nowej działalności, zakład w Nußbach, zatrudniający obecnie ponad 300 pracowników, stał się jedną z najnowocześniejszych firm produkujących formy wtryskowe na świecie.

Doskonale wyposażony park maszynowy w połączeniu z kompetentnymi specjalistami z wieloletnim doświadczeniem gwarantuje klientom produkty o najwyższych standardach jakości, które zapewniają decydującą przewagę w zakresie produktywności. Motto firmy HAIDLMAIR: "One Stop for Higher Productivity" oznacza również "kompleksowy pakiet opieki" dla form wtryskowych. Obejmuje to kompleksowe wsparcie dla projektów dotyczących form wtryskowych: od pomysłu na produkt po projekt formy, symulację, konstrukcję, produkcję i fazę rozruchu. A po dostawie międzynarodowy zespół serwisowy HAIDLMAIR może zająć się każdym przypadkiem naprawy i konserwacji oraz zapewnia, że powrót klienta do właściwej produkcji przebiega szybko i sprawnie. Ponadto dział HAIDLMAIR Original Sparts gwarantuje stałą, szybką dostępność wysokiej jakości oryginalnych części zamiennych.

HAIDLMAIR jest pionierem w dziedzinie trwałych i oszczędnych form wtryskowych. Od ponad dwóch lat firma jest neutralna dla klimatu i oferuje klientom, zgodnie ze swoim mottem, kompleksowe wsparcie w zakresie zrównoważonej produktywności.



HAIDLMAIR jest wiodącym producentem form wtryskowych do produkcji szerokiej gamy produktów. (Wszystkie zdjęcia: HAIDLMAIR)

Formy HAIDLMAIR oszczędzają koszty energii dzięki konstrukcji o zoptymalizowanej masie i promują wykorzystanie surowców pochodzących z recyklingu dzięki zastosowaniu najnowocześniejszej technologii gorących kanałów, opracowanej w jednej z firm grupy (FDU Hotrunner). Rozwiązania są na tyle zaawansowane, że na życzenie klienta HAIDLMAIR jest w stanie dostarczyć formę neutralną dla klimatu.

HAIDLMAIR nie oferuje najtańszych narzędzi, ale systemy, dzięki którym można wytwarzać produkty w najbardziej opłacalny, korzystny sposób. Zainspiruj się bezkonkurencyjnie krótkimi czasami cykli, długą żywotnością narzędzi, wyjątkową jakością produktów i wieloma innymi cechami tych form!

Zapraszamy do odwiedzin na targach Plastpol 2024 w dniach 21-24 maja 2024 r. i zapoznania się z szeroką gamą produktów. Stefan Weiermeier czeka na Państwa wizytę i chętnie doradzi w sprawie wszystkich pomysłów na produkt.

HAIDLMAIR GmbH

Austria, 4542 Nussbach, Haidlmairstraße 1

tel. +43 75 876 001-268

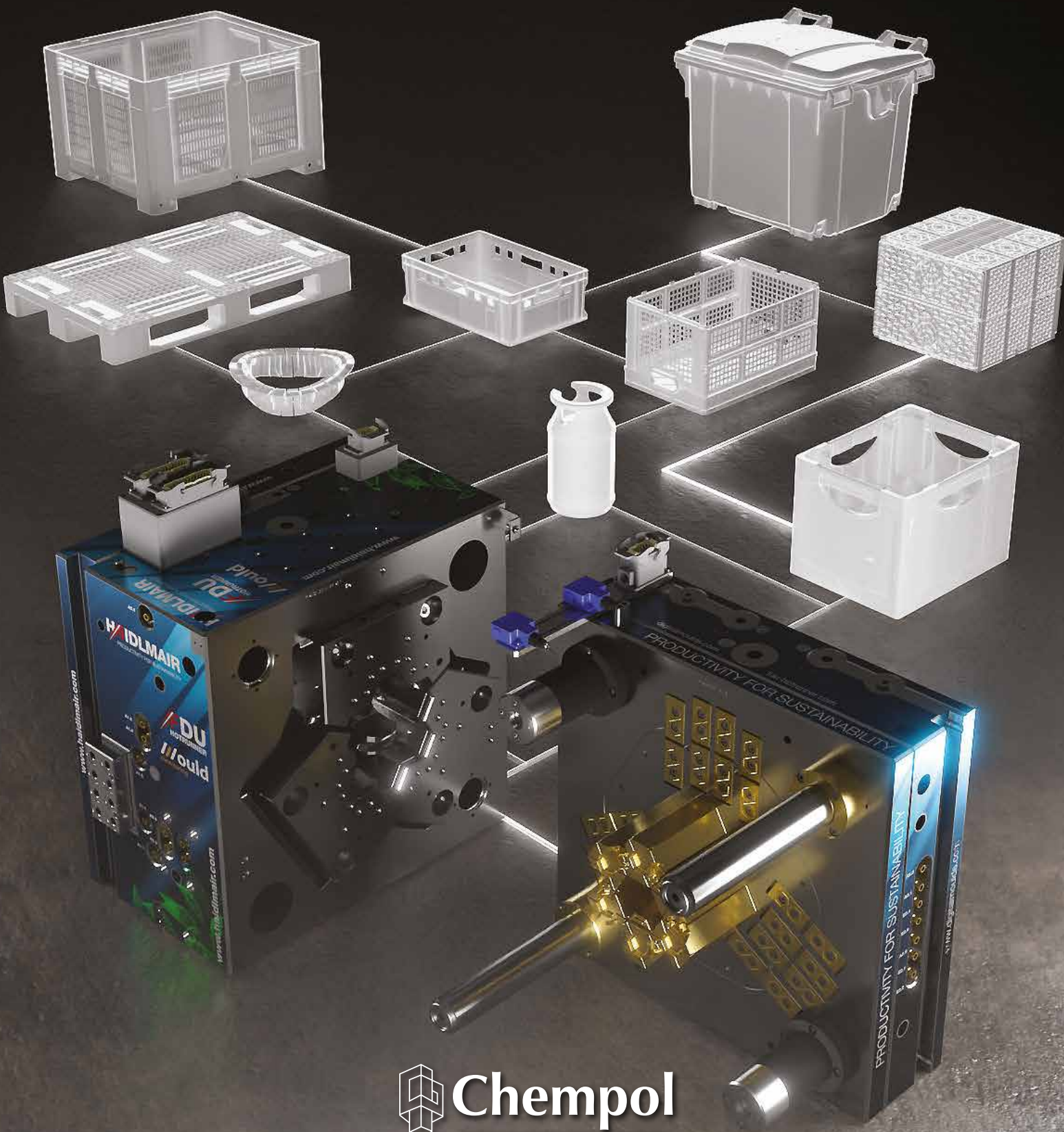
e-mail: stefan.weiermeier@haidlmair.com

www.haidlmair.at

WITAJ W ŚWIECIE

HAIDLMAIR

PRODUCTIVITY FOR SUSTAINABILITY



Chempol

Przedstawicielem firmy HAIDLMAIR w Polsce jest firma Chempol www.chempol.com.pl 71 346 3030

www.haidlmair.com

Newborn Plastic – Ciągły rozwój to nasz priorytet!

Firma Newborn Plastic z Kolbuszowej w branży recyklingu i tworzyw sztucznych działa już od około 15 lat. Naszym celem jest ciągła poprawa jakości, wydajności i szybkości naszego łańcucha dostaw, który rozpoczyna się od zakupów, poprzez zamówienia klientów, produkcję i produkt finalny, a kończy dystrybucją. Wieloletnie doświadczenie naszych pracowników na każdym stanowisku pracy jest gwarantem wysokiej jakości oferowanych przez nas produktów. Nasze ambicje i wciąż rozwijający się rynek tworzyw sztucznych zmuszają nas do działań, dzięki którym jesteśmy w stanie sprostać różnym wyzwaniom, takim jak zapewnienie odpowiedniej infrastruktury i technologii, spełnienie surowych norm środowiskowych, a także radzenie sobie z problemami logistycznymi, związanymi z gromadzeniem, sortowaniem odpadów i ich przetwarzaniem.

Jesteśmy jednym z największych producentów granulatów w Polsce, ale w swojej ofercie posiadamy również: rękawy, półrękawy, kaptury, przekładki foliowe, compound, a także worki na śmieci zwykłe oraz z tasiemką, sprzedawane jako marka własna GEKON. Wszystkie nasze produkty mogą być wykorzystane w wielu branżach, od przemysłu spożywczego po medyczny. Niezwykle istotne jest dla nas zrozumienie potrzeb i wymagań naszych klientów. Bogatą ofertę produktów oraz ich doskonałą jakość zawdzięczamy między innymi nieustannemu badaniu rynku, bezpośrednim rozmowom z klientami i obserwacji trendów w branży.

Rok 2023 przyniósł nam wiele nowych projektów. Właśnie zakończyliśmy budowę nowej hali produkcyjnej wraz z własnym laboratorium badawczym o całkowitej powierzchni 4500 m², wyposażonej w nowoczesne urządzenia laboratoryjne oraz maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych. Jednym z wyzwań recyklingu jest zapewnienie jakości i czystości materiałów poddawanych recyklingowi, co może mieć wpływ na ich wartość rynkową i potencjalne zastosowania. Naszym celem jest przede wszystkim wysoka jakość gotowego produktu. Wykwalifikowana kadra prowadzi analizę surowców na każdym etapie procesu recyklingu, kontroluje go i dokonuje korekt w czasie rzeczywistym. Skutecznie także udoskonala właściwości techniczne i środowiskowe produktów, tak, aby pasowały do jeszcze większej liczby zastosowań technicznych. Dzięki temu nasi klienci mają gwarancję, że otrzymują produkt finalny w najwyższej jakości, o parametrach idealnie dopasowanych do ich potrzeb i zamówienia.

Kolejnym dużym projektem, o którym warto wspomnieć jest dział COMPOUNDINGU. Dział ten oferuje szeroki zakres wysoce modyfikowanych tworzyw sztucznych, wytwarzanych w procesie compoundingu. Wykorzystując naszą wiedzę i wieloletnie doświadczenie, a także najnowsze technologie, udoskonalamy surowce polimerowe poprzez precyzyjne dodawanie m.in. wypełniaczy, antystatyków, stabilizatorów, a także innych dodatków. Nasze compoundy mogą być dostosowane do konkretnych wymagań i zastosowań, co czyni je niezwykle wartościowym produktem na rynku. Opracowujemy i produkujemy unikalne compoundy o zdefiniowanych właściwościach dla bardzo konkretnych



obszarów zastosowań. Możliwość dostosowania właściwości compoundów do specyficznych potrzeb klienta to nasz duży atut. Proces ten obejmuje takie cechy jak wytrzymałość na ściskanie, odporność na temperaturę, elastyczność, a nawet kolor i wygląd.

Newborn Plastic jako jedna z nielicznych firm recyklingowych w Polsce uruchomiła innowacyjną kaskadową linię do granulacji folii PE/PP. To bardzo świeży projekt, dlatego o nim wspominamy. Linia ta posiada zoptymalizowaną geometrię układu plastyfikującego. Część zasypowa linii w połączeniu ze zmodyfikowaną budową talerza aglomeratora gwarantuje w pełni wydajne podawanie przygotowanego płatków. Dzięki innowacyjnemu systemowi sterowania i automatyzacji w aglomeratorze i układzie plastyfikującym zachowane zostały stabilne warunki produkcji. Dużym atutem linii jest rozbudowany autonomiczny system odgazowania. Zastosowanie automatycznego systemu regulacji temperatury układu plastyfikującego, opartego na chłodzeniu cieczą, gwarantuje stabilność procesów oraz możliwości uzyskania najwyższych wydajności. Zastosowane systemy cięcia pozwalają na zmniejszenie interwałów serwisowych oraz minimalizują rolę operatora w procesie wytłaczania. Nieodłączną częścią całości linii jest myjnia, która również posiada szereg nowoczesnych udoskonaleń, w tym automatyczny system kontroli jakości wody w wannach flotacyjnych. Wirówki suszące wyposażone są w innowacyjny system przeciwbrotowego sita, który w połączeniu z funkcją jego czyszczenia gwarantuje niespotykane dotąd parametry suszenia materiału. Istotną częścią wirówki jest także modułowy wał napędowy o nowej geometrii. Zastosowana technologia ogranicza w znacznym stopniu udział operatora w obsłudze linii.

Dotychczas Newborn Plastic specjalizował się tylko w recyklingu odpadów LDPE i LLDPE. W roku 2023 wzbogaciliśmy naszą ofertę o COMPOUNDING oraz recykling odpadu HDPE oraz PP. Nie boimy się wyzwań, a nasze zaangażowanie w recykling i dążenie do rozwiązywania kolejnych problemów z nim związanych jest dla nas wyzwaniem i szansą na rozwój, co pokazujemy na każdym kroku. Jesteśmy dumni z tego, że w czasie, kiedy recykling w Polsce boryka się z wieloma problemami, jesteśmy w stanie realizować kolejne zadania, a przy tym utrzymujemy światowy poziom, zarówno w jakości produktu, jak i satysfakcji klienta.

Newborn Plastic sp. z o.o.

36-100 Kolbuszowa, ul. Leśna 11

tel. 17 226 85 10

www.newbornplastic.pl

Formowanie wtryskowe pod lupą – materiały i proces produkcji

Adam Bernacki

Jedną z najbardziej wydajnych technologii używanych do produkcji elementów z tworzyw sztucznych jest formowanie wtryskowe. W tym artykule dowiesz się, jak przebiega ten proces, jakie właściwości mają materiały użyte do modelowania oraz jakie zalety i wady ma jego stosowanie.

Proces formowania wtryskowego wykorzystuje się do produkcji masowej. Dzięki wysokiej powtarzalności całego cyklu bardzo łatwo jest wytworzyć tysiące sztuk danego produktu o bardzo zbliżonym poziomie jakości. To technologia, która daje ogromne spektrum możliwości. Stosuje się ją do produkcji różnorodnych części – od najmniejszych elementów po panele karoserii samochodów. W dalszej części artykułu przedstawimy szerzej proces produkcji.

STOSOWANE MATERIAŁY W FORMOWANIU WTRYSKOWYM

Formowanie wtryskowe tworzyw sztucznych pozwala stosować większość polimerów. Mogą to być zarówno żywice polimerowe, jak i wszystkie tworzywa termoplastyczne, a także niektóre materiały termoutwardzalne (np. epoksydowe i fenolowe) oraz elastomery. Właściwości biodegradowalne, szerokie zastosowanie oraz zdolność przechodzenia w stan plastyczny podczas ogrzewania charakteryzują większość termoplastów. Podczas wyboru materiałów warto kierować się kryteriami takimi jak: koszt, wytrzymałość, sprężystość (zdolność do odzyskiwania pierwotnego kształtu i objętości po usunięciu sił zewnętrznych wywołujących odkształcenie), odporność na chemikalia oraz absorpcja wody.

Najważniejszym aspektem przy doborze odpowiednich parametrów jest skurcz przetwórczy tworzywa sztucznego. Jest to zmiana objętości lub wymiaru wypraski w stosunku do objętości i wymiarów gniazda formującego. Skurcz przetwórczy dla każdego materiału jest inny – od 0,2% do nawet 4%.

Właściwości każdego materiału sprawiają, że będzie on odpowiedni do stosowania w konkretnych warunkach. Część z nich przedstawiamy poniżej:

- Akrylonitryl-butadien-styren (ABS) – dzięki gładkości, sztywności oraz wytrzymałości, ABS doskonale nadaje się do elementów wymagających udarności i utrzymania stabilności wymiarowej.
- Poliamid (PA) – dostępny w wielu odmianach, różne nylony oferują różne właściwości. Są odporne na wysokie temperatury i chemikalia, mają wysoką twardość, dobre właściwości ślizgowe czy stabilność kształtu.
- Poliwęglan (PC) – lekki, ma wysoką wytrzymałość i stabilność kształtu, a także dobre właściwości elektryczne, szeroki zakres temperaturowy pracy i jest trudnopalny.
- Polipropylen (PP) – z dobrą odpornością zmęczeniową, PP jest neutralny fizjologicznie, przez co można go stosować do kontaktu z żywnością.
- Polietylen (PE) – stosunkowo łatwo się go przetwarza, przeznaczony do kontaktu z żywnością, odporność chemiczna, naj-



częściej stosowany materiał w technologii rotomouldingu.

- Politereftalan etylenu (PET) – wysoka wytrzymałość mechaniczna, stabilność wymiarowa, wysoka sztywność.
- Polimetakrylan metylu (PMMA) – wysoka twardość, świetne właściwości optyczne, przez co często stosowany jest w branży oświetleniowej, połysk.
- Polistyren (PS) – stabilność wymiarowa, wysoka sztywność.

PROCES FORMOWANIA WTRYSKOWEGO TWORZYW SZTUCZNYCH

W tym procesie materiał w formie granulatu pod wpływem ogrzewanego cylindra wtryskarki uplastycznia się, a następnie obracający się wewnątrz cylindra ślimak przesuwając tworzywo w kierunku formy. Pod wpływem ciepła przekształca się w plastyczną masę. Połączenie wysokiego ciśnienia i temperatury sprawia, że materiał przechodzi w stan plastyczny, po czym następuje wypchnięcie w postaci gotowej wypraski.

Temperatura wtrysku wynosi około 200 stopni Celsjusza, co pozwala na upłynnienie tworzywa i uzyskanie plastycznej masy. Wprowadzenie do ślimaka powoduje wtrysk płynnego tworzywa sztucznego do gniazd, znajdujących się w zamkniętej formie wtryskowej. Ciśnienie wtrysku zależy od użytego tworzywa, jego geometrii oraz masy. Utwardzenie wprowadzonego tworzywa sztucznego pozwala na usunięcie z formy wtryskowej w postaci gotowej wypraski. Cykl jest powtarzany do uzyskania odpowiedniej liczby elementów lub do określonego czasu.

Jedną z technik przetwórstwa tworzyw sztucznych jest metoda zwana formowaniem wkładek. Dzięki niej nie trzeba wytwarzać dużej, drogiej formy. Wystarczają wkładki, umieszczane w matrycy, gdzie znajdują się gniazda formy. Zastosowanie tej metody

pozwała zdecydowanie skrócić czas wykonania formy wtryskowej (z reguły jest to mniej niż 30 dni roboczych) oraz obniżyć koszty w porównaniu do formy użytkowanej we wtrysku tradycyjnym – koszt formy może być nawet o 50% niższy. To rozwiązanie dedykowane jest do produkcji małych detali o nieskomplikowanej budowie i mniejszym wolumenie (10 000–100 000 sztuk). Proces wytwarzania nie ulega zmianie przy zastosowaniu tej technologii.

FORMOWANIE WTRYSKOWE TWORZYW SZTUCZNYCH – ZALETY I WADY

ZALETY:

- **Bardzo krótki czas cyklu.** Trwający najczęściej kilkanaście, kilkadziesiąt sekund sprawia, że można wytwarzać setki lub nawet tysiące sztuk produktu w krótkim czasie.
- **Dowolność kształtów.** Możliwość wytworzenia elementów o bardzo skomplikowanych kształtach i wąskich tolerancjach wymiarowych.
- **Mała ilość odpadów.** Formowanie wtryskowe tworzyw sztucznych charakteryzuje się małą ilością powstających odpadów w porównaniu do innych metod wytwarzania (np. obróbka CNC). Ponadto zużyty materiał można często wykorzystać ponownie. Do ekologicznych zalet zalicza się też niska emisja szkodliwych substancji.
- **Elastyczność w projekcie formy i wyborze materiału.** Producent ma dużą dowolność w stworzeniu kształtu oraz dobraniu termoplastu użytego do produkcji poszczególnych elementów.
- **Energooszczędność.** Nowoczesne, elektryczne maszyny wtryskujące mogą zużywać stosunkowo mało energii.
- **Powtarzalność produkcyjna i stabilność wymiarowa produkowanych wyprasek.** Odpowiednia kontrola parametrów procesu sprawia, że mamy pewność co do jakości i geometrii komponentów, która nie ucierpi przy szybko postępującej produkcji dużej liczby wyprasek.
- **Brak potrzeby obróbki wykończeniowej.** Wykorzystanie technologii formowania wtryskowego nie wymaga dodatkowej obróbki w postprodukcji.
- **Możliwość pełnego zautomatyzowania procesu.** Zintegrowana linia produkcyjna, wspomagana systemami informatycznymi, pozwala na ograniczenie zasobów ludzkich potrzebnych do jej obsługi.
- **Wysoka jakość wytworzonych wyprasek.** Odbiorcy poszukają wytrzymałych, elastycznych i skomplikowanych elementów. Formowanie wtryskowe tworzyw sztucznych sprawdza się w ich produkcji, utrzymując wysoki poziom jakości.

WADY:

- **Wysoki koszt wdrożeniowy formy.** Koszt formy wtryskowej może być bardzo wysoki. Dlatego należy rozważyć wybierając technologię wytwarzania, w celu optymalizacji kosztów.
- **Długi czas wytworzenia formy.** Zwykle ten proces trwa około 12-16 tygodni.
- **Niezbędne wysokie kwalifikacje pracowników.** Zespół projektowo-wykonawczy musi m.in. odpowiednio zaplanować proces, zaprojektować formę i dobrać odpowiednie parametry przetwórcze.
- **To technologia nieoptyczalna w przypadku małych serii.** Aby produkcja była opłacalna, wolumen zamówienia powinien zaczynać się od minimum 10 tys. sztuk.
- **Kontrola grubości ścianek.** Ścianki nie mogą być zbyt grube, bo może to doprowadzić do sytuacji, że zewnętrzna powierzch-



nia detalu ulegnie wystygnięciu i całkowitemu zestaleniu. Natomiast wewnątrz tworzywo może być jeszcze plastyczne, przez co wytrzymałość detalu ulega pogorszeniu i mogą wystąpić defekty (zaleca się utrzymywać grubość poniżej 4 mm). Natomiast zbyt cienkie (poniżej 1mm) w przypadku większości materiałów również mogą sprawić problemy, ponieważ mogą nie być wystarczająco wytrzymałe, a do tego również mogą wystąpić defekty.

- **Konieczność zachowania wąskich tolerancji parametrów produkcyjnych.** Wymagane jest stałe monitorowanie procesów, mając na uwadze szczególnie kwestię kontroli jakości.

PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA FORMOWANIA WTRYSKOWEGO

- Komponenty RTV oraz AGD
- Kształtki
- Nakrętki
- Kasetki do testów w branży medycznej
- Szpule
- Rozety
- Elementy mebli (np. nóżki)
- Gumowe elementy
- Zaślepki
- Złączki kabli
- Klocki dla dzieci
- Elementy elektroniki
- Elementy użytku codziennego
- Elementy do branży medycznej (np. kasetki do testów)
- Pudełka elementy mebli
- Podpórki do drzwi

PODSUMOWANIE

Formowanie wtryskowe stało się jedną z najważniejszych technologii dla branży przetwórstwa tworzyw sztucznych. Prognozy rynkowe przewidują, że zainteresowanie tą technologią będzie rosło z roku na rok z racji zwiększenia zastosowań w nowych dziedzinach, takich jak optyka, elektronika, lotnictwo, biomedycyna i komunikacja.

Adam Bernacki

Dyrektor techniczny w firmie Plastipol Poland. Popularyzator wiedzy o przetwórstwie tworzyw sztucznych. Specjalista w technologiach produkcji seryjnej i masowej w zakresie tworzyw sztucznych. Doradca szkoleniowy.

Źródło: www.plastipol.pl

Poradnik przetwórcy tworzyw, czyli 7 etapów planowania procesu wtrysku

Proces wtrysku – od czego zacząć przygodę? Wyzwania i kluczowe kroki. Część I

Patryk Gratka

Wtrysk tworzyw sztucznych jest zaawansowanym procesem produkcyjnym, który wymaga precyzji, wiedzy technicznej i odpowiedniego sprzętu. Planujesz się nim zająć? Zapoznaj się z zaawansowanymi aspektami procesu wtrysku! W "Poradniku przetwórcy tworzyw" omówimy kluczowe kroki i wyzwania, które możesz spotkać. W materiale znajdziesz nie tylko teoretyczną wiedzę, ale przede wszystkim praktyczne podpowiedzi od naszego eksperta.

WYBÓR MASZINY WTRYSKOWEJ

Wybór odpowiedniej maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych jest kluczowym aspektem w procesie wtrysku. Przed podjęciem decyzji, dokładnie przemyśl swoje wymagania produkcyjne, plany rozwoju oraz budżet. Skonsultuj się z ekspertami branżowymi, aby wybrać wtryskarkę, która najlepiej spełni twoje potrzeby i pozwoli na osiągnięcie najwyższej jakości wyrobów przy optymalnym zużyciu zasobów. Decyzja ta będzie miała wpływ na efektywność, jakość, pojemność produkcyjną oraz koszty produkcji elementów z tworzyw sztucznych metodą wtrysku. Przed podjęciem decyzji, warto rozważyć kilka kluczowych elementów.

- **Siła zamykania, siła zwarcia.** Siła zamykania maszyny wtryskowej określa maksymalny nacisk, jaki jest w stanie wywrzeć na formę podczas procesu wtrysku tworzywa. Wybór odpowiedniej siły zamykania jest zależny od wielkości i kształtu formy oraz od planowanego materiału i wyrobów. Zbyt niska siła zamykania może prowadzić do wtrąceń powietrza, deformacji wyrobów, a także skrócenia żywotności formy. Natomiast zbyt wysoka siła zamykania może prowadzić do zbyt dużego obciążenia formy i maszyny, co wpływa na koszty eksploatacji.

- **Pojemność wtrysku.** Pojemność wtrysku określa maksymalną ilość tworzywa, jaką maszyna jest w stanie wstrzyknąć do formy. Warto wybrać maszynę z odpowiednią pojemnością, aby zaspokoić planowaną produkcję bez konieczności częstego uzupełniania tworzywa. Należy również zwrócić uwagę na zdolność do zmiany materiałów i kolorów, jeśli planujesz produkcję różnorodnych wyrobów.

- **Rodzaj napędu.** Maszyny wtryskowe są dostępne z różnymi rodzajami napędu, takimi jak hydrauliczne, elektryczne i hybrydowe. Każdy rodzaj ma swoje zalety i wady. Maszyny hydrauliczne są ekonomiczne i stosunkowo tańsze w zakupie, ale charakteryzują się większym zużyciem energii. Natomiast maszyny elektryczne są bardziej energooszczędne, szybsze i cichsze w działaniu, ale mogą być droższe. Wybór rodzaju napędu zależy od indywidualnych preferencji i wymagań produkcyjnych.



- **Funkcje i kontrolery.** Zaawansowane maszyny wtryskowe oferują różnorodne funkcje i zaawansowane kontrolery, które pozwalają na lepszą optymalizację procesu wtrysku. Systemy kontroli i monitoringu parametrów procesu w czasie rzeczywistym pozwalają na identyfikację potencjalnych problemów i szybką reakcję na odstępstwa. Wybór maszyny z odpowiednimi funkcjami może znacznie zwiększyć wydajność produkcji i jakość wyrobów.

- **Możliwość modyfikacji.** Przy planowaniu długoterminowej produkcji warto rozważyć maszynę, która umożliwia łatwe modyfikacje i dostosowanie do ewentualnych zmian w produkcji. Dostępność części do wtryskarek oraz możliwość rozbudowy i modernizacji pozwolą na utrzymanie konkurencyjności i elastyczność w działaniu.

DOBÓR FORMY WTRYSKOWEJ

Dobór odpowiedniej formy wtryskowej jest kluczowy dla osiągnięcia powtarzalności, jakości wyrobów oraz wydajności w zakresie przetwórstwa tworzyw sztucznych metodą wtrysku. Forma wtryskowa to narzędzie, które daje ostateczny kształt i wymiary wyrobu poprzez wstrzyknięcie surowca pod odpowiednim ciśnieniem. Projektowanie formy, wybór odpowiedniego materiału, liczba gniazd, technologia wtrysku tworzyw sztucznych, chłodzenie i aspekty ekonomiczne to kluczowe czynniki, które należy wziąć pod uwagę podczas doboru formy. Poprawnie zaprojektowana i wykonana forma wtryskowa pozwala na uzyskanie wyrobów o najwyższej jakości, powtarzalności i efektywności produkcji.

- **Projektowanie formy.** Pierwszym krokiem w doborze formy jest odpowiednie zaprojektowanie jej konstrukcji. Projekt for-



my powinien uwzględniać wymagania dotyczące ostatecznych wyrobów, takie jak kształt, wymiary, tolerancje czy detale geometryczne. Forma wtryskowa powinna być odpowiednio dopasowana do geometrii wyrobu, aby umożliwić płynny i precyzyjny proces wtrysku. Dobrze zaprojektowana forma pozwala na minimalizację strat materiałowych oraz uniknięcie wad w produkowanym wyrobie.

- **Materiał formy.** Wybór odpowiedniego materiału formy ma kluczowe znaczenie dla wytrzymałości, trwałości i stabilności całego narzędzia. Formy wtryskowe są zazwyczaj wykonane ze stali narzędziowej lub stopów metali, które charakteryzują się wysoką twardością, odpornością na zużycie i odkształcenia. Wybór odpowiedniego materiału formy zależy od wielu czynników, takich jak rodzaj i ilość produkcji, rodzaj surowca, wymagania dotyczące tolerancji czy temperatury procesu wtrysku.

- **Liczba gniazd formy.** Kolejnym aspektem doboru formy jest określenie liczby gniazd, czyli ilości kształtek wytwarzanych w jednym cyklu produkcji. Formy mogą mieć pojedyncze gniazdo, co oznacza, że w każdym cyklu produkcji powstaje jeden wyrób, lub mogą mieć wielogniazdowy układ, pozwalający na wytwarzanie kilku wyrobów jednocześnie. Wybór odpowiedniej liczby gniazd formy zależy od wymagań produkcji oraz ilości wyrobów, jakie mają być produkowane w jednym cyklu.

- **System wtrysku.** Dobór odpowiedniego systemu wtrysku jest związany z ilością gniazd formy oraz rodzajem surowca. System wtrysku może być jednogniazdowy, dwugniazdowy lub wielogniazdowy, a także może różnić się rodzajem i umiejscowieniem punktów wtrysku. W zależności od konkretnego projektu wyrobu, konieczne może być zastosowanie różnych układów wtrysku, aby zapewnić równomierne i stabilne wypełnienie formy.

- **Chłodzenie formy.** System chłodzenia formy jest kluczowym elementem dla utrzymania stabilności temperatury podczas procesu wtrysku. Odpowiednio zaprojektowany system chłodzenia, składający się z kanałów chłodzących, pozwala na skuteczne schładzanie formy po wtrysku surowca. Poprawne chłodzenie formy jest kluczowe dla uniknięcia deformacji wyrobów, minimalizacji czasu cyklu produkcji oraz zwiększenia wydajności produkcji.

- **Koszty formy.** Dobór formy wtryskowej musi również uwzględniać aspekty ekonomiczne, związane z kosztami projektowania, wykonania i utrzymania narzędzia. Formy wtryskowe są inwestycją, której koszty mogą być znaczne. Warto dokładnie przeanalizować projekt, aby zoptymalizować koszty produkcji, a jednocześnie uzyskać narzędzie o najwyższej jakości i trwałości.

DOBÓR SUROWCA DO PROCESU WTRYSKU

Dobór odpowiedniego surowca do procesu wtrysku jest kluczowym czynnikiem wpływającym na jakość, trwałość i wydajność produkcji. Wybór surowca jest procesem skomplikowanym, który wymaga uwzględnienia wielu czynników i analizy różnych parametrów. Wybór surowca powinien być oparty na dokładnej analizie wymagań technicznych, właściwościach tworzywa, aspektach ekonomicznych oraz ekologicznych. Pamiętaj, że właściwie dobrany surowiec pozwoli na uzyskanie wyrobów o najwyższej jakości, zgodnych z wymaganiami technicznymi i spełniających oczekiwania klientów.

- **Właściwości surowca.** Każdy surowiec ma swoje unikalne właściwości chemiczne, fizyczne i mechaniczne. Właściwości te decydują o odporności na ścieranie, elastyczności, sztywności, wytrzymałości na rozciąganie, temperatury topnienia, odporności na działanie substancji chemicznych i wiele innych cech. Dobór odpowiedniego surowca powinien uwzględniać wymagane parametry ostatecznego wyrobu, które mają zastosowanie w konkretnym przypadku.

- **Temperatura topnienia.** Temperatura topnienia surowca jest kluczowym parametrem, który wpływa na cały proces wtrysku tworzyw sztucznych. Właściwa temperatura topnienia pozwala na płynny przepływ tworzywa przez układ wtryskowy, a także na skuteczne wypełnienie formy. Niska temperatura topnienia może prowadzić do problemów związanych z wypływaniem tworzywa z formy, podczas gdy wysoka temperatura może wpływać na jakość wyrobu i trwałość formy.

- **Wymagania techniczne wyrobu.** Wybór surowca powinien być dostosowany do wymagań technicznych ostatecznego wyrobu. W zależności od zastosowania wyroby mogą być narażone na różne obciążenia mechaniczne, temperatury, wilgotność czy działanie czynników chemicznych. Na przykład, w produkcji elementów samochodowych, wymagany jest surowiec o wysokiej wytrzymałości i odporności na korozję, podczas gdy w produkcji opakowań spożywczych konieczne jest zastosowanie surowca zgodnego z normami bezpieczeństwa żywności.

- **Właściwości reologiczne.** Właściwości reologiczne surowca, takie jak lepkość, plastyczność czy zdolność do płynięcia, mają wpływ na jakość wtrysku i wypełnianie formy. Surowce o różnych właściwościach reologicznych wymagają różnych parametrów procesu wtrysku. Zbyt wysoka lepkość może prowadzić do trudności w wypełnianiu formy, podczas gdy zbyt niska lepkość może prowadzić do defektów i deformacji wyrobu.

- **Procesy dodatkowe.** Niektóre surowce mogą wymagać specjalnych procesów dodatkowych, takich jak suszenie, utwardzanie UV czy obróbka powierzchniowa. Procesy te mogą wpłynąć na jakość i wydajność produkcji, dlatego ważne jest, aby dostosować surowiec do ewentualnych procesów dodatkowych.



- **Ekologiczne aspekty.** W dzisiejszych czasach coraz większą uwagę przykłada się do ekologicznych aspektów produkcji. Wybór surowca może być dokonywany także z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju i minimalizacji wpływu na środowisko. Coraz więcej producentów stosuje surowce biodegradowalne, pochodzące z recyklingu lub o niskim zużyciu energii podczas produkcji.

- **Badania i testy.** Przed podjęciem decyzji o wyborze surowca, warto przeprowadzić badania laboratoryjne i testy wstępne. Badania pozwalają na ocenę właściwości surowca, takich jak wytrzymałość, sztywność, odporność na zmienne warunki środowiskowe itp. Testy mogą być również wykorzystane do sprawdzenia, jak surowiec zachowuje się w procesie wtrysku tworzywa i jakie wyniki uzyskuje się w produkcji.

MONTAŻ I WIESZANIE FORMY

Montaż i wieszanie formy wtryskowej to złożony proces, który wymaga zaawansowanej wiedzy technicznej, precyzji oraz dbałości o szczegóły. Należy wykonać te zadania z najwyższą starannością, aby uniknąć potencjalnych problemów w czasie produkcji i zapewnić optymalne warunki pracy maszyny wtryskowej oraz formy. Stabilny proces wtrysku, eliminacja potencjalnych problemów, regularna konserwacja formy oraz optymalizacja czasu cyklu są kluczowe dla osiągnięcia doskonałej jakości wyrobów i zwiększenia wydajności produkcji. Poprawne wykonanie tego etapu jest kluczowe dla osiągnięcia stabilności i powtarzalności procesu wtrysku, minimalizacji ryzyka uszkodzenia formy i maszyny oraz uzyskania wysokiej jakości wyrobów.

- **Przygotowanie formy.** Przed rozpoczęciem montażu formy, konieczne jest jej dokładne przygotowanie. W pierwszej kolejności formę należy dokładnie oczyścić, aby usunąć wszelkie zanieczyszczenia, pozostałości po poprzednich produkcjach oraz inne zabrudzenia. Następnie warto przeprowadzić wnikliwą inspekcję, w której należy dokładnie sprawdzić stan techniczny wszystkich elementów formy. Szczególną uwagę należy zwrócić na wytarte, uszkodzone lub wykrzywione części, które mogą wpływać na jakość wtrysku.

- **Wieszanie formy.** Poprawne wieszanie formy na maszynie jest kluczowe dla utrzymania stabilności i precyzji w czasie wtrysku. Formę należy zawiesić w odpowiedniej pozycji, aby uniknąć naprężeń i deformacji podczas pracy maszyny. Również systemy docisku i otwierania formy powinny być skonfigurowane tak, aby nie wpływać negatywnie na jej geometrię. Pamiętaj, że niewłaściwie wieszana forma może prowadzić do uszkodzenia maszyny, wyrobów niespełniających wymagań jakościowych lub uszkodzenia samej formy.

- **Montaż formy wtryskowej na maszynie.** Montaż formy na maszynie wtryskowej wymaga precyzji i doświadczenia. Każdy element formy musi zostać odpowiednio dopasowany do odpowiedniego urządzenia mocującego na maszynie. Przed dokręceniem śrub, warto użyć miarki lub innego narzędzia pomiarowego, aby upewnić się, że formę wieszasz równo i prosto. Nieprawidłowy montaż formy może prowadzić do jej przesunięcia podczas procesu wtrysku, co może doprowadzić do błędów wymiarowych wyrobów lub uszkodzenia formy.

- **Sprawdzenie formy.** Po zamontowaniu formy na maszynie, niezbędne jest dokładne sprawdzenie jej działania. Wykonaj kilka próbnych wtrysków, aby sprawdzić, czy formowanie odbywa się prawidłowo, czy formę można swobodnie zamykać i otwierać, a także czy nie występują żadne zakleszczenia. Wykorzystaj zaawansowane metody pomiarowe, takie jak laserowe skanery czy kamery wizyjne, aby zweryfikować poprawność wymiarów



i tolerancji wyrobów. Pamiętaj, że tylko poprawnie działająca i dokładna forma pozwoli na uzyskanie wyrobów o najwyższej jakości i spełniających wymagania klientów.

- **Eliminacja potencjalnych problemów.** Podczas montażu i wieszania formy, należy skupić się na eliminacji potencjalnych problemów, które mogą wpłynąć na jakość wtrysku. Szczególną uwagę warto zwrócić na dokładne wyrównanie formy, aby uniknąć nierównomiernego zużycia elementów oraz minimalizować ryzyko wtrąceń powietrza czy uszkodzeń wyrobów. Zapewnienie odpowiedniej szczelności między elementami formy jest niezwykle istotne, aby uniknąć wycieków tworzywa i zabezpieczyć maszynę przed uszkodzeniami.

- **Zapewnienie stabilnego procesu wtrysku.** Montaż i wieszanie formy mają również wpływ na stabilność całego procesu wtrysku. Jeśli forma nie jest odpowiednio wieszana, może dojść do wibracji, które wpłyną na jakość wtrysku i mogą prowadzić do odrzutu wyrobów.

- **Monitorowanie i konserwacja formy.** Po zamontowaniu formy na maszynie, niezbędne jest monitorowanie jej stanu i regularna konserwacja. Formę należy regularnie sprawdzać pod kątem zużycia i uszkodzeń, aby wcześniej wykrywać potencjalne problemy i podejmować odpowiednie działania naprawcze. Konserwacja formy, w tym czyszczenie, smarowanie i wymiana zużytych elementów, jest kluczowa dla utrzymania formy w optymalnym stanie technicznym i przedłużenia jej żywotności.

- **Optymalizacja czasu przebrojenia.** Montaż formy i wieszanie jej na maszynie powinno być wykonane w sposób zoptymalizowany pod kątem czasu przebrojenia. Skrócenie operacji jest istotne dla zwiększenia wydajności produkcji, co przekłada się na niższe koszty produkcji i większą konkurencyjność. Dobrze zaprojektowany system chłodzenia, stosowanie szybkozłączek, właściwy wybór łąp i śrub montażowych, wstępne wygrzewanie formy, łatwość dostępu do maszyny oraz posiadanie wszystkich wymaganych narzędzi pod ręką pozwalają na skrócenie czasu przebrojenia i zwiększenie ilości produkowanych wyrobów w jednostce czasu.

Fotografie: Dopak.

Część druga artykułu ukaże się w następnym numerze czasopisma "Tworzywa Sztuczne w Przemysle" nr 1/2024.

mgr inż. Patryk Gratka
inżynier R&D w Dopak

Podsumowanie 12. Międzynarodowych Targów Materiałów, Technologii i Wyrobów Kompozytowych KOMPOZYT-EXPO®

Targi to okazja, żeby rzeczywiście poznać człowieka, który stoi za produktem. Za nami unikalne w skali Europy Środkowo-Wschodniej Międzynarodowe Targi Materiałów, Technologii i Wyrobów Kompozytowych KOMPOZYT-EXPO®. 12. edycja wydarzenia, która odbyła się 4-5 października 2023 w EXPO Kraków, zgromadziła 110 wystawców i 1815 zwiedzających. Targi odwiedzili najważniejsi przedstawiciele firm, uczelni, instytucji i klastrów, zwiedzający wysłuchali ponad 30 wystąpień eksperckich, po raz pierwszy pojawił się pawilon firm z Korei Południowej oraz Iranu.

Targi KOMPOZYT-EXPO® są jedynym spotkaniem w Polsce poświęconym wyłącznie branży materiałów i technologii kompozytowych. Skupienie wydarzenia na jednym obszarze jest szczególnie cenne dla wystawców, którzy przyjeżdżają na targi z konkretnymi celami i ofertą. Charakter targów umożliwia im dotarcie do bardzo sprecyzowanej grupy odbiorców. Jak powiedział Łukasz Kordon z firmy Evonik: – Widzę, że targi są typowo branżowe. Są tu osoby, które są zainteresowane danymi tematami i zadają bardzo konkretne pytania. Rzeczywiście są to ciekawe spotkania, które - mam nadzieję - otworzą nam drogę do współpracy z nowymi klientami.

Andrzej Parchyta, przedstawiciel ebalta Polska stwierdził: – Przysiadają ludzie z konkretnymi pytaniami. Siadamy przy stole, rozmawiamy. Nawet przed chwilą, na miejscu przygotowałem klientowi ofertę na materiały, które zresztą prezentujemy na stoisku.

INSPIRACJE I INNOWACJE

Strzałem w dziesiątkę okazała się strefa pokazów. Dużą uwagę przyciągnęły pokazy przeprowadzone przez studentki z koła naukowego "PRzeTwórcy" Politechniki Rzeszowskiej, które we współpracy z firmą Rymatex pokazały wykorzystanie włókien biodegradowalnych w procesie infuzji. Łukasz Kordon z firmy Evonik opowiedział o dodatkach i materiałach bazowych do produkcji kompozytów, a Jarosław Knapik z EC Test Systems umożliwił publiczności zobaczenie na żywo inspekcji obiektów wykonanych z kompozytów węglowych oraz szklanych za pomocą mobilnego systemu do aktywnej termografii C-CheckIR.

Targi KOMPOZYT-EXPO® jak zwykle okazały się świetnym miejscem na premiery nowych produktów oraz stworzyły szansę na konfrontację nowych pomysłów z oczekiwaniami klientów.

Michał Sobolewski, CEO FIBRATECH Sp. z o.o. podkreślił, że cele targów to nie tylko spotkania i nawiązywanie kontaktów, ale także prezentacja unikalnych rozwiązań: – KOMPOZYT-EXPO® to zdecydowanie dobre miejsce, żeby porozmawiać z osobami i podmiotami, szczególnie z zagranicy. Celujemy w rynek, który nazywany jest rynkiem niszowym. Dla nas bycie tutaj jest szansą na szybszy i szerszy rozwój. Naszym celem było zaprezentowanie technologii zupełnie nowej, czegoś, co jest unikalne w skali na pewno kraju, ale i Europy.

Jan Podgórski z firmy Shim-Pol także zwrócił uwagę na to, iż targi umożliwiają dotarcie z wyjątkowymi produktami do osób,



które dzięki nim mogą rozwijać swój biznes. – Widoczność jest dla nas bardzo ważna, bo wiele osób może dowiedzieć się, jakie mamy unikalne rozwiązania. Tego typu targi to jest bardzo dobre forum, żeby się zaprezentować. Z KOMPOZYT-EXPO® zapamiętam właśnie osoby, które interesują się naszymi produktami, pozwalającymi rozwijać ich badania.

Podczas warsztatów eksperci i przedstawiciele branży dzielili się swoją wiedzą, podkreślając znaczenie kompozytów m.in. w odbudowie Ukrainy i zrównoważonej gospodarce obiegu zamkniętego. Ogromne zainteresowanie wzbudził panel dyskusyjny na temat wodoru jako paliwa przyszłości w erze przemian energetycznych. Panel prowadziła Katarzyna Stec (Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych), a uczestnikami debaty byli przedstawiciele firm, instytucji, uczelni i klastrów: Mirosław Skibski (Agencja Rozwoju Przemysłu), dr hab. inż. Wojciech Błazejewski (Politechnika Wrocławska), dr inż. Andrzej Czula (PKTK), Jerzy Kopeć (Innowacyjna Małopolska), Krzysztof Gogola (Protium), dr hab. inż. Paweł Pichniarczyk (Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych), dr hab. inż. Magdalena Dudek (AGH), Wojciech Mucha (wodorowe.info) i Szczerpan Gorbacz (Amargo).

Po raz pierwszy na KOMPOZYT-EXPO® zaprezentowali się przedstawiciele firm z Korei Południowej wraz z Korea Carbon Industry Promotion Agency (KCARBON). Henry Shin, dyrektor generalny KCARBON, przedstawił uczestnikom przemysł kompozytów węglowych i najnowsze trendy technologiczne zbiorników wodorowych w Korei oraz oficjalnie podpisał umowę o współpracy z Polskim Klastrem Technologii Kompozytowych.

KTO KREUJE PRZYSZŁOŚĆ BRANŻY?

Ważną częścią targów jest możliwość transferu technologii pomiędzy jednostkami naukowymi a firmami produkcyjnymi. W strefie Nauka dla Przemysłu uczelnie z polski i zagranicy miały okazję zaprezentować ofertę B&R, która wzbudziła ogromne zainteresowanie. Kolejnym przykładem świetnej współpracy była wspólna przestrzeń Polskiego Klastra Technologii Kompozytowych oraz Innowacyjnej Małopolski.



– Wystawiamy się na KOMPOZYT-EXPO® bodajże szósty albo siódmy raz, z czego zawsze jesteśmy bardzo zadowoleni - zarówno z liczby odwiedzających, jak i z obsługi ze strony targów, która jest bardzo pomocna. Co sprawia, że wracamy? Atmosfera i to, że nasi klienci są tutaj, więc mamy z kim porozmawiać. Zdarza się, że pozyskujemy tutaj nowe kontakty. Rozszerzamy działalność o nowe branże – powiedziała Magda Przydział z Krahn Chemie.

Targi KOMPOZYT-EXPO® stały się wydarzeniem obowiązkowym w kalendarzu branżowym. To nie tylko miejsce do wymiany wizytówek, ale przede wszystkim źródło inspiracji i możliwość poznania ludzi, którzy kreują przyszłość innowacyjnych materiałów i technologii kompozytowych.

Dostrzega to Ji-Young HWANG z Korea Carbon Industry Promotion Agency: – To bardzo ważne, aby być tutaj, spotkać się z polskimi firmami i instytucjami. My, Korea Carbon Industry Promotion Agency, chcemy być pomostem między technologią a przemysłem.

Trafnie podsumowuje istotę targów przedstawicielka Krahn Chemie: – Nawet w przyszłości, za 10 lat, kiedy e-commerce się upowszechni, to nadal według mnie targi będą potrzebne. To będzie okazja, żeby rzeczywiście poznać prawdziwego człowieka, zobaczyć, kto stoi za produktem, kto stoi za tą technologią.

Organizatorzy już teraz zapraszają na kolejną edycję, która zaplanowana jest na 16 i 17 października 2024!

Targi w Krakowie Sp. z o.o.

Liderzy przemysłu i innowacje branży tworzyw sztucznych. Odwiedź Warsaw Plast Expo

Warsaw Plast Expo to cieszące się renomą i międzynarodowym zaufaniem branżowe targi przemysłu tworzyw sztucznych, które odbywają się w Ptak Warsaw Expo. Po sukcesie drugiej edycji zaplanowano kolejną. Odbędzie się ona w dniach 6-8 lutego 2024 roku.

Sektor tworzyw sztucznych w ostatnich miesiącach napotyka na wyzwania i to nie tylko w ujęciu krajowym, ale również europejskim. Branża ta jest jedną z najbardziej dotkniętych kryzysem energetycznym i jednocześnie stara się sprostać regulacjom klimatycznym. Według analiz produkcja polimerów odczuła kryzys w drugiej połowie ubiegłego roku i do tego momentu sektor mierzy się ze spadkami produkcji.

Co zrobić, by odwrócić ten trend? Na co postawić, by zwiększyć konkurencyjność na europejskim i światowym rynku? Jak wdrażać innowacje i optymalizować stosowane rozwiązania, by były jeszcze bardziej efektywne? O tym porozmawiają eksperci podczas trzeciej edycji Warsaw Plast Expo, która odbędzie się w Ptak Warsaw Expo w dniach 6-8 lutego 2024 roku.

LIDERZY PRZEMYSŁU I INNOWACJE BRANŻY TWORZYW SZTUCZNYCH PODCZAS WARSZAW PLAST EXPO

Warsaw Plast Expo to wydarzenie cieszące się renomą i corocznym wzrostem liczby uczestników. Jego poprzednią edycję odwiedziło 4266 osób z dziewięciu krajów - między innymi Polski, Włoch, Niemiec, Czech czy Słowacji. Międzynarodowy charakter eventu otworzył wystawców i gości na nowe możliwości biznesu, umożliwił nawiązanie relacji i wejście na rynki, które wcześniej nie były dostępne.

Również w nadchodzącej edycji kontraktacje odbywać się będą pomiędzy kluczowymi przedstawicielami branży. Właściciele firm przetwórczych tworzyw sztucznych oraz kadra zarzą-



dająca firm produkcyjnych różnych sektorów (między innymi działających na rzecz sektora motoryzacyjnego, IT, przetwórstwa spożywczego, branży budowlanej czy elektrotechnicznej) poznają oferty cechujących się wysoką jakością usług producentów i dystrybutorów między innymi wtryskarek, wytłaczarek i innych maszyn do przetwórstwa tworzyw, granulatów, surowców i środków pomocniczych dla przetwórstwa tworzyw czy też dostawców systemów automatyzacji i producenci robotów przemysłowych.

W zakresie branżowym wydarzenia znajdują się maszyny, narzędzia i urządzenia do przetwórstwa tworzyw sztucznych, surowce i substancje pomocnicze, automatyzacja i robotyzacja w przetwórstwie tworzyw sztucznych, recykling tworzyw sztucznych, materiały eksploatacyjne, design, innowacje, finansowanie oraz szkolenia i nauka. To w połączeniu z Kongresem Przemysłu Tworzyw Sztucznych, który również odbędzie się podczas wydarzenia, sprawia, że Warsaw Plast Expo to najbardziej merytoryczny i bogaty w zakresie ofert event w Polsce w tym sektorze.

Zarejestruj się: <https://warsawplastexpo.com/rejestracja/>

Zostań wystawcą: <https://warsawplastexpo.com/zostan-wystawca/>

Ptak Warsaw Expo



tworzywa.pl



RAZEM
TWORZYMYSY
TEN **ŚWIAT**

BĄDŹMY

ambasadorami
tworzyw sztucznych
w codziennym życiu

Wesołych Świąt!

*Dziękując Państwu serdecznie
za wybór naszego czasopisma,
pragniemy złożyć życzenia:
ciepłych i rodzinnych
Świąt Bożego Narodzenia.
Kolejny zaś Nowy Rok 2024
niech będzie czasem pokoju
oraz realizacji osobistych
i zawodowych zamierzeń.*

Tworzywa Sztuczne
Przemysle



WADIM_{PLAST}



kształtujemy
postęp

Dysze centralne
Systemy standardowe
i specjalne
Gorące połówki

gk@wadim.com.pl