

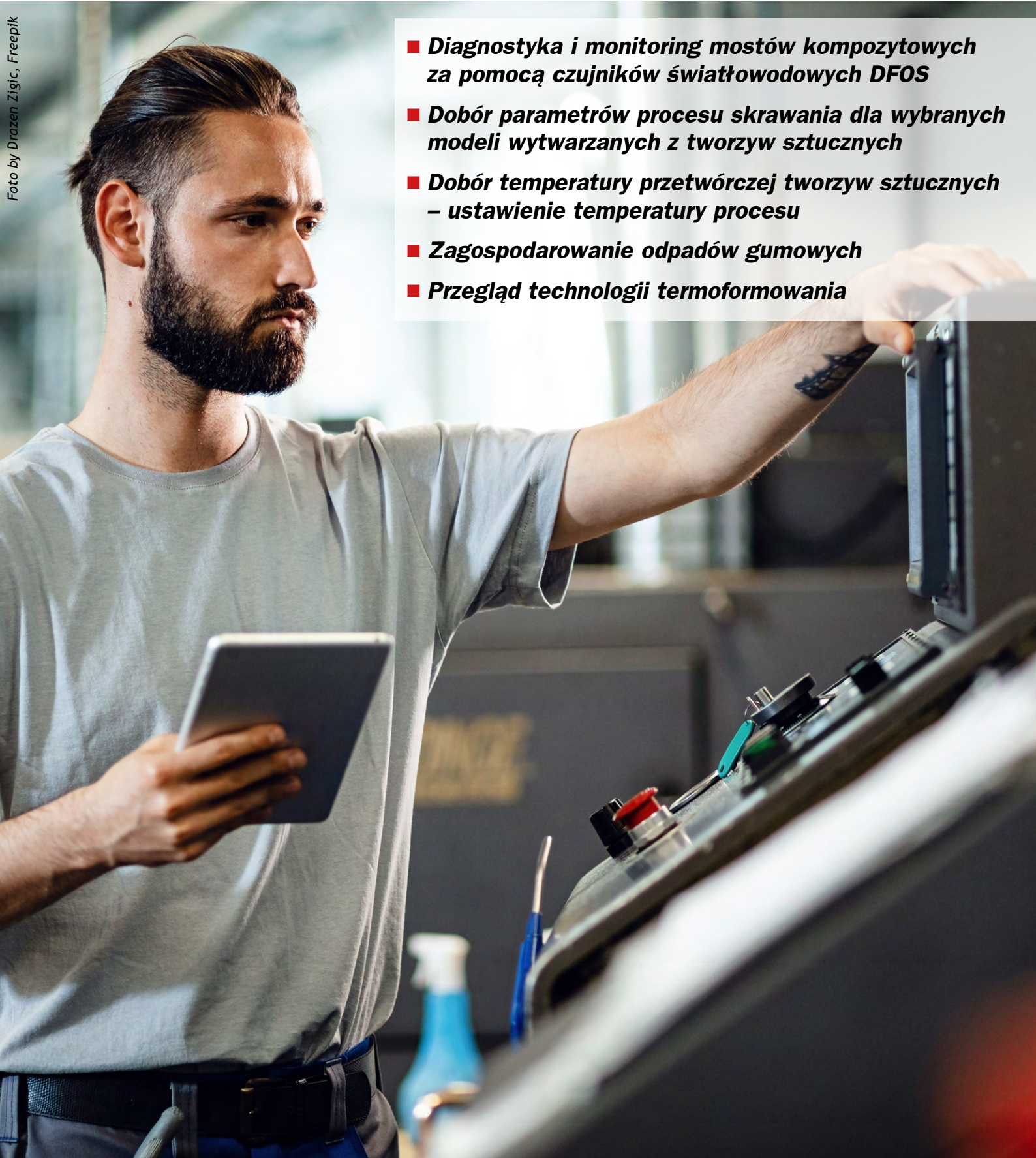
Tworzywa Sztuczne Przemysle

ISSN 2082-6877

DWUMIESIĘCZNIK

Foto by Drazen Zigic, Freepik

- *Diagnostyka i monitoring mostów kompozytowych za pomocą czujników światłowodowych DFOS*
- *Dobór parametrów procesu skrawania dla wybranych modeli wytwarzanych z tworzyw sztucznych*
- *Dobór temperatury przetwórczej tworzyw sztucznych – ustawienie temperatury procesu*
- *Zagospodarowanie odpadów gumowych*
- *Przegląd technologii termoformowania*





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
zrotnym 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

SPIS TREŚCI

KOMPOZYTY

- N 4** Powierzchnia filtracyjna kompozytów włókninowych
- N 12** Diagnostyka i monitoring mostów kompozytowych za pomocą czujników światłowodowych DFOS
- F 16** Uniepalnione systemy kompozytowe i powłoki malarskie o wysokiej wydajności
- N 18** Właściwości palne i odporność na akty wandalizmu kompozytów hybrydowych zbrojonych tkaninami i napełniaczami proszkowymi
- 24** Branżowe trendy w branży narzędziowej – Targi INNOFORM® w Bydgoszczy
- F 26** Żelkoty o niskiej zawartości styrenu Euomere
- F 28** Autoklaw dla Ciebie!!!
- 29** Konferencja PLASTINVENT'2024

OBRÓBKA MATERIAŁÓW

- F 30** Game changer w obróbce tworzyw sztucznych
- N 32** Dobór parametrów procesu skrawania dla wybranych modeli wytwarzanych z tworzyw sztucznych

CHŁODZENIE PROCESÓW PRZEMYSŁOWYCH

- 36** Temperatura formy wtryskowej w procesie wtrysku
- 38** Dobór temperatury przetwórczej tworzyw sztucznych – ustawienie temperatury procesu
- F 42** Parownik Coaxial – opatentowany produkt marki Hitema
- F 44** Oszczędności w przemysłowych procesach technologicznych

TWORZYWA I GUMA

- N 46** Folia z poli(alkoholu winylowego) jako alternatywa tworzyw sztucznych wykonanych z PET i HDPE
- F 50** Puszka PET innowacyjnym rozwiązaniem dla branży napojowej
- N 52** Korozja: przyczyny, skutki, metody zapobiegania i badania – artykuł przeglądowy – cz. II
- N 56** Zagospodarowanie odpadów gumowych

TERMOFORMOWANIE

- 61** Przegląd technologii termoformowania
- F 64** Tajniki termoformowania
- F 66** Produkcja kubków na porcje i pokrywek z włókna naturalnego

FAKUMA 2024

- F 68** WITTMANN z energooszczędnymi i wydajnymi technologiami wtrysku na targach Fakuma 2024

MASZYNY I URZĄDZENIA

- F 72** Nowoczesne metody pomiaru tworzyw sztucznych
- N 74** Kontrola jakości opakowań za pomocą systemów wizyjnych

Z KRAJU I ZE ŚWIATA

- 79** Plastpol. Łączy międzynarodową branżę przetwórstwa tworzyw sztucznych, kształtuje przyszłość!
- 80** Laabs Art Gallery na Targach Plastpol: wyjątkowa prezentacja sztuki i technologii

Redaktor naczelna

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

Dyrektor marketingu i reklamy

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

Dział prenumeraty

prenumerata@tworzywasztuczne.biz

Wydawca

Media Tech s.c.
mediatech@tworzywasztuczne.biz

Adres redakcji

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

www.tworzywasztuczne.biz

Rada Programowa

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

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

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

Badania nad zwiększeniem powierzchni filtracyjnej kompozytów włókninowych o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych i ich łączeniem z różnymi komponentami obudowy

Powierzchnia filtracyjna kompozytów włókninowych

Beata Pąprowicz-Nędza, Ewelina Pąprowicz, Jan Pąprowicz, Dawid Polar, Piotr Wojnar, Michalina Falkiewicz-Dulik

Filtry plisowane często stosowane są do odpylania gazów ze względu na większą powierzchnię filtracyjną w stosunku do filtrów workowych. W wielu przypadkach z uwagi na brak miejsca budowane są małogabarytowe filtry. Najbardziej popularne materiały filtracyjne wykorzystywane przy produkcji filtrów plisowanych to polipropylen, poliester, papier impregnowany, często poddawane obróbce specjalistycznej zapewniającej odpowiednie własności, tj. absorpcyjność, wodoodporność oraz antyelektrostatyczność. Jako pierwszy stopień filtracji głównie w budynkach użyteczności publicznej (hotelach, bankach, urzędach), zakładach produkcyjnych, szpitalach itp. znajdują zastosowanie filtry kieszeniowe w ramie z tworzywa sztucznego. Medium filtra produkowane jest z materiałów filtracyjnych o progresywnie zbudowanej strukturze, także plisowane dla zwiększenia powierzchni filtracyjnej. Do kompletnego montażu filtrów kieszeniowych, filtrów kasetowych, filtrów cylindrycznych stosuje się profile i ramki z tworzywa sztucznego [1]. Poszukując polimerów na obudowy do nowo opracowywanych filtrów, wzięto pod uwagę właściwości fizykomechaniczne, tj.: twardość, udurowienie, odporność na działanie promieniowania UV, odporność na działanie czynników chemicznych (kwasów, zasad, ługów, tłuszczów i soli oraz rozpuszczalników organicznych), właściwości termoizolacyjne, odporność cieplną w zakresie temperatur użytkowania filtrów, aby tworzywa same nie odkształcały się przy zmianie temperatur. Przede wszystkim ważnym czynnikiem brany pod uwagę było bezpieczeństwo dla człowieka (brak toksyczności). Ze względu na swoje właściwości w naszych badaniach zostały wykorzystane trzy rodzaje tworzyw mających zastosowanie do wytwarzania obudów sprzętu i urządzeń, produkcji rur i pojemników do agresywnych chemikaliów. Są to: ABS – terpolimer akrylonitryl/butadien/styren, PP – polipropylen, PA – poliamid [2-7].

Przy opracowywaniu filtrów z medium filtropochłaniającym zastosowano nowoczesne technologie montażu filtra z obudową przy użyciu klejów ekologicznych i promieniowania podczerwonego. Zastosowanie w procesie montażu filtrów, nowej generacji klejów ekologicznych wyeliminuje zagrożenia wynikające z bezpośredniego oddziaływania toksycznych substancji na organizm ludzki na stanowisku pracy oraz poprawi parametry wytrzymałościowe spoiny klejowej. W trakcie realizacji prac prowadzone były badania nad zastosowaniem takiej technologii klejenia,

która przyczyni się do ochrony zdrowia pracowników i ochrony środowiska naturalnego człowieka i jednocześnie zapewni odpowiednią wytrzymałość spoiny klejowej. Przewidziano zastosowanie nowych rodzajów klejów termotopliwych. Zaplanowane prace zmierzały do rozwiązania następujących zagadnień: doboru odpowiednich klejów, opracowania sposobu przygotowania materiałów do klejenia, a także metod aplikacji klejów [8-10]. Użycie do łączenia materiałów promienników podczerwieni emitujących promienie krótkofalowe IR-A lub średniofalowe IR-B, będące znakomitym nośnikiem energii cieplnej, umożliwiła dogrzanie materiału i absorpcję ciepła wynikającą z wytrącania pierwotnej energii, dzięki czemu dochodzi do kumulacji ciepła [11, 12].

CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem projektu było opracowanie sposobów zwiększenia powierzchni filtracyjnej kompozytów włókninowych o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych i metod ich łączenia z różnymi komponentami. W niniejszym zadaniu zostały przeprowadzone badania nad:

- opracowaniem projektu układu plis dla włókninowych kompozytów filtropochłaniających (określenie wysokości i szerokości plis, gęstości plis, sposobu łączenia plis),
- uzyskaniem poprawy skuteczności filtracji w odniesieniu do włókninowych kompozytów filtropochłaniających płaskich,
- wyborem optymalnego rozwiązania układu plis w odniesieniu do zróżnicowanych właściwości fizykochemicznych kompozytów włókninowych,
- określeniem parametrów łączenia plis z elementami tworzywowymi obudów filtrów metodą klejenia przy użyciu kleju termotopliwego i metodą podczerwieni z zastosowaniem promienników podczerwieni,
- wyznaczeniem optymalnych parametrów łączenia plis z elementami obudów filtrów wykonanych z różnego rodzaju tworzyw o dużej wytrzymałości mechanicznej i ciśnieniowej,
- wykonanie badań szczelności, wytrzymałości mechanicznej i filtracji dla optymalnych filtrów łączonych metodą podczerwieni.

PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań były włókna poliestrowe (PES) i włókna poliestrowe (PES) filtropochłaniające z węglem aktywnym i glinokrzemianami. Były to:

- A – włóknina poliestrowa (PES) płaska surowa,
- B – włóknina poliestrowa (PES) filtropochłaniająca.

Badania obejmowały także filtry cylindryczne z medium plisowanym, wykonanym z włókninowego kompozytu filtropochłaniającego.

Badania nad opracowaniem projektu układu plis dla włókninowych kompozytów filtropochłaniających - określenie wysokości, szerokości i gęstości oraz sposobu łączenia plis

Zaprojektowane układy plis dla włókninowych kompozytów filtropochłaniających były wykonane na urządzeniu zaopatrzone w system sterowania Siemens S7-1200, posiadającym moc 6,5 kW i zasilanie 400 V AC. Dla włóknin filtropochłaniających przeznaczonych na filtry cylindryczne wykonano plisy o wymiarach: wysokość plisy 20 mm, szerokość plisy 108 mm. Zaplanowane układy plis dla filtrów cylindrycznych pozwoliły uzyskać znaczne zwiększenie powierzchni filtracyjnej kompozytów włókninowych. Uzyskano trzy typy filtrów cylindrycznych z medium plisowanym z włókniny filtropochłaniającej, tj.:

- rozmiar filtra "50" – posiadający 50 plis na obwodzie filtra cylindrycznego zwiększył swoją powierzchnię filtracyjną do 0,216 m²,
- rozmiar filtra "100" – posiadający 100 plis na obwodzie filtra cylindrycznego zwiększył swoją powierzchnię filtracyjną do 0,432 m²,
- rozmiar filtra "150" – posiadający 150 plis na obwodzie filtra cylindrycznego zwiększył swoją powierzchnię filtracyjną do 0,648 m².

Badania parametrów łączenia plis z elementami tworzywowymi obudów filtrów metodą klejenia oraz promiennikami podczerwieni

Badanie łączenia plis z elementami tworzywowymi obudów wykonano dwiema metodami:

- metodą promieniowania podczerwonego,
- metodą klejenia przy użyciu klejów.

Metoda promieniowania podczerwonego

W celu przeprowadzenia prób łączenia medium filtracyjnych w postaci plis wykonanych z włókniny filtropochłaniającej z elementami obudów tworzywowych użyto dwóch promienników elektrycznych podczerwieni:

- **Promiennik A** krótkofalowy (długość fal od 760 do 1400 nm), o mocy 1500 W.

Promiennik podczerwieni produkcji Heraeus, wykonany ze szkła kwarcowego o następujących parametrach technicznych:

- krótkofalowy, dwururkowy,
- ze złotym reflektorem,
- moc 1500 W,
- zasilanie 230 V,
- długość grzejna L_b = 200 mm,
- długość całkowita L_g = 300 mm,
- średnica dwururki a_xb = 23x11 mm,
- długość strefy niegrzanej po stronie przewodów podłączeniowych Lu₁ = 75 mm,
- długość strefy niegrzanej po stronie przeciwnej Lu₂ = 25 mm,
- konstrukcja typu B – połączenie jednostronne i oba kanały całkowicie grzejne w następujący sposób:
- długość przewodów podłączeniowych L_i = 500 mm,
- pozycja pracy spirali grzejnej dozwolona w poziomie.

W próbach łączenia plis z elementami tworzywowymi obudów filtrów użyto promiennika A-krótkofalowego, zamieszczonego na rys. 1.

- **Promiennik B** średniofalowy (długość fali od 1400 do 3000 nm), o mocy 1500W.

Promiennik podczerwieni produkcji Heraeus, wykonany ze szkła kwarcowego o następujących parametrach technicznych:

- średniofalowy, dwururkowy,
- ze złotym reflektorem,
- moc 1500 Wat,
- zasilanie 230 Volt,
- długość grzejna L_b = 300 mm,
- długość całkowita L_g = 400 mm,
- średnica dwururki a_xb = 18x8 mm,
- długość strefy niegrzanej po stronie przewodów podłączeniowych Lu₁ = 50 mm,
- długość strefy niegrzanej po stronie przeciwnej Lu₂ = 50 mm,
- konstrukcja typu B – połączenie jednostronne i oba kanały całkowicie grzejne w następujący sposób:
- długość przewodów podłączeniowych L_i = 500 mm,
- pozycja pracy spirali grzejnej dozwolona w poziomie.

Promiennik B średniofalowy, używany w próbach łączenia materiału filtracyjnego z włókniny filtropochłaniającej, plisowanej do zespolenia z obudowami z różnych tworzyw zamieszczono na rys. 2.



Rys. 2. Promiennik B średniofalowy [13]

W przeprowadzonych próbach na obudowy wykorzystano 3 rodzaje tworzyw:

- poliamid (PA),
- polipropylen (PP),
- poli(akrylonitryl-co-butadien-co-styren) (ABS).

Elementy tworzywowe wykonane zostały w postaci płaskich krążków (denek) o średnicy 100 mm z wyciętym centralnie otworem o średnicy 55 mm. Do powierzchni opisanych krążków łączone były media filtracyjne w postaci plis wykonanych z włókniny PES filtropochłaniającej. Próby wykonano z użyciem włókniny filtropochłaniającej o gramaturze 192,3 g/m², plisowanej, łą-

Rys. 1. Promiennik A krótkofalowy [13]



Tabela 1. Dane techniczne kleju Pattex Hot Sticks (wg karty technicznej producenta)

Skład	Gęstość [g/cm ³]	Czas schnięcia otwartego [s]	Średnica wkładów [mm]	Temperatura pracy [°C]	Odporność termiczna [°C]
klej topliwy na bazie octanu	około 0,98	około 90 (w zależności od temperatury i podłoża)	około 11	około +170-200	max + 600

czoney na obwodzie denka o wymiarze 172,7 [mm], w trzech gęstościach plisowania: 50, 100, 150. Próbkę do zgrzewania podczerwienią umieszczane były w trzech różnych odległościach od źródła promieni podczerwonych, były to odległości: 5,10,15 mm. Niewidzialne promieniowanie podczerwone emitowane było z promiennika na powierzchni sklejanych próbek w zmiennym czasie naświetlania, zmieniającym się co 5 s, począwszy od 5 do 30 s dla każdego z trzech usytuowań próbek badawczych. Stosowana moc promiennika podczerwieni była ustawiana w zależności od gęstości plis:

- włóknina filtropochłaniająca 50 plis na obwodzie denka – moc 2 W,
- włóknina filtropochłaniająca 100 plis na obwodzie denka – moc 4 W,
- włóknina filtropochłaniająca 150 plis na obwodzie denka – moc 6 W.

Metoda klejenia przy użyciu klejów

Równocześnie przeprowadzono próby łączenia medium filtracyjnych w postaci plis, wykonanych z włókniny filtropochłaniającej, z elementami obudów tworzywowych przy użyciu kleju termotopliwego o nazwie Pattex Hot Sticks, produkcji Henkel Polska Sp. z o.o. (tab. 1).

Zastosowany w próbach klej charakteryzuje się bezbarwną i elastyczną spoiną, która łączy powierzchnie w 2 minuty. Został skomponowany do klejenia drewna i materiałów drewnianych, papieru, kartonu, metalu i tworzywa sztucznych np.: ABS, twarde PCW.

Sposób postępowania przy klejeniu

Powierzchnie klejone powinny być czyste, suche, całkowicie wolne od kurzu i wilgoci. Klejone powierzchnie zostały odfuszczone. Dla uzyskania lepszej przyczepności kleju powierzchnie klejone denek zostały zmatowione, mechanicznie moletowane dla uzyskania szorstkiej powierzchni w celu lepszego zespolenia z klejem. Klej był наносzony za pomocą pistoletu Pattex Hot Pistol. Najpierw wprowadzono wkład klejowy do kanału pistoletu, a następnie podłączono pistolet do sieci i nagrzewano przez 8-10 minut. Naciskając delikatnie język spustowy, наносzono klej jednostronnie na sklejaną powierzchnię. Podczas prób łączenia medium filtracyjnych z włókniny filtropochłaniającej w postaci plis, z elementami obudów tworzywowych наносzona była warstwa 3 mm kleju termotopliwego na powierzchnię denek tworzywa PA, PP, ABS. Po rozgrzaniu klej można наносić punktowo lub w formie paska. Części należy natychmiast połączyć i docisnąć krótko, lecz mocno. Po 2 minutach miejsce sklejenia jest twarde i obciążalne. Elementy klejone mogą być rozdzielone po ponownym ogrzaniu. Dla wszystkich wykonanych prób sklejenia filtrów cylindrycznych uzyskano dobre sklejenie.

Wyznaczanie optymalnych parametrów łączenia plis z elementami obudów filtrów wykonanych z różnego rodzaju tworzywa o dużej wytrzymałości mechanicznej i ciśnieniowej

Podczas badań wykonano próby łączenia dla 108 podstawek z medium filtracyjnym w postaci plis, uzyskując 54 próby filtrów cylindrycznych dla jednego rodzaju badanego tworzywa przy użyciu jednego promiennika podczerwieni. Media filtracyjne z włókniny filtropochłaniającej posiadały plisy o szerokości 20 mm i wysokości 110 mm. Były łączone w trzech wersjach gęstości plisowania: 50, 100, 150 plis na obwodzie podstawy. Podstawy w postaci płaskich krążków miały wymiar wzdłuż promienia 22 mm.

Omówienie rezultatów prób łączenia filtrów cylindrycznych Próby łączenia medium filtracyjnego z PA

- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókniny filtropochłaniającej o gęstości plis 50 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PA obserwowano niską skuteczność sklejenia przy mocy 2 W promiennika A (krótkofalowego), niezależnie od czasu nagrzewania promieniami podczerwonymi i odległości źródła podczerwieni.
- Niską skuteczność podgrzewania i sklejenia medium filtracyjnego (z włókniny filtropochłaniającej o gęstości plis 50 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PA obserwowano przy mocy 4 W promiennika A, niezależnie od czasu nagrzewania promieniami podczerwonymi i odległości źródła podczerwieni.
- Natomiast wysoki stopień spalania podczas procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókniny filtropochłaniającej o gęstości plis 50 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PA obserwowano przy mocy 6 W promiennika A, niezależnie od czasu nagrzewania promieniami podczerwonymi i odległości źródła podczerwieni.
- Podczas prób łączenia medium filtracyjnego (z włókniny filtropochłaniającej o gęstości plis 50, 100, 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PA z użyciem promiennika B (średniofalowego) dla wszystkich prób niezależnie od zastosowanych warunków (mocy promiennika, odległości próbki od źródła, czasu nagrzewania) obserwowano niską skuteczność podgrzewania.

Próby łączenia medium filtracyjnego z PP

- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókniny filtropochłaniającej o gęstości plis 50 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PP zauważono, że tworzywo nie podgrzewa się i nie topi się przy mocy 2 W promiennika A (krótkofalowego), niezależnie od czasu nagrzewania promieniami podczerwonymi i odległości źródła podczerwieni. Wynik łączenia uznano za negatywny.
- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókniny filtropochłaniającej o gęstości plis 100 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PP zauważono, że detal nie podgrzewa się i nie topi się przy mocy 4 W promiennika A (krótkofalowego) w czasie 5-20 s nagrzewania promieniami podczerwonymi, niezależnie od odległości źródła podczerwieni. Wynik łączenia uznano za negatywny.

- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 100 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PP zauważono, że tworzywo podgrzewa się, jednak zbyt słabo skleja się przy mocy 4 W promiennika A (krótkofalowego) w czasie 25-30 s nagrzewania promieniami podczerwonymi, a także w przypadku włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 150 na obwodzie cylindrycznego filtra przy mocy 6 W promiennika A (krótkofalowego) w czasie 5 s nagrzewania promieniami podczerwonymi, niezależnie od odległości źródła podczerwieni. W tych przypadkach wynik łączenia uznano za negatywny.
- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PP zauważono, że detal skleja się, lecz połączenie miejscowe nie jest szczelne przy mocy 6 W promiennika A (krótkofalowego) w czasie 10 s nagrzewania promieniami podczerwonymi.
- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PP zauważono, że detal skleja się, lecz denka są zdeformowane przy mocy 6 W promiennika A (krótkofalowego) w czasie 15 s nagrzewania promieniami podczerwonymi.
- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PP zauważono spalanie przy mocy 6 W promiennika A (krótkofalowego) w czasie 20-30 s nagrzewania promieniami podczerwonymi, ze względu na wysoką temperaturę. W tych przypadkach wynik łączenia uznano za negatywny.
- Podczas prób łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 50, 100, 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z PP z użyciem promiennika B (średniofalowego) dla wszystkich prób niezależnie od zastosowanych warunków (mocy promiennika, odległości próbki od źródła, czasu nagrzewania) obserwowano niską skuteczność podgrzewania.

Próby łączenia medium filtracyjnego z ABS

- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z ABS zauważono, że detal nie skleja się - zbyt niska temperatura przy mocy 2 W promiennika A (krótkofalowego), niezależnie od czasu nagrzewania promieniami podczerwonymi i odległości źródła podczerwieni. Wynik łączenia uznano za negatywny.
- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z ABS zauważono, że detal nie skleja się - zbyt niska temperatura przy mocy 4 W promiennika A (krótkofalowego) w czasie 5, 10, 15, 20 i 30 s nagrzewania promieniami podczerwonymi oraz niezależnie od odległości źródła podczerwieni. Wynik łączenia uznano za negatywny z dwoma wyjątkami (korzystne połączenie w czasie 20 i 25 s w odległości 5 mm).
- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z ABS uzyskano dobre połączenie przy mocy 6 W promiennika A (krótkofalowego) w czasie 5, 10, 15, 20 s nagrzewania promieniami podczerwonymi oraz niezależnie od odległości źródła podczerwieni. Wynik uznano za pozytywny.

- W przypadku procesu łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i denek wykonanych z ABS zauważono, że temperatura jest zbyt wysoka przy mocy 6 W promiennika A (krótkofalowego) w czasie 25, 30 s nagrzewania promieniami podczerwonymi, niezależnie od odległości źródła podczerwieni. Wynik łączenia uznano za negatywny.
- Podczas prób łączenia medium filtracyjnego (z włókni-ny filtropochłaniającej o gęstości plis 150 na obwodzie cylindrycznego filtra) i podstawek wykonanych z ABS z użyciem promiennika B (średniofalowego) dla wszystkich prób niezależnie od zastosowanych warunków (mocy promiennika, odległości próbki od źródła, czasu nagrzewania) obserwowano niską skuteczność podgrzewania.

Podsumowując, można wysnuć następujące wnioski z tej części badań:

1) Korzystne połączenia filtrów cylindrycznych uzyskano w próbach łączenia medium filtracyjnych z podstawami z tworzyw przy zastosowaniu promiennika A (krótkofalowego) dla prób:

- medium filtracyjnego 150 łączonego z podstawą z ABS w czasie 5, 10, 15, 20 s nagrzewania promieniami podczerwonymi przy mocy 6 W promiennika A (krótkofalowego), niezależnie od odległości źródła podczerwieni,
- medium filtracyjnego 150 łączonego z denkiem z ABS w czasie 20, 25 s nagrzewania w odległości 5 mm, przy mocy 4 W promiennika A (krótkofalowego),
- medium filtracyjnego 150 łączonego z denkiem z PP w czasie 10, 15 s nagrzewania promieniami podczerwonymi przy mocy 6 W promiennika A (krótkofalowego), niezależnie od odległości źródła podczerwieni,



Rys. 3. Filtry wykonane przy zastosowaniu promiennika podczerwieni A (krótkofalowego) [13]



Rys. 4. Filtry wykonane przy zastosowaniu kleju termoplastycznego Pattex Hot Sticks [13]

Tabela 2. Wyniki badań dla włóknin poliestrowych: surowej i filtropochłaniającej [13]

Materiał filtracyjny	Masa powierzchniowa [g/m ²]	Grubość [mm]	Przepuszczalność powietrza 200 Pa [m ³ /(h·m ²)]	Przepuszczalność powietrza 125 Pa [m ³ /(h·m ²)]	Skuteczność filtracji, metoda wagowa [%]	Przepływ nominalny [m ³ /(h·m ²)]	Strata ciśnienia przy założonym nominalnym natężeniu przepływu [Pa]
Włóknina poliestrowa surowa	144,4	0,47	3963	2802	76,7	3400	156
Włóknina poliestrowa filtropochłaniająca	192,3	0,66	1981	1401	88,0	3400	389

- medium filtracyjnego 150 łączonego z denkiem z PP w czasie 20 s nagrzewania w odległości 5 mm, przy mocy 6 W promiennika A (krótkofalowego),

Filtry wykonane przy udziale promiennika podczerwieni A przedstawia rys. 3.

2) W przypadku wykonanych prób łączenia filtrów cylindrycznych przy pomocy promiennika B (średniofalowego) dla żadnej próby nie uzyskano pozytywnego połączenia media filtracyjnego z elementem obudowy z tworzywa.

3) Dobre połączenie klejowe medium plisowanego do podstaw filtrów cylindrycznych uzyskano z użyciem kleju Pattex Hot Sticks, nanosząc warstwę 3 mm na powierzchnię denek (rys. 4).

WYNIKI BADAŃ LABORATORYJNYCH I ICH OMÓWIENIE

Badania i ocena poprawy skuteczności filtracji w odniesieniu do włókninowych kompozytów filtropochłaniających płaskich

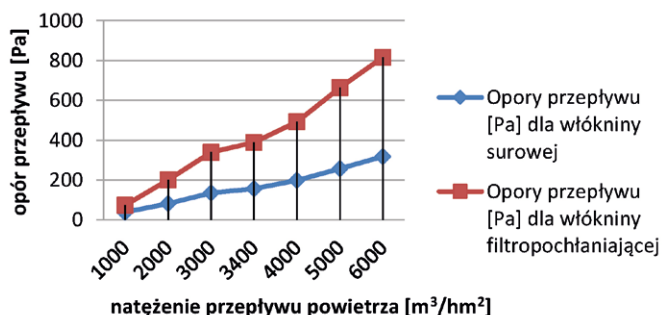
W ramach pracy wykonano badania w zakresie przepuszczalności powietrza, skuteczności filtracji, przepływu nominalnego, straty ciśnienia przy założonym nominalnym natężeniu przepływu, wyznaczenia oporów przepływu dla włóknin filtropochłaniających. Badaniom poddano dwie włókniny:

- A – włóknina poliestrowa (PES) płaska surowa,
- B – włóknina poliestrowa (PES) filtropochłaniająca.

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w tabelach 2-3 i na rys. 5.

Tabela 3. Wyniki oporów przepływu w funkcji natężenia przepływu powietrza dla włóknin [13]

Materiał filtracyjny	Natężenie przepływu powietrza [m ³ /(h·m ²)]	Oporo przepływu [Pa]
Włóknina poliestrowa surowa	1000	39
	2000	82
	3000	135
	3400	156
	4000	198
	5000	257
	6000	318
Włóknina poliestrowa filtropochłaniająca	1000	73
	2000	201
	3000	339
	3400	389
	4000	492
	5000	664
	6000	816



Rys. 5. Porównanie oporów przepływu w funkcji natężenia przepływu powietrza dla włóknin [13]

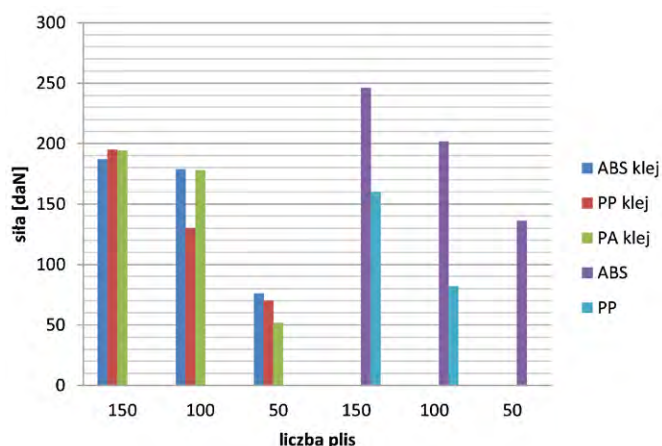
W przypadku porównania właściwości filtracyjnych dla badanych włóknin wyraźnie obserwuje się wzrost wartości parametru oporu przepływu dla włókniny filtropochłaniającej.

Wykonanie badań szczelności, wytrzymałości mechanicznej i filtracji dla optymalnych filtrów

Badanie szczelności

Badania szczelności wykonania filtrów, wytrzymałości mechanicznej połączeń podstaw z medium filtracyjnym plisowanym w trzech rozmiarach: 150, 100, 50 oraz wyznaczenie właściwości filtracyjnych dla uzyskanych próbnych filtrów zmontowanych z użyciem kleju lub łączonych metodą podczerwieni przedstawiono w tabelach 4-5 i na rys. 6-8.

Podczas badania szczelności filtrów cylindrycznych z medium plisowanym z włóknin PES, które były łączone z podstawami z tworzywa przy pomocy kleju, stwierdzono dobrą szczelność dla wszystkich filtrów niezależnie od rozmiaru filtra i użytego tworzywa (ABS, PP, PA) na podstawy. W przypadku łączenia podstaw z plisowanym medium włókninowym przy użyciu promieniowania

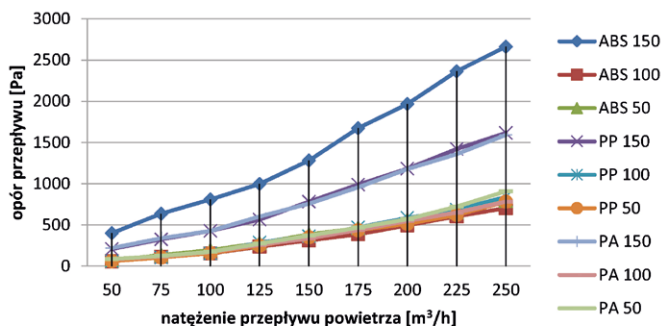


Rys. 6. Sily odrywające podstawy filtrów: 150, 100, 50 zmontowanych za pomocą kleju lub podczerwieni [13]

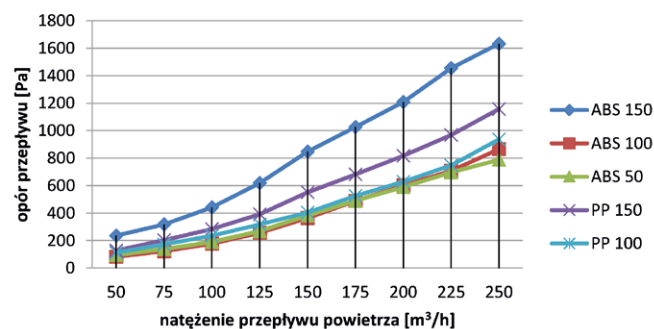
Tabela 4. Wyniki badania siły [daN] odrywającej podstawy filtrów i rozszczelnienia filtrów cylindrycznych zmontowanych z użyciem kleju lub promieni podczerwonych [13]

Lp.	Rodzaj tworzywa sztucznego	Rodzaj medium filtracyjnego	Rodzaj spoiwa	Siła odrywająca podstawa filtra lub rozszczelniająca filtr [daN]
1.	ABS	150	Klej termotopliwy	187
2.		100		179
3.		50		76
4.	PP	150	Klej termotopliwy	195
5.		100		130
6.		50		70
7.	PA	150	Klej termotopliwy	194
8.		100		178
9.		50		52
10.	ABS	150	Promiennik podczerwieni A (krótkofalowy)	246
11.		100		202
12.		50		136
13.	PP	150	Promiennik podczerwieni A (krótkofalowy)	160
14.		100		82
15.		50		x
16.	PA	150	Promiennik podczerwieni A (krótkofalowy)	x
17.		100		x
18.		50		x

x - podstawy filtra nie skleily się (pozostają nieszczelne)



Rys. 7. Opory przepływu [Pa] dla filtrów cylindrycznych zmontowanych z użyciem kleju [13]



Rys. 8. Opory przepływu [Pa] dla filtrów cylindrycznych zmontowanych z użyciem podczerwieni [13]

podczerwonego (ciepłego) obserwowano dobrą szczelność dla podstaw wykonanych z tworzywa ABS dla wszystkich badanych rozmiarów filtrów. Natomiast w przypadku łączenia podstaw z PP obserwowano dobrą szczelność dla filtrów o rozmiarach 150 i 100 oraz brak szczelności filtra o rozmiarze 50. W przypadku

Tabela 5. Wyniki badań oporów przepływu dla filtrów plisowanych cylindrycznych [13]

Lp.	Rodzaj tworzywa sztucznego	Rodzaj medium filtracyjnego	Rodzaj spoiwa	Opory przepływu przy natężeniach powietrza w m ³ /h [Pa]								
				50	75	100	125	150	175	200	225	250
1.	ABS	150	Klej termotopliwy	400	637	807	996	1280	1672	1964	2363	2661
2.		100		60	113	154	236	312	386	494	604	703
3.		50		73	135	193	280	383	462	564	653	792
4.	PP	150	Klej termotopliwy	208	324	426	564	781	988	1180	1419	1615
5.		100		86	144	198	287	362	470	585	685	840
6.		50		60	105	157	248	350	436	514	619	781
7.	PA	150	Klej termotopliwy	219	339	427	602	757	955	1176	1357	1591
8.		100		83	118	172	258	336	438	547	649	782
9.		50		87	124	175	275	370	468	570	721	907
10.	ABS	150	Promiennik podczerwieni A	236	318	442	619	847	1026	1208	1455	1632
11.		100		82	122	177	257	364	488	603	707	865
12.		50		95	139	190	269	384	490	590	696	788
13.	PP	150	Promiennik podczerwieni A	127	203	283	391	551	681	817	968	1157
14.		100		112	172	235	318	404	525	628	747	936
15.		50		x	x	x	x	x	x	x	x	x
16.	PA	150	Promiennik podczerwieni A		x	x	x	x	x	x	x	x
17.		100		x	x	x	x	x	x	x	x	x
18.		50		x	x	x	x	x	x	x	x	x

x - podstawy filtra nie skleily się (pozostają nieszczelne)

podstaw wykonanych z tworzywa PA żadne z nich nie skleiły się, filtry pozostały nieszczelne.

Wytrzymałość mechaniczna połączenia filtrów

Na podstawie uzyskanych wyników z badania siły odrywającej podstawy (wykonane z ABS, PP, PA) filtrów cylindrycznych od medium filtracyjnego (wykonanego z plisowanej włókniny poliestrowej nawęglanej), stwierdzono bardzo dobrą wytrzymałość połączeń klejowych dla filtrów o rozmiarze 150, 100 tj.:

- wartość siły kształtowała się na poziomie 187-195 daN dla filtrów o rozmiarze 150,
- wartość siły kształtowała się na poziomie 130-179 daN dla filtrów o rozmiarze 100.

Także wystarczającą wytrzymałość mechaniczną dla filtrów o rozmiarze 50, dla których siła odrywająca podstawy kształtowała się na poziomie 52-76 daN.

W przypadku łączenia podstaw filtrów z użyciem podczerwieni uzyskano bardzo dobrą wytrzymałość połączeń plis włókniny nawęglanej z tworzywowymi podstawami ABS dla każdego rozmiaru filtra. Dla filtrów z podstawą z ABS łączonych podczerwienią w porównaniu do odpowiednich filtrów łączonych klejem uzyskano wyższy poziom parametru siły odrywającej podstawy filtra, tj.: dla rozmiaru 150: 246 daN, rozmiaru 100: 202 daN, rozmiaru 50: 136 daN. W przypadku łączenia filtrów z podstawami z PP bardzo dobrą wytrzymałość połączeń uzyskano dla rozmiaru filtra 150: 160 daN i wystarczającą dla rozmiaru filtra 100: 82 daN. Podstawy filtrów z PA przy udziale podczerwieni nie uległy sklejeniu, a także nie uzyskano połączenia filtra 50 z podstawą z PP.

Właściwości filtracyjne optymalnych filtrów

Badania oporów przepływu filtrów w Pa, wykonane w zależności od natężenia przepływu powietrza mierzonego w m³/h dla filtrów cylindrycznych z medium plisowanym z włókniny nawęglanej o rozmiarach 50, 100, 150 wykazały, że:

- Parametry oporów przepływu filtrów wzrastają wraz ze wzrostem natężenia przepływu powietrza, ta zależność jest obserwowana dla wszystkich rozmiarów filtrów.
- Tempo wzrostu oporów przepływu filtrów z medium plisowanym zależy od wielkości filtra - liczby plis na obwodzie podstawy filtra cylindrycznego.
- Opory przepływu w Pa będące funkcją natężenia przepływu powietrza w m³/h najszybciej wzrastają dla filtra o rozmiarze 150.
- Wartości oporów przepływu w Pa jako funkcja natężenia przepływu powietrza m³/h dla filtrów cylindrycznych z medium plisowanym o rozmiarach 50 100 kształtują się na poziomie porównywalnym (brak znaczących różnic).
- Najkorzystniejsze wartości oporów przepływu wykazały filtry posiadające 150 plis na obwodzie podstaw z ABS, które w badaniach siły odrywania podstawy wykazały najwyższą wytrzymałość połączeń klejowych podstaw z medium filtracyjnym.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania wykazały, że właściwości filtracyjne filtrów zależą od rozmiaru medium filtracyjnego, szczelności i wytrzymałości mechanicznej połączeń elementów filtra.
2. Optymalnym rozwiązaniem w odniesieniu do zróżnicowanych właściwości fizykochemicznych kompozytów włókninowych są układy plis; rozmiar medium filtracyjnego jest proporcjonalny do ilości plis.
3. Podstawy z tworzyw: ABS, PP, PA do filtrów cylindrycznych można łączyć z medium filtracyjnym z plisowanej włókniny PES, za pomocą klejów termoplastycznych, otrzymując dobre wytrzymałości połączenia (dobre połączenie uzyskano z uży-

ciem kleju Pattex Hot Sticks, nanosząc warstwę 3 mm na powierzchnię podstaw).

4. Podstawy wykonane z tworzywa ABS można łączyć z medium filtracyjnym z plisowanej włókniny PES za pomocą podczerwieni, uzyskując połączenia o dobrej wytrzymałości (przy zastosowaniu promiennika A (krótkofalowego) w czasie 5, 10, 15, 20s nagrzewania promieniami podczerwonymi przy mocy 6 W, niezależnie od odległości: 5, 10, 15 mm źródła podczerwieni).

Praca prezentuje wyniki projektu RPPK.01.02.00-18-0028/17 realizowanego w latach 2017-2020. Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2014-2020, oś priorytetowa: I Konkurencyjna i innowacyjna gospodarka, Działanie:1.2 Badania przemysłowe, prace rozwojowe oraz ich wdrożenia, Typ projektu: Prace B+R.

LITERATURA

- [1] Hutten I.M.: Handbook of nonwoven filter media, Elsevier Science, Oxford, UK, 2007.
- [2] PN-EN ISO 1043-1:2004 Tworzywa Sztuczne. Symbole i skróty nazw. Polimery podstawowe i ich cechy charakterystyczne.
- [3] Szlezyngier W., Brzozowski Z. K.: Tworzywa sztuczne, Tom 1, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów, 2016.
- [4] Puszyński A., Pilichowski J.: Technologia tworzyw sztucznych, Wydawnictwo WNT, Warszawa, 2003.
- [5] <http://plastpro.pl/oferta/tworzywo-abs>, 21.06.2022.
- [6] <http://www.tworzywa.pwr.wroc.pl/pl/dydaktyka/polipropylen>, 21.06.2022.
- [7] <http://www.plastem.pl/oferta/tworzywa-sztuczne/poliamid-pa/>, 21.06.2022.
- [8] Pasek S., Gąsiorowski K. P.: Kleje obuwnicze. Wybrane zagadnienia z ochrony zdrowia, bezpieczeństwa i środowiska naturalnego, Informator wzorniczo materiałowy. Obuwie i wyroby skórzane nr 17 (2002-2003), CLPO, Kraków, 2002.
- [9] Pasek S., Gąsiorowski K. P.: Nowej generacji kleje obuwnicze i metody ich aplikacji, Informator wzorniczo-materiałowy. Obuwie i wyroby skórzane nr 20 (2004r.), CLPO, Kraków, 2004.
- [10] Pasek S., Gąsiorowski K. P.: Nowości w klejach dla przemysłu obuwniczego, Informator wzorniczo-materiałowy. Obuwie i wyroby skórzane nr 21 (2004-2005), CLPO, Kraków, 2004.
- [11] Józwicki R., Wawrzyński L.: Technika podczerwieni, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013.
- [12] Kowalczyk M.: Gazowe i elektryczne promienniki podczerwieni: komfort, oszczędność, ekologia. Wydawnictwo SOLAREN BIS, Gdańsk, 2004.
- [13] Pąprowicz J. i inni.: Projekt badawczy RPPK.01.02.00-18-0028/17 pt.: Opracowanie technologii wytwarzania wysokoskutecznych kompozytów włókninowych filtropochłaniających do usuwania zanieczyszczeń z powietrza, Eko-Karpaty, Tarnowiec, 2020.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Technologia i Jakość Wyrobów”, 67, 2022, s. 39-63.

Beata Pąprowicz-Nędza¹, Ewelina Pąprowicz¹, dr inż. Jan Pąprowicz¹, Dawid Polar¹, Piotr Wojnar¹, Michalina Falkiewicz-Dulik²

1 – Podkarpackie Centrum Produkcyjno-Wdrożeniowe „Eko-Karpaty” dr inż. Jan Pąprowicz

2 – Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny

www.bapco.eu

**BEST FORMULAS
ONE CHOICE.**

**KLEJE
KOMPOZYTOWE**
JEDNOSKŁADNIKOWE W AEROSZLI

bapco
BEST ADHESIVE PRODUCTS

VERSATILE **MIST** 500 ml
INFUSION **VISA** 500 ml
HEAVY DUTY

INFO@BAPCO.EU, TEL.: +48 533 056 873

REKLAMA

Tworzywa Sztuczne
Przemysle

Zapraszamy do udziału
w nowej edycji Katalogu Branżowego
"Tworzywa Sztuczne w Przemysle"

2025

Tegoroczny katalog dostępny w formie elektronicznej,
na naszej stronie internetowej

www.tworzywasztuczne.biz

e-mail: katalog@tworzywasztuczne.biz
tel. 570 498 067



Diagnostyka i monitoring mostów kompozytowych za pomocą czujników światłowodowych DFOS

Maciej Kulpa, Mateusz Rajchel, Tomasz Siwowski, Tomasz Howiacki, Rafał Sieńko

Obiekty mostowe z kompozytów FRP (ang. *fibre-reinforced polymers*) są budowane na świecie od ponad 35 lat [1]. Powodem dużego zainteresowania środowiska mostowego tym nowym materiałem konstrukcyjnym jest oczywiście jego trwałość, a także duża wytrzymałość i sztywność wytwarzanych z kompozytów elementów mostów (dźwigarów oraz paneli pomostowych). Jednakże kompozyty FRP, jak każdy materiał konstrukcyjny, mają także swoje wady, które mogą prowadzić do uszkodzeń, a nawet do poważnych awarii tych konstrukcji. Wśród wad kompozytów FRP można wymienić m.in.: podatność na rozwarstwienie wewnętrzne, pękanie matrycy i/lub włókien, uszkodzenia połączeń itp. [2]. Ponadto stosunkowo krótki okres stosowania kompozytów FRP w mostach powoduje, że nie jest jeszcze dokładnie rozpoznane zachowanie tych konstrukcji w czasie. Dlatego praktycznie od samego początku budowy mostów z kompozytów FRP istnieje świadomość o konieczności stałej diagnostyki i monitoringu tego typu konstrukcji. Jednakże ze względu na specyficzną mikro- i makrostrukturę typowe uszkodzenia kompozytów nie są możliwe do detekcji i oceny podczas rutynowego przeglądu wizualnego. Dlatego ocenę stanu technicznego mostów kompozytowych zazwyczaj wspomaga zastosowanie różnych metod diagnostyki niszczonej NDT/NDE [3]. Co więcej, ze względu na wspomniany brak doświadczeń eksploatacyjnych większość współczesnych mostów kompozytowych jest dodatkowo monitorowana w celu oceny zachowania się konstrukcji w cyklu życia [4].

Bardzo dużo technik pomiarowych było i jest nadal stosowanych w diagnostyce i monitoringu mostów kompozytowych [3, 4]. Ostatnio coraz częściej wykorzystuje się w tym celu światłowody (ang. *fibre optic sensors*), które skutecznie wypierają dotychczas używane techniki elektryczne i/lub elektroniczne. Wiele technik światłowodowych już wdrożono do monitoringu konstrukcji z kompozytów, w tym m.in.: interferometrię, siatki Bragga, mechanizmy rozpraszania czy fluorescencję [5]. Do głównych zalet światłowodów w tych zastosowaniach należą: lekkość i małe wymiary, pasywność, małe tłumienie, odporność na pole elektromagnetyczne, duża szerokość pasma oraz trwałość środowiskowa. Ponadto światłowody mogą być instalowane praktycznie w dowolnym miejscu konstrukcji, zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz elementów, a zebrana informacja może być łatwo przesyłana na duże odległości. Zalety te rekompensują stosunkowo wysoką cenę tej technologii: nie chodzi jednak o koszt samych światłowodów, lecz koszt sprzętu do odczytu i obróbki wyników pomiarów.

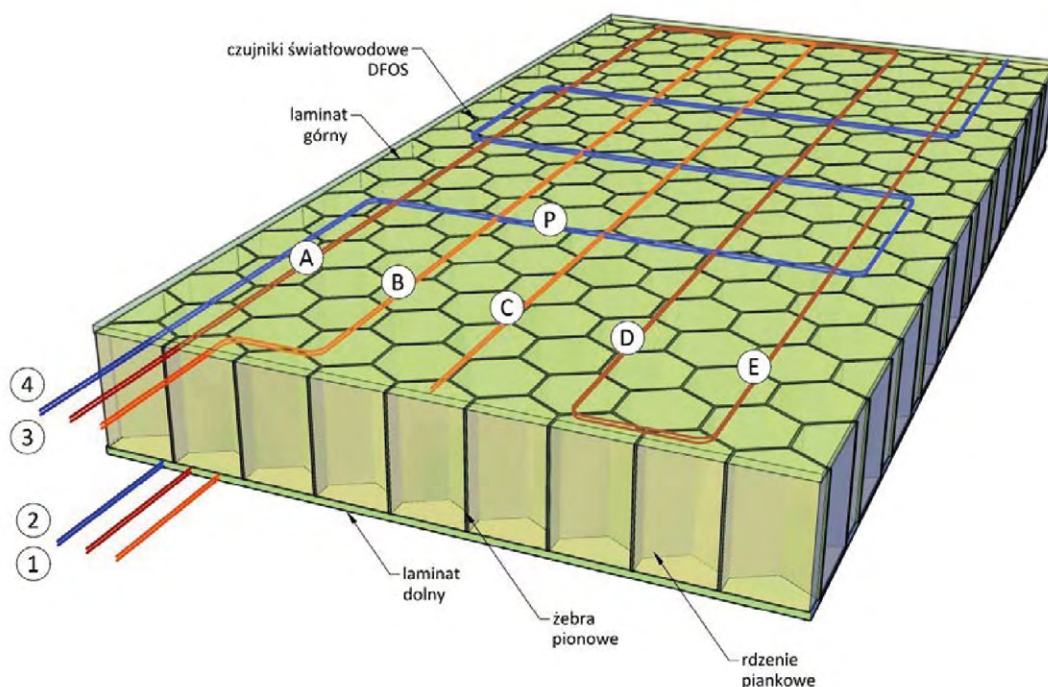
W praktyce inżynierskiej do pomiarów wybranych wielkości fizycznych są stosowane powszechnie czujniki punktowe. Jed-

nakże powszechnie wiadomo, że im lepsza jakość uzyskiwanej informacji, tym dokładniejsze oraz bardziej wiarygodne są wnioski wyciągane z pomiarów. Dlatego stale poszukuje się coraz to nowszych, a jednocześnie bardziej ekonomicznych technik, umożliwiających pełniejszą ocenę pracy konstrukcji. W tych aspektach zdecydowanie wyróżniają się czujniki światłowodowe DFOS (ang. *distributed fibre optic sensors*) umożliwiające pomiary w sposób geometrycznie ciągły na całej długości pomiarowej światłowodu. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu różnych zjawisk optycznych, m.in. rozpraszania Rayleigha, Brillouina lub Ramana. Dzięki temu istnieje możliwość zastąpienia jednym włóknom światłowodowym tysiące tradycyjnych, punktowych tensometrów. Takie podejście daje niespotykane dotąd możliwości analizy pracy konstrukcji z uwzględnieniem wszystkich lokalnych zjawisk, takich jak: pęknięcie, rozwarstwienie, ocena ciągłości struktury itp. [6]. W przypadku konstrukcji kompozytowych korzyści z zastosowania systemu DFOS są jeszcze większe: światłowód może być zintegrowany z innymi włóknami kompozytu już na etapie jego wytwarzania i pozwala monitorować zachowanie elementu praktycznie od momentu jego powstania. Ponadto umieszczenie światłowodu wewnątrz kompozytu zapewnia doskonałą ochronę czujnika pomiarowego przed zniszczeniem na etapie montażu i/lub eksploatacji mostu. W Polsce system DFOS wykorzystano po raz pierwszy do monitoringu jednego z mostów kompozytowych, który powstał w wyniku realizacji programu badawczego Combridge [7, 8]. Bardzo dobre rezultaty monitoringu tego mostu skłoniły autorów do dalszych prac badawczych nad wdrożeniem systemu DFOS w kolejnych konstrukcjach kompozytowych, przeznaczonych dla budownictwa mostowego. Wstępne wyniki badań nad efektywnością zastosowania systemu DFOS w diagnostyce i monitoringu mostów kompozytowych zaprezentowano w niniejszym artykule.

KOMPOZYTOWY PANEL POMOSTU

Głównym efektem projektu badawczego Optideck będzie system paneli pomostowych z kompozytów FRP do budowy i modernizacji drogowych obiektów mostowych, wyposażony w światłowodowy system monitoringu konstrukcji. Kompozytowe panele pomostowe o konstrukcji warstwowej (ang. *sandwich*) będą wyposażone w nowoczesny system monitoringu, oparty na ciągłych czujnikach światłowodowych DFOS. System czujników DFOS pozwoli na ciągłą ocenę pracy pomostu, w tym również górnej jego części – niedostępnej w czasie przeglądów – eliminując ryzyko niewykrycia uszkodzeń lokalnych kompozytów. Czujniki światłowodowe zostaną umieszczone wewnątrz laminatów okładzin, co zabezpieczy je przed zniszczeniem podczas eksploatacji. Sys-

Rys. 1. Kompozytowy panel pomostu wyposażony w system ciągłych czujników światłowodowych DFOS



tem monitoringu umożliwi ponadto wykrywanie przeciążonych i ponadnormatywnych pojazdów, powodujących przyspieszoną degradację pomostów konwencjonalnych.

W celu oceny efektywności systemu monitoringu DFOS wykonano panel kompozytowy o konstrukcji warstwowej i wymiarach 0,20 x 1,20 x 2,40 m (rys. 1). Panel składa się z dwóch lami-

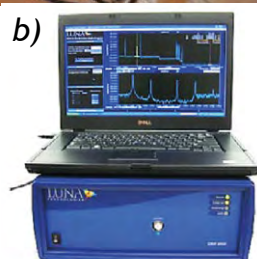
natów okładzinowych oraz rdzenia piankowego, wzmocnionego żebrawami pionowymi. W obu laminatach okładzinowych umieszczono system ciągłych czujników światłowodowych DFOS do pomiaru odkształceń laminatu, temperatury, a także pośrednio – przemieszczeń panelu. Czujniki zostały umieszczone w warstwach tkanin obu laminatów i zintegrowane z pozostałym zbrojeniem laminatów podczas procesu infuzji, zastosowanego do wytworzenia panelu.

Panel wyposażony w czujniki światłowodowe poddano obciążeniu statycznemu w laboratorium KDiM PRz (fot. 1a). Odczyt informacji z czujników był wykonywany przy zastosowaniu reflektometru optycznego OBR 4600 firmy LUNA (fot. 1b). Urządzenie przetwarzało sygnał ze światłowodów z wykorzystaniem zjawiska rozpraszania Rayleigha. Zarejestrowany sygnał w [dB] reflektometr przeliczał na odkształcenia kompozytu. W przeprowadzonych badaniach przyjęto wirtualne odcinki pomiarowe o długości 10 mm, które rozmieszczono na długości światłowodu co 10 mm (odległość środków odcinków). Ciągły pomiar odkształceń w dwóch równoległych laminatach okładzinowych panelu pozwolił także na wyznaczenie jego ugięcia. Sposób wyznaczenia ugięć (przemieszczeń) z wykorzystaniem wyników ciągłego pomiaru odkształceń został przedstawiony przez autorów w pracy [9]. W celu oceny wiarygodności i dokładności nowego systemu pomiarowego zarówno pomiar odkształceń, jak również pomiar przemieszczeń zostały zdublowane za pomocą konwencjonalnych czujników tensometrycznych oraz indukcyjnych.

Przykładowe wyniki pomiarów odkształceń i przemieszczeń panelu w poszczególnych fazach jego obciążenia przedstawiono na rys. 2. Na obu wykresach, oprócz ciągłych wyników odkształceń i przemieszczeń, zaznaczono także dyskretne wyniki pomiarów uzyskane metodami konwencjonalnymi. Przeprowadzone badania wykazały techniczną wykonalność pomiarów odkształceń i przemieszczeń konstrukcji kompozytowej za pomocą systemu DFOS. Żaden z czujników nie uległ zniszczeniu ani w procesie produkcji panelu, ani pod obciążeniem, a ich wskazania nie zawierały lokalnych imperfekcji mogących zakłócać dokładny pomiar. Wyniki pomiarów systemem DFOS były zgodne z wynikami uzyskanymi metodami konwencjonalnymi (maks. różnica 5%). Jednakże, w przeciwieństwie do dyskretnych pomiarów konwen-

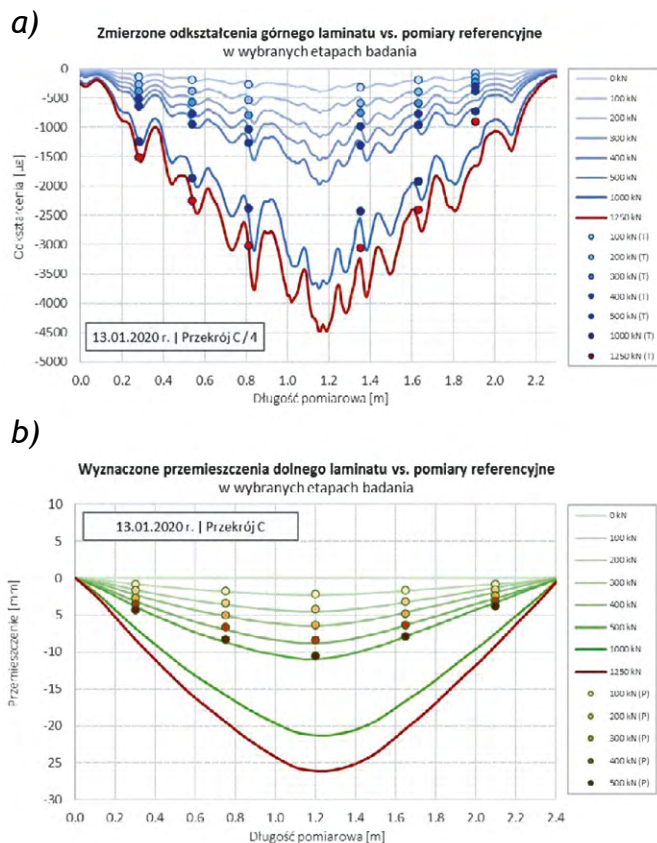


Fot. 1. Panel na stanowisku badawczym (a) oraz reflektometr optyczny LUNA OBR 4600 (b)



Fot. 2. Dźwigar kładki dla pieszych z kompozytowej łopaty turbiny wiatrowej na stanowisku badawczym





Rys. 2. Rozkład odkształceń (a) i przemieszczeń (b) panelu w poszczególnych fazach jego obciążenia (czujnik wzdłuż osi C)

cyjnych, pomiar ciągły umożliwił bardzo dokładną ocenę stanu wyężenia i sztywności panelu, uwzględniającą wewnętrzną budowę panelu (np. układ żeber), lokalne imperfekcje wykonawcze oraz ewentualne uszkodzenia, powstające podczas obciążania.

DŹWIGAR MOSTOWY Z KOMPOZYTOWEJ ŁOPATY TURBINY WIATROWEJ

Przedmiotem kolejnego projektu badawczego, w którym zastosowano system DFOS do diagnostyki i monitoringu konstrukcji kompozytowej, jest dźwigar (belka) wytworzony z przeznaczonej do utylizacji kompozytowej łopaty turbiny wiatrowej. W ramach współpracy z firmą zajmującą się utylizacją wycofanych z użytku łopat turbin wiatrowych opracowano i opatentowano system kładek dla pieszych, których głównym elementem będą ww. dźwigary kompozytowe. Badania wytrzymałościowe dźwigarów wykonanych z łopat turbin wiatrowych mają potwierdzić poprawność założeń przyjętych do projektowania kładek oraz określić zakres nośności i sztywności dźwigarów wykonanych z łopat. W ramach projektu wykonano badania prototypowego dźwigara w skali 1:1. Celem badań była m.in. ocena globalnego zachowania się dźwigara pod obciążeniem statycznym, dynamicznym i zmęczeniowym, a także sprawdzenie systemu monitoringu odkształceń, przemieszczeń oraz charakterystyk dynamicznych dźwigara za pomocą systemu DFOS.

Badania przeprowadzono na prototypowym dźwigarze, wykonanym z łopaty turbiny wiatrowej, o długości całkowitej 11,60 m i rozpiętości 11,0 m. Był to pełnowymiarowy element przęśła projektowanej kładki, który został wyposażony w żelbetowe poprzecznicę podporowe. Obciążenie dźwigara przeprowadzono w schemacie 4-punktowego zginania (fot. 2.). Dźwigar wyposażono

żono w światłowodowe czujniki DFOS, których układ pokazano na rys. 3. W przeciwieństwie do opisanego powyżej panelu, w tym przypadku czujniki światłowodowe zostały przyklejone na zewnętrznej powierzchni laminatów wyeksploatowanej łopaty. Jako włókna pomiarowe zastosowano jednomodowe światłowody telekomunikacyjne, a pomiary wykonywano systemem Luna (fot. 1b). W celu oceny wiarygodności i dokładności systemu pomiarowego DFOS, zarówno pomiar odkształceń, jak również pomiar przemieszczeń zostały zdublowane za pomocą konwencjonalnych czujników tensometrycznych oraz indukcyjnych.

Przykładowe wyniki pomiarów odkształceń dźwigara w poszczególnych fazach jego obciążenia przedstawiono na rys. 4. Na obu wykresach można doskonale zidentyfikować moment powstania (tj. poziom obciążenia) oraz lokalizację uszkodzenia dźwigara, tj. pęknięcia laminatu, poprzedzonego jego delaminacją wewnętrzną. Moment powstania delaminacji (skok na wykresie odkształceń) nie został zidentyfikowany podczas obserwacji wizualnej dźwigara pod obciążeniem. Wprawdzie był słyszany głuchy trzask wskazujący na rozpoczęcie procesu delaminacji, ale obserwacja wizualna nie pozwoliła na lokalizację tego uszkodzenia ani na ocenę zakresu jego propagacji. Natomiast obie te bardzo istotne informacje można było uzyskać, obserwując ciągły pomiar odkształceń na długości światłowodu S4. Lokalizację i ocenę wizualną uszkodzenia można było wykonać dopiero pod znacznie większym obciążeniem, gdy zniszczenie laminatu przybrało formę zagrażającą katastrofą dźwigara (fot. 3). Na fot. 3. jest także pokazana lokalizacja konwencjonalnego tensometru (w bezpośredniej bliskości uszkodzenia), którego odczyty w ogóle nie wskazywały na jakiegokolwiek zaburzenie w rozkładzie odkształceń dźwigara pod wzrastającym obciążeniem. Uzyskane wyniki badań dźwigara jednoznacznie pokazały użyteczność, efektywność i dokładność pomiarów odkształceń za pomocą systemu DFOS, a co za tym idzie, możliwość monitorowania stanu technicznego konstrukcji pod obciążeniem.

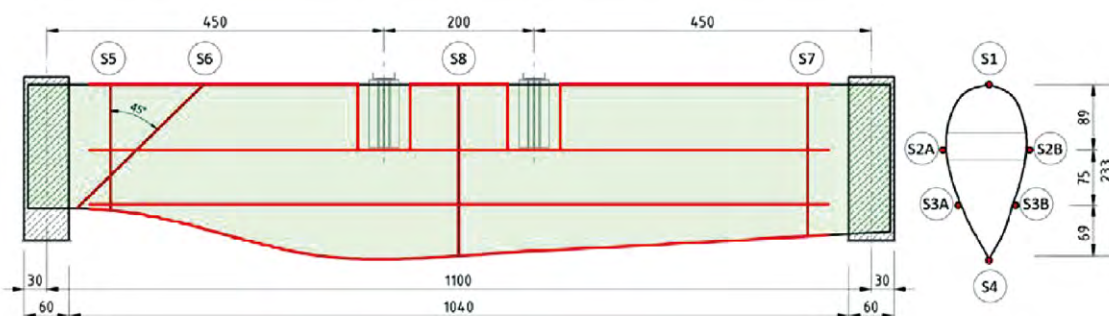
PODSUMOWANIE

Ze względu na zalety materiałowe i technologiczne kompozytów FRP nie ulega wątpliwości, że rozwój mostów kompozytowych będzie postępował bardzo szybko. Np. w Rzeszowie w tym roku powstaną dwa obiekty mostowe z tego innowacyjnego materiału o łącznej długości ponad 170 m. Należy jednak pamiętać, że ten nowoczesny materiał wymaga jeszcze stałych badań i obserwacji, w szczególności w okresie eksploatacji

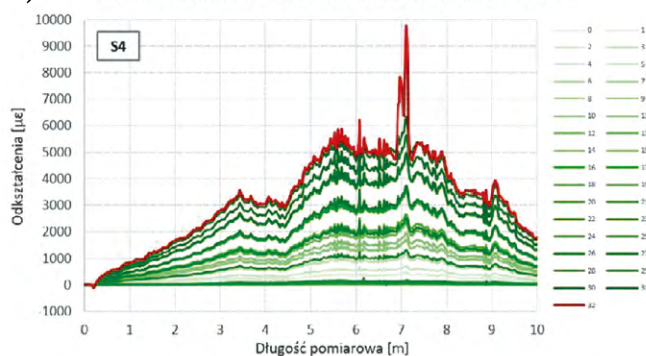


Fot. 3. Zniszczenie laminatu dolnego dźwigara (widoczny czujnik DFOS oraz tensometr)

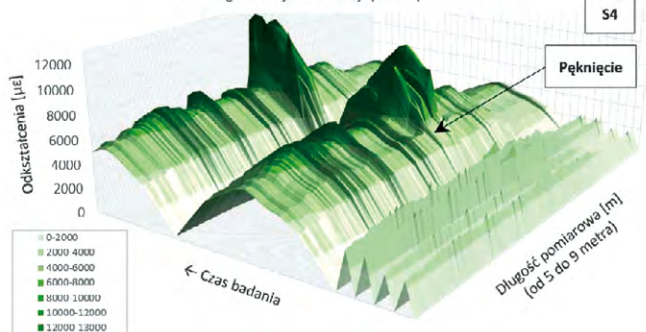
Rys. 3. Rozkład czujników światłowodowych DFOS na dźwigarze z łopaty turbiny wiatrowej



a) Rozkłady odkształceń na długości czujnika w kolejnych krokach badania



b) Wizualizacja przestrzenna rozkładów odkształceń na długości czujnika w kolejnych etapach badania



Rys. 4. Płaski (a) i przestrzenny (b) rozkład odkształceń dźwigara w poszczególnych fazach jego obciążenia (czujnik S4)

obiektów mostowych z niego wykonanych. Dlatego każda mniej lub bardziej typowa kompozytowa konstrukcja mostowa powinna zostać wyposażona w system monitoringu, umożliwiający jej stałą kontrolę pod obciążeniem użytkowym i oddziaływaniami środowiskowymi.

Doświadczenia przeprowadzone przez Katedrę Dróg i Mostów PRz wykazały jednoznacznie, że stały pomiar odkształceń i przemieszczeń konstrukcji kompozytowej za pomocą ciągłych czujników światłowodowych DFOS jest bardzo efektywną, wydajną oraz dokładną metodą oceny stanu wyężenia elementów pomostu i/lub przęsła mostu. Dzięki zastosowanej technologii możliwa jest kontrola konstrukcji kompozytowej w nieporównywalnie większym stopniu niż ma to miejsce w przypadku punktowych czujników konwencjonalnych. Pewną wadą tej nowej techniki pomiarowej, wynikającą w tym przypadku z rodzaju zastosowanego sprzętu, jest większy koszt wykonania pomiarów.

Praca powstała na podstawie wyników uzyskanych w ramach projektów naukowo - badawczych: 1. Projekt badawczy pt.: „OptiDeck – Inteligentny system pomostowy z kompozytów polimerowych do budowy i modernizacji drogowych obiektów mo-

stowych, wyposażony w czujniki światłowodowe do monitoringu konstrukcji i kontroli obciążenia”, finansowany z programu LIDER X przez NCBiR. 2. Projekt badawczy pt.: „Alternatywa użycia turbin wiatrowych starszej generacji – wykorzystanie kompozytowych śmigieł do budowy mostowych obiektów inżynierskich”, współfinansowany w ramach poddziałania 2.3.2 „Bony na innowacje dla MŚP” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 przez PARP oraz firmę Przedsiębiorstwo Wielobranżowe ANMET Andrzej Adamcio ze Szprotawy.

LITERATURA

- [1] Siwowski T.: Mosty z kompozytów FRP. Kształtowanie, projektowanie, badania. Warszawa 2018.
- [2] Talreja R., Singh C.V.: Damage and failure of composite materials. Cambridge University Press, UK 2012.
- [3] Gholizadeh S.: A review of non-destructive testing methods of composite materials. Procedia Structural Integrity, 1/2016, s. 050-057.
- [4] Holloway LC.: A review of the present and future utilization of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties. Construction and Building Materials, 12/2010, vol. 24, s. 2419-2445.
- [5] Gliści B., Inaudi D.: Fibre optic methods for structural health monitoring. Wiley, 2007.
- [6] Sieńko R., Zych M., Bednarski Ł., Howiacki T.: Strain and crack analysis within concrete members using distributed fibre optic sensors. Structural Health Monitoring, 5-6/2018, vol. 18, s. 1510-1526.
- [7] Siwowski T., Sieńko R., Bednarski Ł.: System monitorowania mostów kompozytowych z wykorzystaniem światłowodowych czujników odkształceń. Mosty, 5/2017, s. 50-53.
- [8] Howiacki T., Sieńko R.: Światłowody: przełom w pomiarach. Bulider, wrzesień 2019, s. 78-80.
- [9] Kulpa M., Howiacki T., Wiater A., Siwowski T., Sieńko R.: Strain and displacement measurement based on distributed fibre optic sensing (DFOS) system integrated with FRP composite sandwich panel. Measurement, 175/2021.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Mosty” 2021, nr 2, s. 35-38.

dr inż. Maciej Kulpa¹, dr inż. Mateusz Rajchel¹,
prof. dr hab. inż. Tomasz Siwowski¹, dr inż. Tomasz Howiacki²,
dr inż. Rafał Sieńko²

1 – Politechnika Rzeszowska

2 – Politechnika Krakowska, SHM System, Kraków

Żyvice, żelkoty oraz farby do produkcji laminatów spełniających najwyższe wymagania i normy ochrony przeciwpożarowej

Uniepalnione systemy kompozytowe i powłoki malarskie o wysokiej wydajności



Jako międzynarodowy gracz na rynku rozwiązań powłokowych i kompozytowych o wysokiej wartości dodanej, MÄDER zapewnia swoim klientom kompleksowe i innowacyjne rozwiązania do produkcji laminatów, zorientowane na ciągłe poszukiwanie efektywności na wymagających rynkach, takich jak kolejnictwo, motoryzacja, rurociągi czy też budownictwo.

Jako znany producent i specjalista w dziedzinie zastosowań kolejowych, MÄDER przez cały okres trwania projektu oferuje kompleksowe rozwiązania dla głównych podmiotów z branży, takich jak producenci pociągów pasażerskich i towarowych (OEM), ich podwykonawców oraz lokalnych operatorów kolejowych i tramwajowych.



Oferujemy żyvice, żelkoty a także farby do produkcji laminatów spełniających najwyższe wymagania i normy ochrony przeciwpożarowej, takie jak:

- KOLEJOWA: EN 45545, która reguluje ochronę przeciwpożarową w pojazdach szynowych w Unii Europejskiej.
- AUTOBUSOWA: Rozporządzenie UE ECE R118.03, które definiuje zachowanie się materiałów stosowanych w wewnętrznej konstrukcji niektórych kategorii pojazdów silnikowych w zakresie palności.
- MORSKA: FTP Code 2010 IMO: Międzynarodowej Organizacji Morskiej, dotyczącej procedury testów ogniowych.
- BUDOWLANA: EN 13501: która ocenia reakcję na ogień, materiałów i produktów budowlanych.
- MEDYCZNA: UL 94 V0: dotyczące właściwości palności i bezpieczeństwa przeciwpożarowego tworzyw sztucznych.
- ELEKTROWNIE WIATROWE: UIC 564-2: przepisy dotyczące ochrony przeciwpożarowej.

Oprócz ochrony przeciwpożarowej obsługujemy także wszystkie inne rynki, na których wymagane są wysokie parametry, takie jak: odporność na zarysowania, stabilność UV i wysokie właściwości mechaniczne itp. Jesteśmy w stanie zaproponować kompletny system składający się z farby oraz żelkotu i żywicy.

Jesteśmy jedynym na świecie producentem, który dostarcza klientom zarówno żyvice i żelkoty, jak i systemy malarskie do produkcji laminatów spełniających europejską normę kolejową EN 45545.

Nasza oferta żywic i żelkotów oraz farb jest dopasowana do potrzeb klienta zarówno co do:

- metody przetwarzania żywic (oferujemy żyvice do laminowania ręcznego, RTM Ligt czy też metodą infuzji próżniowej);
- czy też stosowanych dla nich systemów malarskich, zarówno

KOMPLEKSOWE ROZWIĄZANIA SYSTEMOWE ZAPEWNIĄCIE PEŁNE WSPARCIE

MÄDER wyróżnia się swoimi kompleksowymi rozwiązaniami dla sektora kolejowego. Nasza oferta obejmuje wszystkie materiały kompozytowe (żelkoty, żyvice poliestrowe, akrylowe a nawet biożyvice), a także systemy malarskie wymagane dla projektu, które są systematycznie łączone z wiedzą techniczną naszych specjalistów podczas uruchamiania nowych projektów.

Dzięki takiemu podejściu klienci MÄDER mogą korzystać z oferty skrojonej na miarę, idealnie dostosowanej do ich konkretnych potrzeb i spełniającej większość europejskich specyfikacji i wymagań w zakresie dymności, palności, toksyczności, BHP czy wymogów technicznych i wytrzymałościowych.

Nasze wieloletnie doświadczenie w rozwoju materiałów do produkcji laminatów uniepalnionych dla kolejnictwa, a także rynku automotive i marine, poparte wieloma zrealizowanymi projektami (w tym ponad 50 według normy EN45545), pozwala oferować naszym klientom szerokie spektrum systemów dopasowanych do wymagań i oczekiwań klienta.

Tabela 1. Wybrane materiały i systemy przetwarzania spełniające normę EN45545

OPCJE SYSTEMÓW MALARSKICH	1	2	3	4
	JEDNOWARSTWOWE	DWUWARSTWOWE	TRZYWARSTWOWE	TRZYWARSTWOWE
SYSTEM	ROZCIEŃCZALNIKOWE	ROZCIEŃCZALNIKOWE	ROZCIEŃCZALNIKOWE	WODOROZCIEŃCZALNE
PODKŁAD		ARTHANE 51 FR	ARTHANE 51 FR	ETOKAT GRUND FR
MIEDZYWARSTWA/ FARBA NAWIERZCHNIOWA		ARTHANE 251	ARTHANE 101	NUVOVERN AQUA BASE COAT
LAKIER/ ANTIGRAFFITI	BARNIZ ATHANE AG		BARNIZ ATHANE AG	NUVOVERN AQUA BASE COAT
ŻELKOT	NUVOPOL 37-03 TGP (A) / NUVOPOL 37-05 TGP			NUVOPOL 37-03 TGP (A)
ŻYWICA/METODA:				
HAND LAMINATION	GIRALITHE DITRA 2109-10XP // DIRALITHE DITRA 2109-11XP			
RTM LIGHT	GIRALITHE DITRA 2109-10XP WHITE // DIRALITHE DITRA 2109-11 GREY 3100 GIRALITHE DITRA 2109-11XP WHITE // NUVOCRYL FR 60-62 G			
VACUUM INFUSION	NUVOCRYL FR 60-60 G // NUVOCRYL FR 60-90 G			

rozcieńczalnikowych, jak i wodorozcieńczalnych.

Dzięki swojej różnorodności MÄDER jest w stanie zaoferować kompleksowe rozwiązania powłokowe wraz z powiązаныmi produktami dla szerokiej gamy powierzchni dla taboru szynowego:

- wewnątrz i zewnątrz pociągów pasażerskich
- kabiny maszynistów
- wagony towarowe
- dachy
- wózki
- osie.

Priorytet dla badań i rozwoju to udoskonalenie procesów naszych klientów i ograniczenie emisji dwutlenku węgla

Stawiając innowację w sercu swojej strategii, MÄDER inwestuje dużo w badania i rozwój, wyznaczając sobie ambitne cele dotyczące wydajności i dekarbonizacji.

Nasze najnowsze osiągnięcia pozwalają GRUPIE MÄDER oferować szybko schnące rozwiązania, zmniejszając liczbę warstw malarskich, redukować masę laminatu, optymalizować cykl

produkcyjny, zmniejszając zużycie energii i ograniczając lub nawet eliminować z naszych formuł substancje szkodliwe dla wykonawców i środowiska (styren, izocyjaniany).

MÄDER pracuje również nad ograniczeniem swojego śladu węglowego poprzez wykorzystanie surowców pochodzących z biomasy, w szczególności w przypadku rozwiązań kompozytowych.

MIĘDZYNARODOWE WSPARCIE I ROZWÓJ

Dzięki zakładom produkcyjnym w Europie i Azji oraz niezawodnej sieci naszych oddziałów, a także partnerów dystrybucyjnych na całym świecie, firma MÄDER wspiera rozwój swoich klientów, gdziekolwiek się znajdują.

MÄDER POLAND

ul. Rubież 46, 61-612 Poznań, tel. +48 604 509 912

info.poland@mader-group.com

<https://www.mader-group.com/>

REKLAMA



16-17 października 2024 r. EXPO KRAKÓW

Tworzywa Sztuczne
Przemysle

Spotkajmy się na
KOMPOZYT-EXPO®!

Odbierz bilet na www.kompozyt-expo.pl

Właściwości palne i odporność na akty wandalizmu kompozytów hybrydowych zbrojonych tkaninami i napełniaczami proszkowymi

Kamila Mizera, Emilia Irzmańska, Natalia Litwicka, Paweł Kozikowski, Kamila Sałasińska, Agnieszka Gajek

Rosnące wymagania stawiane materiałom konstrukcyjnym przez branżę motoryzacyjną, lotniczą i maszynową wymuszają wprowadzanie nowych rozwiązań materiałowych o dużej wytrzymałości, a jednocześnie znacznie mniejszej gęstości niż dotychczas stosowane materiały metalowe [1]. Najszerzej stosowanymi materiałami o wysokich parametrach użytkowych są polimery wzmocnione włóknami, zwłaszcza na bazie polimerów termoutwardzalnych, takich jak żywice poliestrowe i epoksydowe [2]. Możliwość zastosowania polimerów o wysokim stopniu usieciowania i reaktywnych w stosunku do napełniaczy pozwala na uzyskanie struktur o dużej wytrzymałości mechanicznej i odporności chemicznej oraz o wysokiej adhezji na granicy faz polimer-napełniacz [3]. Polimerowy kompozyt hybrydowy jest materiałem o osnowie z tworzywa sztucznego, w którym łączone są różne rodzaje wzmocnień [4]. Zabieg ten stosuje się m.in. w celu uzyskania kompozytu o doskonałych właściwościach mechanicznych przy jednoczesnym obniżeniu ceny produktu poprzez zastąpienie niektórych droższych włókien ich tańszymi odpowiednikami (np. zastąpienie włókien węglowych włóknami szklanymi). Kompozyt hybrydowy to kompozyt, w którym kolejne warstwy wykonane są z różnych rodzajów tkanin, a także kompozyt wykonany z tkaniny hybrydowej z wątkiem wykonanym z różnych rodzajów włókien [5]. Jako wzmocnienie tego typu materiałów stosuje się głównie włókna szklane, węglowe, aramidowe, termoplastyczne (polietylen, polipropylen), bazaltowe oraz naturalne (len, konopie, sizał). Takie połączenie umożliwia wykorzystanie zalet poszczególnych włókien i uzyskanie materiału o większej sztywności i wytrzymałości. Prawidłowo zaprojektowa-

wany i wykonany kompozyt hybrydowy ma zalety poszczególnych komponentów, jednocześnie kompensując wady pozostałych [6]. W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę wybranych włókien.

Popularność kompozytów termoutwardzalnych w postaci laminatów zbrojonych długimi włóknami wynika z możliwości wytwarzania wyrobów o wysokich parametrach mechanicznych bez konieczności stosowania drogiego oprzyrządowania technologicznego. W przypadku kompozytów wzmocnianych włóknem, przeznaczonych do wytwarzania konstrukcji o dużej wytrzymałości, równie ważnym aspektem jest odporność termomechaniczna oraz ognioodporność materiału [7]. Każde zmniejszenie ilości polimeru prowadzi do zmniejszenia palności. Mimo to wprowadzenie do osnowy polimerowej włókien nieorganicznych lub syntetycznych nie prowadzi do uzyskania materiałów ognioodpornych [8], a nawet powoduje znaczny wzrost ilości dymu [9].

Zbadano odporność kompozytów hybrydowych pod kątem ich palności i wydzielania dymu oraz substancji podczas pożaru, a także ich odporności na akty wandalizmu, rozumiane jako celowe niszczenie, bez wyraźnego powodu, cudzej własności. Wandalizm definiowany jest jako zjawisko społeczne, które ma negatywny wpływ na miejską przestrzeń publiczną [10]. Badane materiały zostały przetestowane pod kątem odporności na przecięcia ostrymi przedmiotami, uderzenia i płomienie.

CZEŚĆ DOŚWIADCZALNA

Materiały

Jako osnowę polimerową zastosowano żywicę epoksydową RenLam LY 113 (lepkość 580 mPa·s w 25°C, gęstość 1,16 g/cm³) oraz utwardzacz Ren HY 97-1 (lepkość 20 mPa·s w 25°C, gęstość 0,95 g/cm³) dostarczone przez Huntsman Advanced Materials GmbH (Bazylea, Szwajcaria). Do produkcji niepalionych kompozytów jako wzmocnienie zastosowano tkaniny z włókien naturalnych, szklanych i syntetycznych oraz napełniacze proszkowe w różnych konfiguracjach.

METODYKA BADAŃ

Przygotowanie próbek do badań

Składniki żywicy epoksydowej (100 g żywicy i 30 g utwardzacza) mieszano mieszadłem mechanicznym pro-LAB 075 pod ciśnieniem niższym niż atmosferyczne. W metodzie worka próżniowego żywica epoksydowa była równomiernie rozprowadzona za pomocą pędzla i wałka, następnie przesycone tkaniny pokryto tkaniną delaminacyjną oraz oddychającą, a całość przykryto

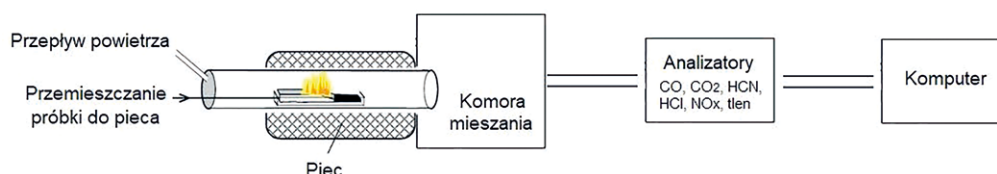
Tabela 1. Charakterystyczne parametry wybranych tkanin [5]

Włókna	Gęstość [g/cm ³]	Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Moduł Younga [GPa]
Szklane	2,49–2,7	2800–3600	70–96
Węglowe	1,5–1,9	900–4500	40–460
Poliamidowe	1,39–1,45	700–3620	17–129,4
Bazaltowe	2,75	3840	89
Naturalne	0,7–1,54	442–2000	17–70

Tabela 2. Poglądowe zestawienie składu kompozytów hybrydowych

Kompozyt	Włókno naturalne 1	Włókno szklane	Włókno syntetyczne 1	Włókno syntetyczne 2	Włókno naturalne 2	Napełniacz mineralny	Napełniacz naturalny	Napełniacz szklany
K-1	X	X	X	X	X	X	X	X
K-2	X		X	X	X	X	X	X
K-3	X	X	X	X	X	X	X	
K-4	X	X	X	X	X			
K-5		X						

Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego zastosowanego do określania substancji emitowanych podczas spalania kompozytów hybrydowych



polimerowym workiem próżniowym, którego brzegi uszczelniono taśmą celem odessania nadmiaru żywicy. Próbkę trzymano pod próżnią aż do całkowitego zakończenia polimeryzacji. Po procesie formowania laminaty utwardzono w temperaturze pokojowej przez 4 dni i dotwardzono w temp. 70°C przez 3 h. Na koniec próbki kompozytów zostały precyzyjnie wycięte w celu przeprowadzenia pomiarów. Próbki opisano jako K-1, K-2, K-3, K-4 i K-5, a składy ich zbrojenia przedstawiono w tabeli 2. Badane próbki charakteryzowały się grubością 3,3–4,1 mm,

Analiza mikrostruktury

Przekroje poprzeczne otrzymanych kompozytów badano za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego o ultrawysokiej rozdzielczości SU8010 (Hitachi, Japonia). Aby poprawić przewodnictwo, materiał pokryto złotem za pomocą napylarki Quorum Technologies Q150T ES. Obserwacje prowadzono przy napięciu przyspieszającym 10 kV, powiększeniu $\times 100$ i największej możliwej odległości roboczej, zwykle $WD > 30$ mm, aby zmaksymalizować głębię pola i zminimalizować zniekształcenia obrazu. Każda próbka była odpowiednio zorientowana i obserwowana od góry do dołu. Dla każdej próbki częściowo nakładające się obrazy zostały zszyte razem za pomocą wtyczek Grid/Collection Stitching dostępnych w pakiecie open-source do przetwarzania obrazu Fiji Suite [6]. Liczba zdjęć zależała od wysokości próbki kompozytu, zazwyczaj 8–10.

Badanie palności i emisji dymu

Parametry pożarowe oznaczono w kalorymetrze stożkowym firmy Fire Testing Technology [11, 12]. W trakcie pomiarów próbki o wymiarach 100×100 mm poddawano działaniu zewnętrznego strumienia promieniowania cieplnego o gęstości 35 kW/m² symulującego ekspozycję cieplną I fazy rozwoju pożaru. Wykonano po co najmniej 3 pomiary dla każdego materiału.

Maksymalna gęstość optyczna dymu (Ds) została określona za pomocą komory do badań dymotwórczości firmy Fire Testing Technology [13]. Do badań wykorzystano płaskie próbki o wymiarach 75×75 mm, na które działał promiennik ciepła o promieniowaniu 25 kW/m², powodując ich termiczny rozkład, czego konsekwencją było wydzielanie dymów. Wykonano po co najmniej 3 pomiary dla każdego rodzaju materiału.

W celu określenia substancji emitowanych podczas spalania wybranych materiałów, zastosowano stanowisko badawcze składające się z pieca rurowego (tzw. pieca Pursera) oraz analizatora gazów (Gaset DX-4000), działającego na zasadzie spektrofotometrii w podczerwieni (FT-IR). Badania przeprowa-

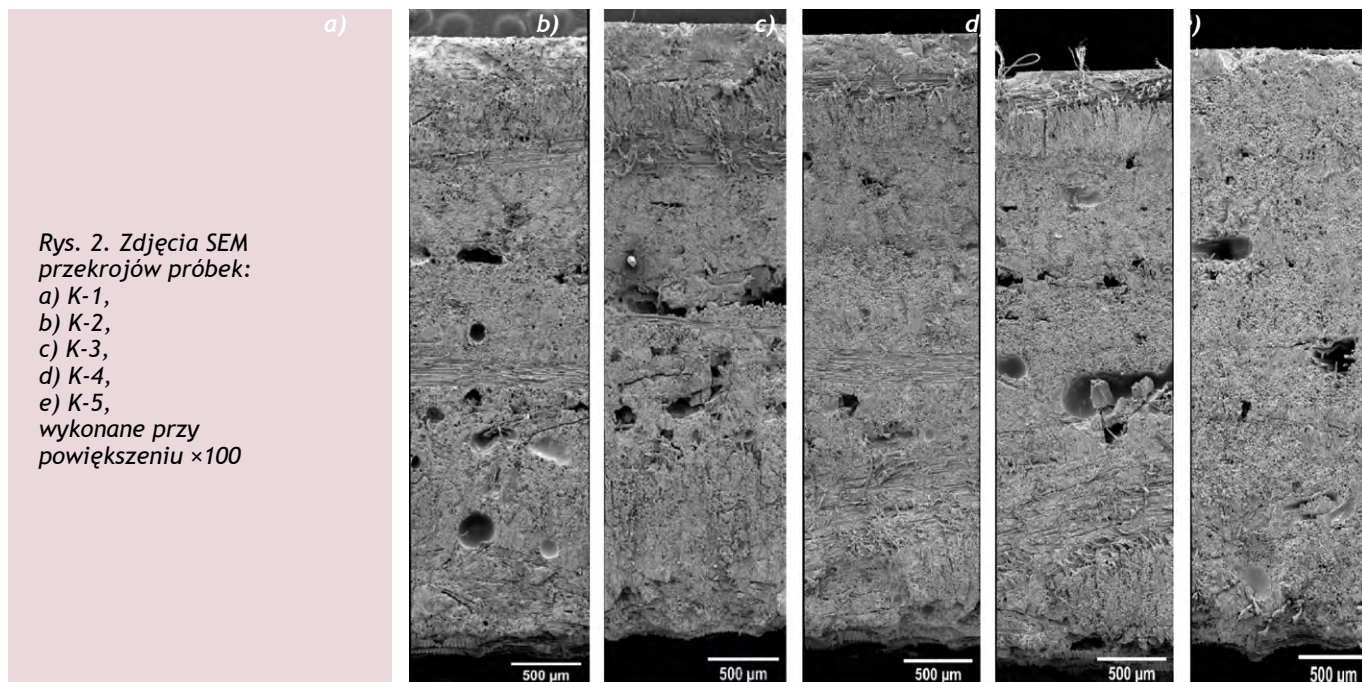
dzono w warunkach odzwierciedlających spalanie płomieniowe przy dobrej wentylacji, charakteryzujące pierwszą fazę rozwoju pożaru. Próbki wybranych materiałów o masie 20 g umieszczano w łódeczkach kwarcowych i wprowadzano do strefy grzejnej pieca (rys. 1). Temperatura pieca wynosiła 650°C. Pomiary prowadzono przy stałym podstawowym natężeniu przepływu powietrza 15 L/min, zachowując całkowity przepływ powietrza 50 L/min [14]. Próbki gazów i dymów zawierające produkty termicznego spalania pobierano bezpośrednio z komory mieszania pieca przy wykorzystaniu sondy i poddawano analizie za pomocą analizatora gazów Gaset. W czasie badań określano stężenia: tlenku węgla (CO, ppm), tlenku azotu(II) (NO, ppm), tlenku azotu(IV) (NO₂, ppm), cyjanowodoru (HCN, ppm), amoniaku (NH₃, ppm) oraz formaldehydu (HCHO, ppm). Dodatkowo zastosowana aparatura badawcza umożliwiła zarejestrowanie stężenia węglowodorów: metanu (CH₄, ppm), etanu (C₂H₆, ppm), etylenu (C₂H₄, ppm), propanu (C₃H₈, ppm) oraz heksanu (C₆H₁₄, ppm). Ilości poszczególnych substancji monitorowane były przez cały czas trwania pomiarów.

Badania antywandalowe

Odporność materiałów kompozytowych na przecięcie w wyniku uderzenia ostrzem noża zbadano zgodnie z normą [15] w Pracowni Ochron Rąk i Nóg Zakładu Ochron Osobistych CIOP-PIB. Próbkę do badań stanowił materiał o wymiarach 120×120 mm. W celu wykonania badania zmodyfikowano stanowisko badawcze w zakresie zwiększenia energii uderzenia. Do wykonania badania zamocowano stalowy obciążnik o masie 1 kg, uzyskując masę bijaka równą 2 kg. Elektromechaniczny mechanizm zwalnający ustawiono na wysokości 580 mm. Po zwolnieniu mechanizmu elektromechanicznego uzyskiwano energię uderzenia równą 11,3 J. Dla próbki wykonano 3 pomiary.

Odporność na płomień zbadano zgodnie z normą [16]. Próbkę do badań stanowił materiał o wymiarach 70×70 mm. Badanie rozpoczynano od zapalenia palnika i rozgrzewania go przez 2 min. Nastawiono wysokość płomienia na 35±2 mm. Próbkę zamocowano w odległości 25±1 mm od palnika. Pomiedzy badaną powierzchnią próbki a poziomą podstawą ustawiono kąt 45±5°. Następnie na 60 s przykładano płomień do próbki i obserwowano zachowanie się wyrobu. Dla próbki wykonano 3 pomiary.

Odporność na przecięcie ostrymi przedmiotami wykonywano zgodnie z normą [17]. Próbkę do badań stanowił materiał o wymiarach 100×70 mm, wygięty wzdłuż krótszego boku (wygięcie o promieniu R = 38 mm). W celu wykonania badania na uchwyt-



Rys. 2. Zdjęcia SEM przekrojów próbek:
a) K-1,
b) K-2,
c) K-3,
d) K-4,
e) K-5,
wykonane przy powiększeniu $\times 100$

cie próbki umieszczano materiał neoprenowy, zakładano ostrze i ustawiano uchwyt ostrza i uchwyt próbki w pozycji wyjściowej do badania cięcia. Wykonywano cięcie, przykładając siłę równą 5 N. Następnie na uchwycie próbki umieszczano właściwy materiał i wykonywano cięcie o długości 65 mm (maksymalna wartość) z przykładaną siłą cięcia równą 250 N. Dla próbki wykonano 5 pomiarów.

Odporność materiałów kompozytowych na uderzenie zbadano zgodnie z normą [18]. Próbkę do badań stanowił materiał o wymiarach 100×100 mm. W celu wykonania badania przygotowano walce z modeliny o średnicy 25 ± 2 mm i wysokości 40 ± 2 mm. Przygotowany walec umieszczano pod centralną częścią próbki. Następnie zamocowywano właściwy bijak na wysokości 50 cm od próbki i spuszczano bijak, który wykazywał energię uderzenia równą 100 J. Do badania wykorzystano bijaki: (I) w kształcie czaszy o promieniu ok. 25 mm, (II) w kształcie półwałka o promieniu ok. 10 mm oraz (III) w kształcie klina (kąt = 90°) o promieniu ok. 3 mm. Dla próbki wykonano 5 pomiarów.

WYNIKI BADAŃ

Przedstawione wyniki badań odnoszą się do zmian zbrojenia w osnowie polimerowej i jego wpływu na wybrane właściwości.

Wyniki analizy mikrostruktury

Obrazy SEM przekrojów przeciętych próbek przedstawiono na rys. 2. Różnice w wyglądzie i różne kierunki ułożenia tkanin pozwoliły rozróżnić poszczególne warstwy. Na obrazach widoczne są znaczne puste przestrzenie związane z obecnością napełniaczy proszkowych. Zastosowany proces mieszania spowodował utratę struktury szklanego napełniacza proszkowego. Na zdjęciach widoczne są skupiska powstałe w wyniku aglomeracji napełniacza proszkowego.

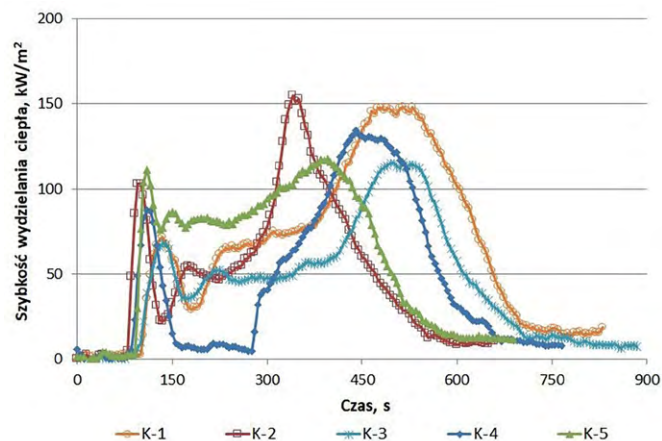
Wyniki badań palności i emisji dymu

Parametry pożarowe wyznaczone podczas badania w kalorymetrze stożkowym przedstawiono w tabeli 3. Palności wytworzonych kompozytów różniły się w zależności od rodzaju zastosowanego napełniacza. Czas do zapłonu TTI (*time to ignition*) zmieniał się w zależności od zastosowanego zbrojenia. Najdłuższy czas TTI zaobserwowano dla kompozytu K-1, charakteryzującego się obecnością wszystkich elementów zbrojenia. Dla kompozytu K-3 bez szklanego napełniacza w postaci proszku

obserwowano najniższą wartość TTI i najdłuższy czas zgaszenia TTF (*time to flameout*). Najkrótszym czasem palenia charakteryzowały się kompozyty K-2 (bez tkaniny szklanej) i K-5 (wyłącznie z tkaniną szklaną). W przypadku kompozytu K-5 był to efekt kilku warstw tkaniny z włókna szklanego, które ma wysoką odporność termiczną [19]. Z kolei w przypadku kompozytu K-2 zastosowane napełniacze proszkowe, które mają wysoką odporność termiczną, pod wpływem zewnętrznego strumienia ciepła mogą uwalniać wodę sorpcyjną obecną w napełniaczu mineralnym [6].

Parametrem kluczowym w przypadku oceny zagrożenia pożarowego stwarzanego przez materiały jest szybkość wydzielenia ciepła. Maksymalny pik szybkości wydzielenia ciepła pHRR (*peak of heat release rate*) był najniższy dla kompozytu K-3 i porównywalny z kompozytem K-5. Na rys. 3 zestawiono reprezentatywne krzywe szybkości wydzielenia ciepła dla kompozytów hybrydowych z tej serii. W przedziale czasu 150–300 s następował spadek i wypłaszczenie krzywej, tzw. plateau. Prawdopodobnie był to wynik rozkładu poszczególnych elementów zbrojenia i tworzenia się warstwy zwęglonej, czego efektem było zmniejszenie szybkości wydzielenia ciepła [7].

O rozwoju pożaru w warunkach pełnej skali informuje parametr maksymalnego średniego współczynnika emisji ciepła MARHE (*maximum average rate of heat emission*). Najniższą warto-



Rys. 3. Przykładowe krzywe szybkości wydzielenia ciepła uzyskane podczas badania przeprowadzonego z wykorzystaniem kalorymetru stożkowego dla kompozytów hybrydowych

Tabela 3. Parametry pożarowe badanych kompozytów hybrydowych (w nawiasach zamieszczono odchylenie standardowe)

Kompozyt	TTI [s]	TTF [s]	pHRR [kW/s]	MARHE [kW/m ²]	THR [MJ/m ²]	SEA [m ² /kg]	TSR [m ² /kg]
K-1	108 (4)	640 (8)	162 (19)	87 (1)	52 (1)	578 (50)	1585 (48)
K-2	84 (3)	547 (7)	164 (13)	62 (5)	34 (1)	279 (35)	1072 (94)
K-3	79 (0)	873 (10)	115 (1)	54 (1)	41 (3)	248 (36)	644 (56)
K-4	84 (2)	667 (60)	146 (17)	56 (1)	38 (3)	337 (34)	629 (19)
K-5	92 (3)	557 (6)	117 (4)	75 (4)	40 (1)	247 (23)	554 (37)

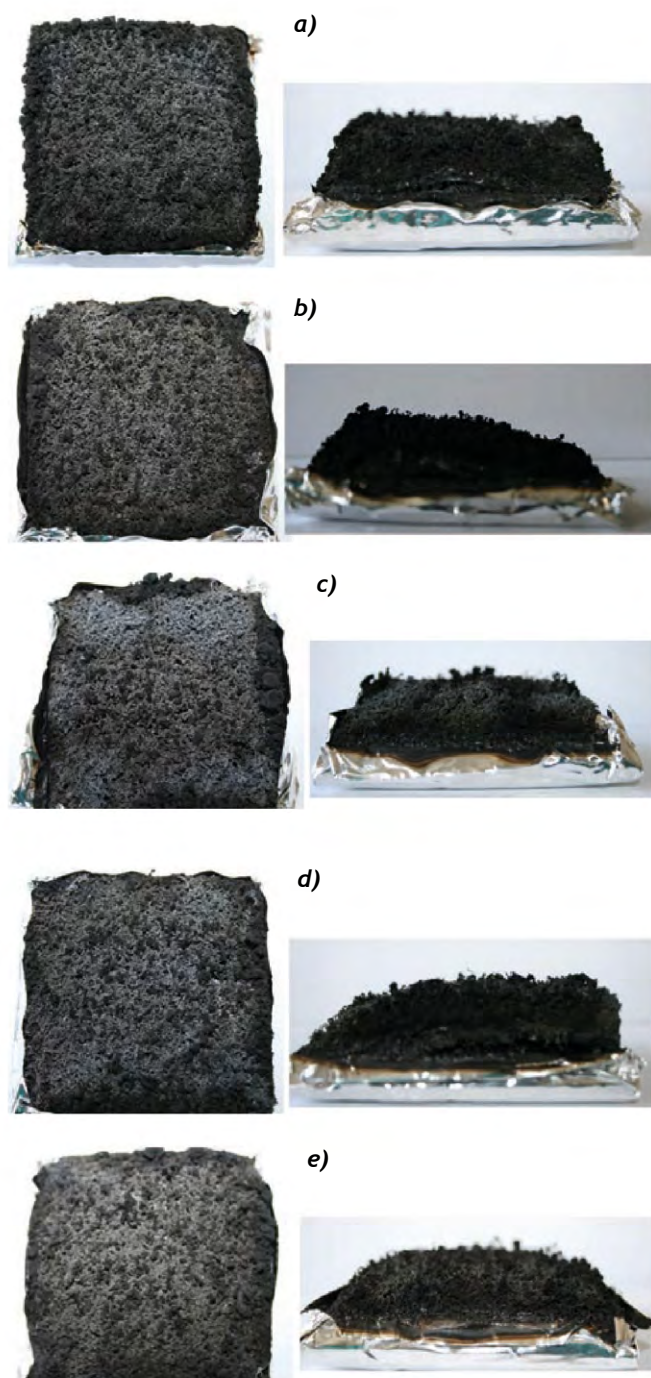
ścią MARHE, świadcząca o najmniejszej emisji ciepła podczas spalania [20], charakteryzowały się kompozyty K-3 i K-4, gdzie kompozyt K-4 nie zawierał dodatku napelniaczy proszkowych. Najniższą wartość całkowitego wydzielonego ciepła THR (*total*

heat release) uzyskano dla kompozytu K-2 (tabela 3). Kompozyty K-2–K-5 charakteryzowały się mniejszymi wartościami THR w porównaniu z K-1, który zawierał wszystkie elementy zbrojenia.

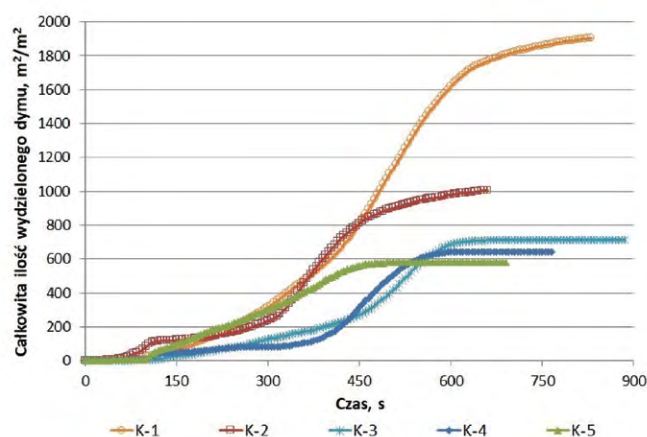
Na rys. 4 przedstawiono zdjęcia próbek kompozytów hybrydowych po badaniu w kalorymetrze stożkowym, na których można zaobserwować pojawienie się zwęglonej warstwy na powierzchni wytworzonych kompozytów, która korzystnie wpływa na ograniczenie wydzielania ciepła i emisję dymów. Na podstawie badań wykonanych za pomocą kalorymetru stożkowego zbadano emisję dymu poprzez określenie powierzchni ekstynkcji właściwej SEA (*specific extinction area*) oraz całkowitej ilości wydzielonego dymu TSR (*total smoke release*) (tabela 3). W przypadku SEA uzyskane wartości były najmniejsze dla kompozytów K-3, K-5 i K-2. W składzie dwóch pierwszych obecna była tkanina szklana, a w ostatnim kompozycie zastąpiono ją szklanym napelniaczem proszkowym. Całkowita ilość wydzielonego dymu była największa dla kompozytu K-1 składającego się ze wszystkich elementów zbrojenia (tabela 3, rys. 5), a najniższa okazała się być dla kompozytu K-5 z tkaniną szklaną.

Na rys. 6a i b zestawiono krzywe wydzielania się tlenu i dwutlenku węgla podczas badania w kalorymetrze stożkowym. W 10. min badania obserwowano zarówno pik pochodzący od CO, jak i od CO₂ dla kompozytów K-2 i K-5, w przypadku kompozytu K-4 widoczne są piki w 11.–12. min trwania pomiaru.

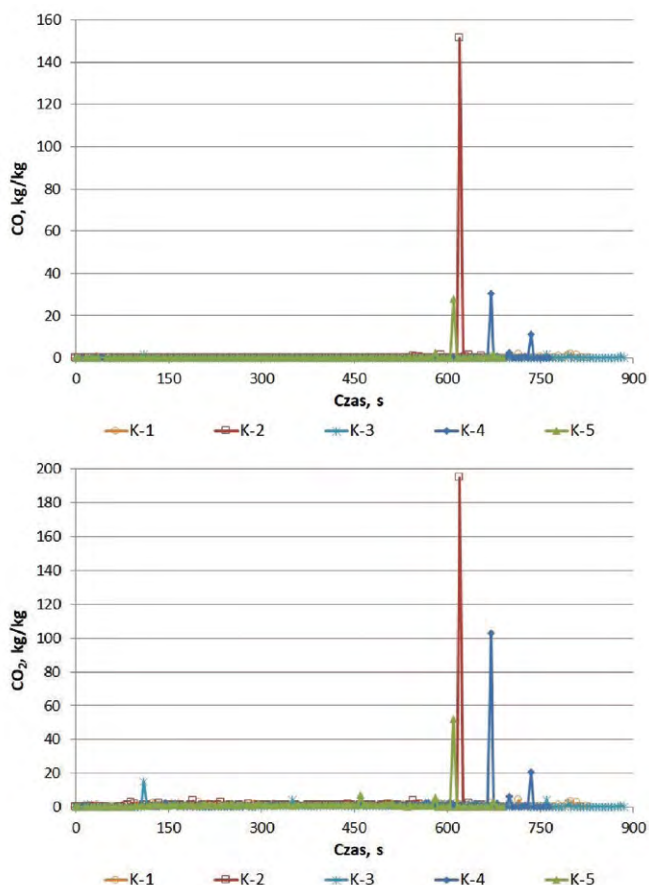
W tabeli 4 zamieszczono uzyskane podczas badania emisji dymu za pomocą komory do badania dymotwórczości wartości takich parametrów, jak maksymalna gęstość optyczna dymu (Ds), emisja dymu w ciągu pierwszych 4 min trwania testu (VOF4) oraz ubytek masy podczas pomiaru. Najmniejszą wartością parametru Ds oraz VOF4 charakteryzował się kompozyt K-4 zbrojony tylko tkaninami, a największą wartością tych parametrów charakteryzował się kompozyt K-5, wytworzony z tkaniny szklanej. Charakteryzował się on również największą utratą



Rys. 4. Zdjęcia próbek po badaniu w kalorymetrze stożkowym: a) K-1, b) K-2, c) K-3, d) K-4, e) K-5



Rys. 5. Przykładowe krzywe całkowitej ilości wydzielanych dymów podczas badania przeprowadzonego z wykorzystaniem kalorymetru stożkowego dla kompozytów hybrydowych



Rys. 6. Przykładowe krzywe wydzielania się a) CO i b) CO₂ podczas badania przeprowadzonego z wykorzystaniem kalorymetru stożkowego dla kompozytów hybrydowych

masy podczas badania. Zastosowanie różnych rodzajów tkanin oraz napełniaczy proszkowych korzystnie wpłynęło na zmniejszenie się emisji dymów.

Materiały kompozytowe poddano spalaniu w warunkach dobrej wentylacji w celu określenia substancji duszących i drażniących emitowanych w trakcie tego procesu. W tabeli 5 zestawiono ilości gazów duszących i drażniących obecnych w mieszaninie emitowanych gazów i dymów. Porównując ilości tlenu węgla (CO) emitowane podczas spalania kompozytów, stwierdzono, że najmniejszą jego ilość wykryto podczas rozkładu materiału K-5. Kompozyty hybrydowe charakteryzowały się ponad dwukrotnie większą ilością wydzielanego tlenu węgla niż kompozyt K-5, ale mniejszą ilością wydzielanych związków azotu (N₂O, NO₂ i NH₃). Pozostałe emitowane gazy (tabela 5) wydzielają się w większej ilości niż podczas spalania kompozytu z włóknem szklanym K-5. Ilość węglowodorów obecnych w mieszaninie emitowanych gazów i dymów była większa dla kompozytów hybrydowych (tabela 6).

Tabela 5. Zestawienie ilości substancji emitowanych podczas spalania badanych kompozytów hybrydowych

Kompozyt	Emitowane gazy, ppm									
	CO	N ₂ O	NO	NO ₂	SO ₂	NH ₃	HCl	CHOH	HCN	CO ₂
K-1	234114	2368	3424	3	3249	4	120	507	12324	70
K-2	364338	2475	4688	40	4439	19	8	1178	20508	67
K-3	200963	1682	3275	17	2989	6	63	859	10924	50
K-4	198106	2467	2555	5	2753	30	9	1428	8415	55
K-5	79887	2837	1433	23	1726	50	13	255	4392	64

Tabela 4. Wyniki z komory dymotwórczej badanych kompozytów hybrydowych (w nawiasach zamieszczono odchylenie standardowe)

Kompozyt	D _s	VOF4	Ubytek masy [%]
K-1	82 (6)	66 (7)	4 (1)
K-2	75 (1)	92 (10)	7 (0)
K-3	73 (0)	76 (6)	4 (0)
K-4	46 (5)	46 (2)	7 (0)
K-5	196 (5)	144 (13)	10 (1)

Tabela 6. Zestawienie ilości węglowodorów emitowanych podczas spalania badanych kompozytów hybrydowych

Kompozyt	Węglowodory, ppm				
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₆ H ₁₄
K-1	5167	912	2442	1	22
K-2	11283	2677	6357	0,6	42
K-3	4584	1085	2360	0,3	46
K-4	2955	1298	2412	0	37
K-5	500	139	514	0,3	15

Charakter wydzielanych gazów zależał od składu zastosowanego zbrojenia w badanych kompozytach.

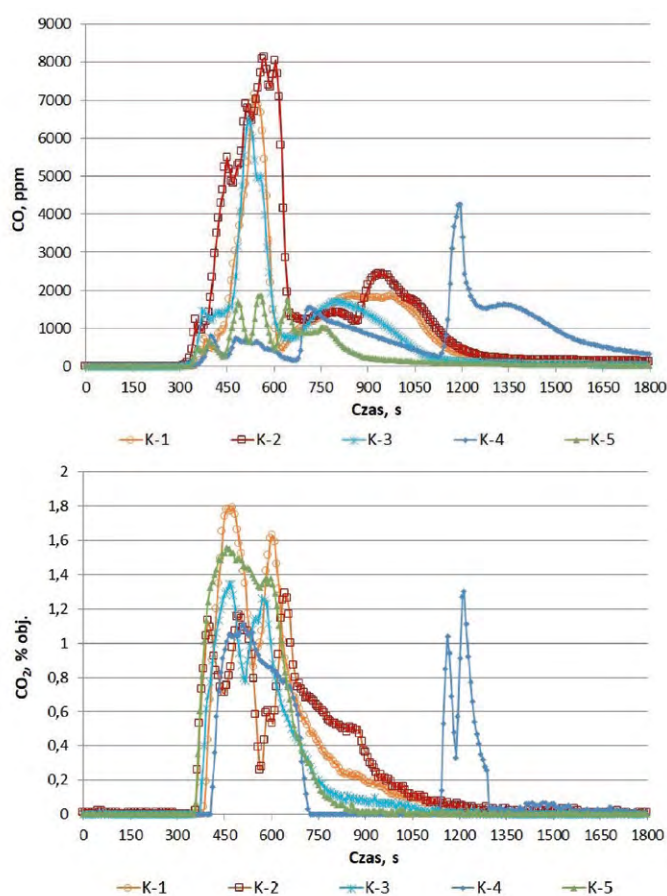
Wyniki zawartości CO i CO₂ zestawiono również w formie graficznej na rys. 7, aby pokazać przebieg wydzielania się gazów i porównać z wynikami uzyskanymi podczas badania za pomocą kalorymetru stożkowego. Podobnie jak to miało miejsce w przypadku badań za pomocą kalorymetru stożkowego (rys. 6), także tutaj emisja tlenu i ditlenku węgla miała swoje maksima w ok. 10. min trwania pomiaru. Jednak inne warunki prowadzenia pomiaru prowadziły do emisji gazów już w czasie ok. 5–6 min trwania pomiaru (rys. 7).

Wyniki badań antywandalowych

Kompozyty hybrydowe zbadano pod kątem ich odporności mechanicznej, w tym na uderzenia, przecięcie lub przekłucie nożem ręcznym oraz odporności na płomień. Wyniki badania odporności na przecięcie kompozytów hybrydowych spowodowane uderzeniem ostrza noża przedstawiono w tabeli 7. Zaobserwowano, że najmniejszą głębokością przebicia charakteryzował się kompozyt K-5, który był kompozytem zbrojonym włóknem szklanym.

Tabela 7. Wyniki badań antywandalowych badanych kompozytów hybrydowych (w nawiasach zamieszczono odchylenie standardowe)

Kompozyt	Średnia głębokość przekucia	Odporność na płomień		Średnia długość cięcia próbki	Średnia wysokość walca po uderzeniu		
		przed	po		klin	półwałek	czasza
	mm	°C		mm	mm	mm	mm
K-1	15,3 (0,3)	24,8 (0,5)	99,5 (2,1)	15,7 (1,4)	6,5 (0,4)	5,4 (0,2)	5,7 (0,3)
K-2	24,0 (0,5)	24,9 (0,4)	130,8 (1,0)	13,4 (0,4)	4,8 (0,2)	6,4 (0,2)	6,4 (0,2)
K-3	16,6 (0,8)	25,0 (0,5)	115,0 (0,8)	12,8 (0,5)	3,8 (0,3)	4,7 (0,3)	4,4 (0,4)
K-4	20,3 (0,3)	25,0 (0,5)	132,5 (3,0)	14,3 (0,8)	7,0 (0,3)	5,7 (0,3)	6,3 (0,4)
K-5	13,2 (0,6)	25,3 (0,4)	120,9 (1,5)	13,4 (0,6)	4,6 (0,4)	6,1 (0,4)	6,1 (0,4)

Rys. 7. Przykładowe krzywe wydzielania się a) CO i b) CO₂ podczas badania przeprowadzonego z wykorzystaniem pieca Pursera dla kompozytów hybrydowych

Z kolei największymi uszkodzeniami charakteryzował się kompozyt K-2 z dodatkiem szklanego napełniacza w postaci proszku. Dodatkowo zaobserwowano korelację pomiędzy grubością kompozytu a średnią głębokością przebiccia, co było wynikiem zastosowania różnych surowców. Wraz ze wzrostem grubości materiału zmniejszała się głębokość przebiccia kompozytu.

Najkrótsze cięcia po badaniu odporności na przecięcie ostrymi przedmiotami zaobserwowano dla kompozytu K-3, a najdłuższe dla kompozytu K-1. Różniły się one zastosowanymi napeł-

niaczami proszkowymi. Krótsze cięcia na powierzchni materiału wskazuje na jego twardszą powierzchnię.

Badanie odporności na płomień wykazało wzrost temperatury warstwy kompozytowej wystawionej na działanie płomienia (tabela 7). Najniższą temperaturą charakteryzował się kompozyt K-1, składający się ze wszystkich elementów zbrojenia.

Na podstawie wyników pomiaru wysokości gumowego cylindra pod uszkodzoną próbką po uderzeniu (tabela 7) stwierdzono, że zastosowanie różnych kształtów bijaka zmieniało wytrzymałość badanych kompozytów. Jedynie w przypadku kompozytów K-2 i K-5 kształt półwałka i czaszy nie wpłynęły na zmianę wysokości gumowego cylindra. Kompozyt K-3, który nie zawierał dodatku szklanego napełniacza w postaci proszku jako zbrojenia, charakteryzował się najmniejszą odpornością na uderzenie ubijaka o trzech różnych kształtach.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że obecność różnego rodzaju zbrojenia oraz jego modyfikacji ma wyraźny wpływ na właściwości wytworzonych kompozytów hybrydowych.

Badania wykazały, że kompozyty hybrydowe charakteryzowały się lepszymi właściwościami palnymi oraz zmniejszeniem ilości wytworzonych dymów niż kompozyt zbrojony włóknem szklanym. Obecność różnego rodzaju zbrojenia wpłynęła niekorzystnie na emitowane podczas spalania związki obecne w dymach. W przypadku badania odporności na akty wandalizmu kompozyt zbrojony włóknem szklanym wykazywał największą odporność na uderzenia noża. Z kolei rezygnacja ze szklanego napełniacza w postaci proszku jako zbrojenia przyczyniła się do zwiększenia odporności na uderzenie bijaka oraz twardości powierzchni kompozytu. Najniższą temperaturą powierzchni po wystawieniu na działanie płomienia charakteryzował się kompozyt składający się ze wszystkich elementów zbrojenia.

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Projekt nr III. PB.03 pt. Opracowanie kompozytów hybrydowych modyfikowanych napełniaczami nieorganicznymi i roślinnymi o obniżonej palności i emisji dymu oraz wysokiej odporności na akty wandalizmu do zastosowań w pojazdach transportu publicznego. Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

- [1] N. Saba, M. Jawaid, O.Y. Allothman, M. Paridah, A. Hassan, J. Reinf. Plast. Compos. 2016, 35, 447.
- [2] T. Sivasankaraiyah, B.R. Lokavarapu, J. Venkata Rajesh, Mater. Today Proc. 2021, 38, 3320.
- [3] Q. Wu, R. Zhao, Q. Ma, J. Zhu, Compos. Sci. Technol. 2018, 163, 34.
- [4] K. Sałasińska, P. Cabulis, M. Kirpluks, A. Kovalovs, P. Kozikowski, M. Barczewski, M. Celiński, K. Mizera, M. Gałęcka, E. Skukis, K. Kalins, U. Cabulis, A. Boczkowska, Materials 2022, 15, 301.
- [5] S. Beer Mohamed, S. Anandhavasani, S. Basheer Ahamed, R. Ajaharish, B. Barathraj, R. Hariprakash, M. Ravichandran, C. Kaviarasu, Mater. Today Proc. 2022, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.239>.
- [6] K. Sałasińska, M. Kirpluks, P. Cabulis, A. Kovalovs, E. Skukis, P. Kozikowski, M. Celiński, K. Mizera, M. Gałęcka, K. Kalins, U. Cabulis, Processes 2021, 9, 738.
- [7] K. Sałasińska, M. Barczewski, J. Aniśko, A. Hejna, M. Celiński, J. Compos. Sci. 2021, 5, 89.
- [8] P.A. Bolimowski, A. Boczkowska, J. Appl. Polym. Sci. 2019, 136, 46938.
- [9] M. Rodzewicz, P. Jaśkowski, A. Boczkowska, K.J. Kurzydłowski, Kompozyty 2004, 12, 414.
- [10] M. Karimian Bostani, M. Sadeghi, A. Aghai, Espacio Abierto Cuaderno Venezolano de Sociología 2017, 26, 49.
- [11] ISO 5660-1:2002, Reaction-to-fire tests. Heat release, smoke production and mass loss rate. Part 1. Heat release rate (cone calorimeter method).
- [12] ISO 5660-2:2002, Reaction-to-fire tests. Heat release, smoke production and mass loss rate. Part 2. Smoke production rate (dynamic measurement).
- [13] ISO 5659-2:2017, Plastics. Smoke generation. Part 2. Determination of optical density by a single-chamber test.
- [14] K. Sałasińska, M. Barczewski, M. Borucka, R.L. Górny, P. Kozikowski, M. Celiński, A. Gajek, Polymers 2019, 11, 1234.
- [15] PN-EN 1082-1:1999, Odzież ochronna. Rękawice i ochrony ramion chroniące przed przecięciami i ukłuciami nożami ręcznymi. Rękawice z plecionki pierścieni i ochrony ramion.
- [16] PN-EN ISO 15025:2017-02, Odzież ochronna. Ochrona przed płomieniem. Metoda badania ograniczonego rozprzestrzeniania płomienia.
- [17] PN-EN ISO 13997:2003, Odzież ochronna. Właściwości mechaniczne. Wyznaczanie odporności na przecięcie ostrymi przedmiotami.
- [18] PN-EN ISO 20344:2012, Środki ochrony indywidualnej. Metody badania obuwia.
- [19] Y. Ding, J.D. Swann, Q. Sun, S.I. Stoliarov, R.H. Kraemer, Composites Part B 2019, 176, 107263. [20] A. Shukla, V. Sharma, S. Basak, W. Ali, Cellulose 2019, 26, nr 6, 8191.
- [20] A. Shukla, V. Sharma, S. Basak, W. Ali, Cellulose 2019, 26, nr 6, 8191.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny” 2023, 102/1, s. 102-109.

dr inż. Kamila Mizera¹, Emilia Irzmańska¹, mgr Natalia Litwicka¹, Paweł Kozikowski¹, dr Kamila Sałasińska^{1,2}, Agnieszka Gajek¹

1 – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

2 – Politechnika Warszawska

Branżowe trendy w branży narzędziowej – Targi INNOFORM® w Bydgoszczy

Bydgoski Klaster Przemysłowy Dolina Narzędziowa oraz Targi w Krakowie zapraszają na 7. edycję Międzynarodowych Targów Kooperacyjnych Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego INNOFORM®, które w dniach 4-6 marca 2025 odbędą się w Bydgoskim Centrum Targowo-Wystawienniczym. Targi INNOFORM® to jedyne w Polsce targi adresowane do branży formierskiej o szerokim znaczeniu technicznym i edukacyjnym.

Organizatorzy od pierwszej edycji stawiają na kooperację - robocze spotkanie, podczas którego przedsiębiorcy zapoznają się z nowościami, które potem wdrożą w swoich zakładach, uzupełnią park maszynowy i nawiążą współpracę z podwykonawcami. W gronie wystawców zobaczymy producentów i dystrybutorów obrabiarek, narzędzi specjalnych i skrawających, form wtryskowych, specjalistycznego oprogramowania, firmy zajmujące się modelowaniem, wizualizacją i symulacją procesu wtryskiwania, automatyzacją i robotyzacją produkcji, recyklery oraz przetwórców tworzyw sztucznych. Od pierwszej edycji targom towarzyszy konferencja, podczas której naukowcy i praktycy poruszą tematykę związaną z przetwórstwem materiałów polimerowych. Spotkania B2B to integralna część bydgoskiego wydarzenia –



giełdę kooperacyjną poprowadzą specjaliści z Enterprise Europe Network przy Toruńskiej Agencji Rozwoju Regionalnego S.A.

Więcej na: <https://innoform.pl/>

kupzelkot.pl



WYTWÓRNIA ŻELKOTÓW
BAZYLiA II[®]
MATERIAŁY DO PRODUKCJI KOMPOZYTÓW

Żelkoty o niskiej zawartości styrenu Euromere

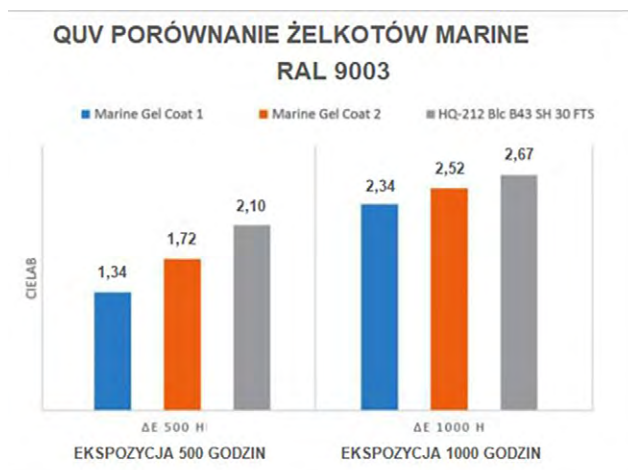
Firma EUROMERE, należąca do koncernu GAZECHIM GROUP, to znany wytwórca zaawansowanych produktów dla przemysłu kompozytowego. Jednym z nich jest żelkot o niskiej zawartości styrenu, charakteryzujący się obniżoną emisją lotnych związków organicznych, tzw. LZO (z ang. VOC), przy jednoczesnym podniesieniu parametrów fizykochemicznych, tj. odporności na promieniowanie UV.

Świadomość znaczenia produktów o niskiej zawartości styrenu i niskiej emisyjności legła u podstaw decyzji Euromere o stworzeniu produktu, który spełni te dwa parametry, a jednocześnie pozwoli na uzyskanie wysokiej jakości powłok produktów, gdzie estetyka i jakość są bardzo istotne. Tak powstał Eurogel HQ FTS. W opracowaniu odpowiedniej formuły produktu Euromere zaprosił do szerokich konsultacji producentów branży marine, basenowej oraz sanitarnej. Dzięki temu powstał produkt, który nie tylko spełnia wysokie standardy jakościowe, przewyższając typowe żelkoty NPG, ale jest również przyjazny pod kątem aplikacji dzięki ograniczeniu emisji LZO.

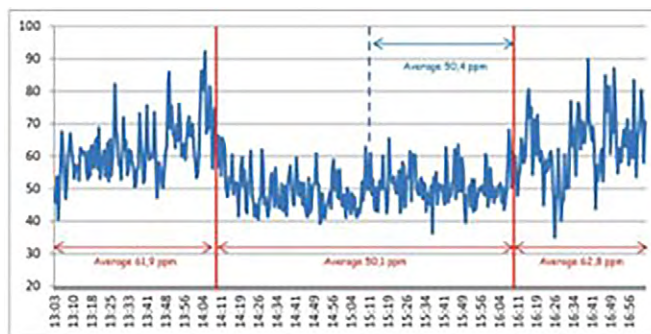
Produkty z serii HQ FTS oferują następujące korzyści:

- Doskonałą odporność na UV (rys. 1) uzyskaną dzięki zastosowaniu bazy izo-npg oraz najwyższej jakości bieli tytanowej.
- Wysoką kompatybilność z innymi produktami stosowanymi do wytwarzania wyrobów kompozytowych, między innymi dzięki użyciu wysokiej jakości pigmentów bez monomeru.
- Niską zawartość styrenu: poniżej 25%. W zależności od koloru żelkotu HQ FTS, zawartość styrenu oscyluje w zakresie od 25% do nawet 20%. Jest to znacząca redukcja w stosunku do standardowych żelkotów, gdzie zawartość styrenu waha się na poziomie: 32-35%.
- Redukcję emisji LZO o ponad 20%, co wpływa pozytywnie na warunki pracy i środowisko naturalne. Standardowe żelkoty podczas badania charakteryzowały się średnią emisją na poziomie ok 62ppm. W tych samych warunkach emisja przy aplikacji żelkotu HQ FTS wyniosła tylko 50,1 ppm (rys. 2).
- Podwyższoną odporność na ścieranie. Żelkot Euromere HQ FTS jest skomponowany z wysokiej jakości surowców oraz zawiera mniej monomeru. Dzięki temu cechuje się bardziej pełniejszą i bardziej równomierną polimeryzacją warstwy żelkotowej, co bezpośrednio wpływa na trwałość koloru i połysku.
- Doskonałą odporność na osmozę. HQ FTS może być stosowany w wyrobach mocno narażonych na działanie hydrolizy.
- Zmniejszenie kosztów zakupowych. Mniejsze zużycie żelkotu to niższe koszty zakupu materiału. W przypadku HQ FTS mniejsze zużycie jest nie tylko związane z siłą krycia, ale również z utratą masy na skutek parowania styrenu. W typowych produktach warstwa żelkotu podczas utwardzania traci ok 7-8% swojej masy. Dla HQ FTS ten parametr wynosi 1,0- 1,5%. To do 8 razy mniejsze straty żelkotu! Dzięki temu producent może zmniejszyć grubość nakładanej warstwy bez szkody dla właściwości produktu.
- Obniżenie opłat za emisję LZO do środowiska, ponieważ mniejsza emisja LZO do otoczenia to mniejsze opłaty emisyjne oraz ograniczenie ryzyka przekroczenia wartości NDS i NDSch na stanowiskach pracy.

Coraz ostrzejsze normy związane z ochroną środowiska wymagają na europejskich producentach szukanie rozwiązań bar-



Rys. 1. Wykres przedstawia wynik testów starzeniowych dla konkurencyjnych żelkotów dedykowanych do produkcji HQ FTS po 1000-godzinnej ekspozycji na promieniowanie UV



Rys. 2. Wykres wyników pomiaru LZO na stanowisku malarzkim. Przy standardowym żelkocie (o zawartości 32-35% styrenu) średnia wartość emisji na poziomie 61,9 ppm, przy żelkocie FTS (o zawartości 20- 25% styrenu) średnia wartość emisji wyniosła 50,1 ppm

dziej przyjaznych naszej planecie. Żelkot Euromere HQ FTS nie tylko spełnia te normy, ale pozwala również uzyskać przewagę konkurencyjną nad innymi produktami obecnymi na rynku. Żelkot HQ FTS ze swoimi zaletami stanowi ciekawą alternatywę na rynku materiałów kompozytowych a zarazem remedium na bólaczki wytwórców poliestrowych kompozytów.

POLYTOR

**GRUPE
GAZECHIM
COMPOSITES**

<https://polytor.pl/>

GRM Systems
ul. T. Regera 77
Bielsko-Biała
biuro@grm-systems.pl
608 569 902
608 569 903



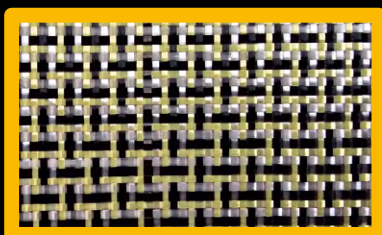
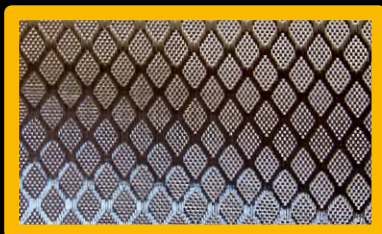
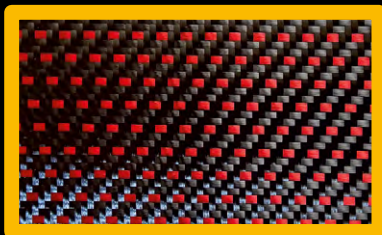
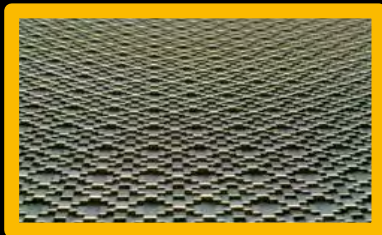
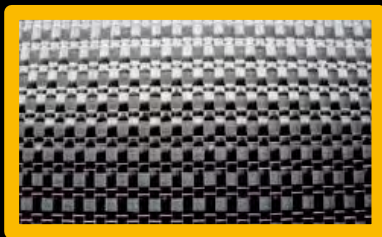
grm
SYSTEMS

Więcej niż kompozyty

Wyłączny dystrybutor w Polsce



selcom[®]
Multiaxial Technology



- prepregi
- tkaniny
- tkaniny multiaxialne
- tkaniny DYNANOTEX
- materiały pomocnicze
- akcesoria do vaccum i infuzji

Ponadto:



- żywice epoksydowe GRM
- piany PVC, PMI i PET
- wypełniacze honeycomb
- nożyczki ROBUSO
- noże OLFA

www.grm-systems.pl

Autoklaw dla Ciebie!!!



W tym roku nasza firma CMS Polska Sp. z o.o. podjęła współpracę z firmą Italmatic Group - producentem autoklawów. Dzięki temu, oprócz centrów do obróbki kompozytów, będziemy mogli zaproponować obecnym i przyszłym klientom najnowsze rozwiązania do produkcji kompozytów

Italmatic jest wiodącym producentem autoklawów mających zastosowanie głównie w przemyśle kompozytowym i szklanym.

Ciągłe badania i rozwój we współpracy z najbardziej prestiżowymi uczelniami europejskimi oraz rozwiązania z wykorzystaniem najlepszych i najnowocześniejszych technologii umożliwiły osiągnięcie standardu jakości i wydajności pozwalającego na zaspokojenie potrzeb każdego klienta.

Autoklawy ITALMATIC wyróżniają się szeregiem innowacji technicznych, które pozwalają na osiągnięcie najwyższych standardów jakości przy niższych kosztach eksploatacji.

WYSOKIE KOSZTY ENERGII?

OTO DLACZEGO POWINIENES KUPIĆ AUTOKLAW Z ITALMATIC!

ITALMATIC opracował system odzyskiwania energii REPower, który pozwala na odzyskiwanie energii cieplnej w trakcie chłodzenia. Energia może być przechowywana do późniejszego, ponownego wykorzystania w kolejnym cyklu produkcyjnym.



System pozwala na:

- zaoszczędzenie do 50% potrzebnej energii cieplnej dla fazy grzewczej następnego cyklu.
- zaoszczędzenie ponad 70% energii elektrycznej potrzebnej do zasilania.
- krótszą fazę chłodzenia.
- zmniejszenie ogólnego kosztu cyklu.
- zmniejszenie śladu węglowego.
- łatwiejsze pozyskanie funduszy unijnych.
- doposażenie istniejących instalacji Italmatic w system odzysku energii REPower.
- chłodzenie w obiegu zamkniętym, niewymagającym uzupełnienia wodą lub dodatkami chemicznymi.

System posiada zintegrowane i dedykowane oprogramowanie do zarządzania i nadzoru procesu, mierząc poziom oszczędności energii w czasie rzeczywistym. Jest zgodny z normami planu **REPowerEU** oraz z ideą **Przemysłu 5.0**, czyli z europejską koncepcją piątej rewolucji przemysłowej.

JAKI AUTOKLAW WYBRAĆ?

Italmatic produkuje w szczególności dla lotnictwa, automotive, przemysłu zbrojeniowego i stoczniowego w oparciu o najsurowsze europejskie i amerykańskie normy produkcji, zapewniając jednolitość termiczną zgodnie z AMS2750E i certyfikację sprzętu zgodnie z zasadami NADCAP.

Możliwość ITALMATIC:

- standardowa średnica autoklawu od 1050 mm do 6000 mm.
- długość autoklawu od 1000 mm do 40 000 mm.
- ciśnienie robocze w autoklawie do 40 barów za pomocą sprężonego powietrza lub azotu.
- temperatura pracy w autoklawie do 450°C.

System kontroli i sterowania to jedna z podstawowych części tzw. instalacji. System został przeanalizowany i opracowany dla każdego sektora. Sterowanie maszyną jest oparta na oprogramowaniu, które zarządza wszystkimi sygnałami wejściowymi i wyjściowymi. System sterowania zapewnia kompletny nadzór i zarządzanie całością funkcji. Zgodnie z zastosowaniem, oprogramowanie pozwala zarządzać i przechowywać programy cykli produkcyjnych, wizualizować i zmieniać dane procesowe nawet trwającego cyklu. Możliwa jest również rejestracja wszystkich niezbędnych danych do powtarzania cykli, na ich weryfikację i ewentualne usprawnianie.

DUŻY, CZY MAŁY? NIE KUPUJESZ AUTOKLAWU, BO ZA DUŻY? ZOBACZ, CO MAMY DLA CIEBIE!

ITALMATIC z powodzeniem od wielu lat produkuje mini autoklawy do produkcji części o maks. wymiarach 800 x 1000 mm, idealne i wszechstronne do zastosowania w laboratoriach B+R oraz w mniejszej produkcji.

Główne zalety:

- urządzenie „plug and play” gotowe do użycia w każdym miejscu,
- urządzenie wyposażone w wysuwaną szufladę do załadunku i rozładunku,
- zintegrowany system próżniowy z monitorowaniem i rejestracją poszczególnych linii,
- przyłącze wlotowe dla sprężonego powietrza (maks. 10 barów),
- zintegrowany układ chłodzenia sprężonym powietrzem (opcja agregat chłodniczy),
- tłumik zapewniający niski poziom hałasu,
- niskie zużycie energii (modułowane ogrzewanie przez tyrystory i zmienną prędkość turbiny, aby zaoszczędzić energię i uzyskać niskie koszty eksploatacji),
- połączenie Ethernet z siecią firmową klienta,
- monitoring, pobieranie danych cyklu, zdalna pomoc.

CMS Polska Sp. z o.o.

60-185 Skórzewo

ul. Poznańska 75

tel. 605 422 255

tel. 605 769 657

e-mail: office@cms-polska.pl

<https://cms-polska.pl/>

Cms
POLSKA Sp. z o.o.



7. Międzynarodowe Targi Kooperacyjne Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego

4-6 marca 2025, Bydgoszcz

Jedynie w Polsce targi dedykowane branży formierskiej!



BYDGOSKI KLASTER PRZEMYSŁOWY
DOLINA NARZĘDZIOWA

Targi w Krakowie

REKLAMA

Konferencja PLASTINVENT'2024

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

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

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

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

- Ciągłe i nieustannie szukamy nowych formuł naszych spotkań opartych o oczekiwania naszych gości, dostosowując je do zmieniających się realiów biznesowych - mówi Jacek Szczerba, reprezentujący organizatorów wydarzenia. Jesteśmy przekonani,

że jako branża tworzymy wyjątkowe grono ludzi świadomie kształtujących przyszłość kolejnych pokoleń. Stąd właśnie bierze się niezwykle istotna rola dla takich spotkań, a moje ogromne zadowolenie powoduje fakt, że w gronie prelegentów pojawia się coraz więcej przedstawicieli wtryskowni i zakładów produkcyjnych (w tym roku będą to: MECALIT, ROSTI Poland oraz SIEROSŁAWSKI Group – przyp. red.).

PLASTINVENT to cykl konferencji o charakterze technicznym skupiający przedstawicieli szeroko rozumianej branży przetwórstwa tworzyw sztucznych.

W przekonaniu organizatorów kompleksowe i różnorodne rozwiązania prezentowane w jej trakcie mają pozwolić uczestnikom na znaczącą poprawę jakości stosowanych rozwiązań, a także mają przyczynić się do pełniejszej integracji branży TS poprzez możliwość wzajemnej wymiany doświadczeń.

PLASTINVENT'24 – 3-4.X.2024 – Resort NOSALOWY DWÓR, Zakopane

ORGANIZATORZY: PLASTIGO | SYNVENTIVE Molding Solutions | WWW.TWORZYWA.PL

PARTNERZY KONFERENCJI: BANK PEKAO S.A. | GRAFE Polska | Plastics Europe Polska | PLASTOPLAN Polska | SIEROSŁAWSKI Group | SUMARIS | WITTMANN BATTENFELD Polska

ENTERIO s.c.

Game changer w obróbce tworzyw sztucznych

Elementy z tworzyw sztucznych są najczęściej wykonywane metodą wtrysku. Jest to metoda niezwykle efektywna, ale nadaje się wyłącznie do produkcji bardzo dużych serii. Formy do wtrysku tworzyw sztucznych są bardzo drogie i mogą kosztować nawet setki tysięcy złotych. Dlatego jeśli nie mamy do wykonania dziesiątek czy setek tysięcy identycznych elementów, pozostaje nam najczęściej obróbka skrawaniem.

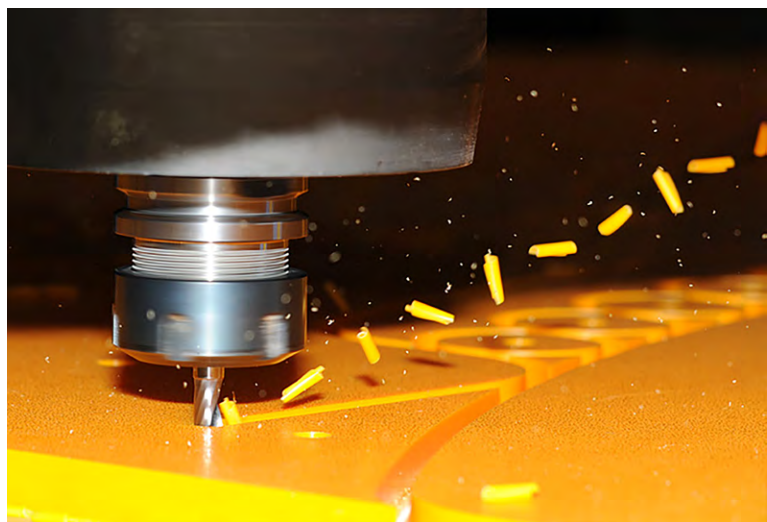
Jedną z najczęściej stosowanych obróbek tworzyw sztucznych jest frezowanie. Co prawda można wykonywać tę operację na standardowych frezarkach do metali, jednak jest to niepraktyczne i mało wydajne. Obrabiarki do metali mają najczęściej niewielkie obszary robocze i stosunkowo niskie zakresy obrotów wrzeciona.

Natomiast tworzywa sztuczne najczęściej sprzedawane są w postaci płyt o różnych grubościach i formatach do 2000x3000 mm. Dlatego do obróbki tworzyw sztucznych powstały zupełnie inne frezarki charakteryzujące się dużymi obszarami roboczymi i wysokoobrotowymi wrzecionami. Takie frezarki nazywane są często ploterami frezującymi, routerami czy wielkoformatowymi centrami obróbczymi. Są to sterowane komputerowo obrabiarki, które przy dużym obszarze roboczym X,Y mają najczęściej niewielki zakres ruchu osi Z. W takich maszynach bardzo istotne jest sztywne i stabilne mocowanie dość cienkich, a co za tym idzie wiotkich materiałów. Tu najczęściej stosowane są stoły próżniowe przysysające materiał na całej powierzchni, co pozwala przez wyeliminowanie drgań materiału na stabilną i dokładną obróbkę.

Napędy poszczególnych osi początkowo realizowane były za pomocą silników krokowych, ale miały one wiele wad i obecnie używa się prawie wyłącznie serwonapędów cyfrowych, które są znacznie dokładniejsze i pewniejsze w działaniu.

Jednak pozostaje jeszcze jeden element ograniczający wydajność i dokładność pracy takich maszyn – napędy zębate. Są to elementy zamieniające ruch obrotowy silnika serwo na ruch liniowy poszczególnych osi. Ponadto dla dopasowania prędkości obrotowej i momentu silnika serwo do napędu zębatego niezbędna jest przekładnia planetarna pomiędzy zębnikiem i silnikiem serwo. Zarówno listwa zębata z zębnikiem, jak i koła zębate w przekładni planetarnej posiadają luz, który znacznie ogranicza dokładność i powtarzalność obróbki. Dochodzi do tego brak płynności ruchu ze względu na cykliczne przechodzenia zębów koła na kolejne zęby listwy. To z kolei przekłada się na jakość obróbki i widoczne jest to w postaci charakterystycznych nieregularnych pionowych prążków na obrabianej krawędzi.

W wielu przypadkach dla zachowania estetycznego wyglądu takiej krawędzi potrzebna jest dalsza obróbka w postaci polewania czy opalania. Dotyczy to w szczególności elementów reklamowych wykonywanych z płyt akrylowych, przy których estetyka ma najistotniejsze znaczenie. Można co prawda próbować nieco poprawić jakość krawędzi, zwalniając ruch maszyny, ale nie przynosi to istotnego polepszenia jakości krawędzi, a jednocześnie znacznie zmniejsza wydajność produkcji.



Firma Kimla w tej dziedzinie opracowała prawdziwy game changer w postaci magnetycznych napędów liniowych o niespotykanej dokładności. W porównaniu do napędów zębatych, które mają luz zwrotny, od którego zależy dokładność na poziomie 0,05 mm, magnetyczne napędy liniowe ploterów Kimla nie mają żadnego luzu zwrotnego.

Ponadto zastosowano bezpośrednie sprzężenie zwrotne pozycji z liniałów o rozdzielczości 1 nm i dzięki temu możliwe jest poruszanie się po 1 mikrometrze nawet podczas nawrotu ruchu. Jest to dokładność 50 razy większa niż w tradycyjnych napędach zębatych.

Oprócz możliwości wykonywania znacznie dokładniejszych obróbek możliwe jest dzięki temu uzyskanie perfekcyjnie gładkiej powierzchni bez prążków i nierówności.

I to wszystko przy znacznie większych prędkościach posuwu, dzięki czemu użytkownik zwiększa wydajność pracy i eliminuje konieczność dodatkowych obróbek wykańczających. Napędy liniowe były już dostępne na rynku, jednak dotychczas były bardzo drogie, co powodowało, że maszyny w nie wyposażone byłyby niesprzedawalne, dlatego dotychczas praktycznie nikt nie oferował ploterów frezujących na napędach liniowych.

Firma Kimla jako pierwsza na rynku rozpoczęła własną produkcję napędów liniowych, co pozwoliło na ominięcie pośredników i znaczne ograniczenie kosztów produkcji. Dzięki temu ceny maszyn Kimla z napędami liniowymi są już porównywalne z cenami ploterów z napędami tradycyjnymi.

KIMLA

Polski Producent Obrabiarek CNC
Bałtycka 30, 42-202 Częstochowa
tel. +48 34 365 88 85
<https://kimla.pl/>

KIMLA

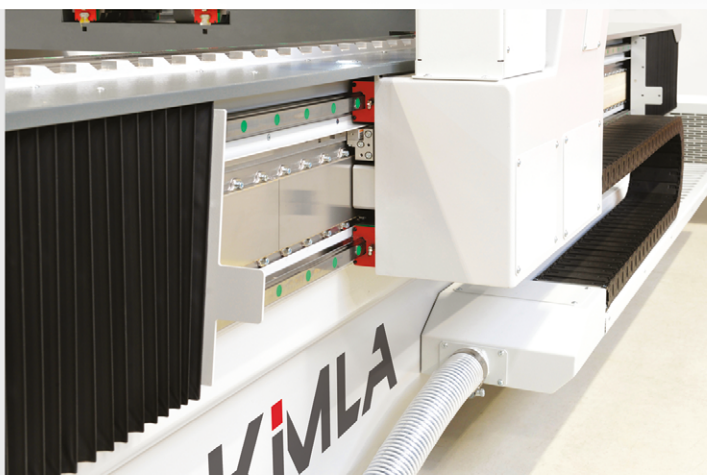
GAMECHANGER

w obróbce tworzyw sztucznych

- Rozdzielczość 1nm
- Mikrometryczne dokładności
- Posuw do 1m/s
- Brak zużycia napędów
- Mniejsze zużycie energii
- Zwielokrotniona wydajność

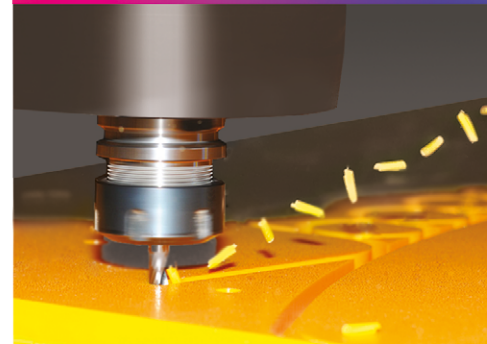
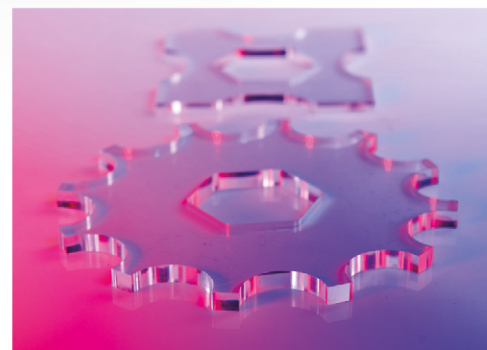


Pierwsze routery na napędach liniowych



OBRABIANE MATERIAŁY:

- Metale
- Tworzywa sztuczne
- Kompozyty
- Laminaty
- Materiały drewnopochodne



KIMLA

Polski Producent Obrabiarek CNC
Częstochowa, ul. Bątycka 30, tel. +48 34 365 88 85 www.kimla.pl

Dobór parametrów procesu skrawania dla wybranych modeli wytwarzanych z tworzyw sztucznych

Mariusz Oleksy, Małgorzata Zaborniak, Lesław Kołcz

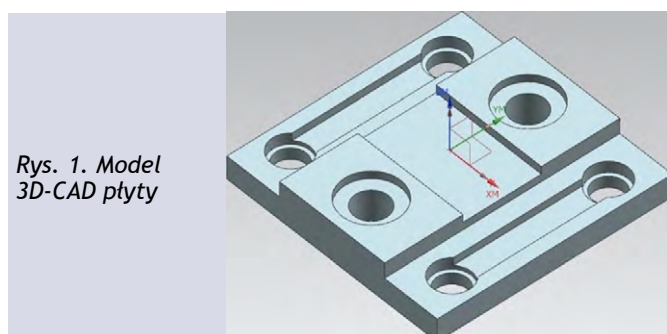
Polimery współcześnie znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle maszynowym, motoryzacyjnym i lotniczym [1, 2]. Celem pracy była analiza parametrów skrawania wybranych materiałów polimerowych, takich jak: poliamid Pa6, poliamid odlewany Pa6G, poliamid z dodatkiem dwusiarczku molibdenu Pa6 MoS, poliamid z dodatkiem oleju Pa6GSL, polioksymetylen POM, polisulfon.

Pojawiają się coraz nowsze rozwiązania konstrukcyjne części maszyn z tworzyw sztucznych [3], ponieważ polimery doskonale poddają się obróbce mechanicznej, dzięki czemu tą metodą można wykonywać części stabilne pod względem kształtu, wymiarów i o określonej strukturze geometrycznej powierzchni. Różnica w obróbce metali i polimerów polega na doborze odpowiedniej geometrii narzędzia i parametrów skrawania.

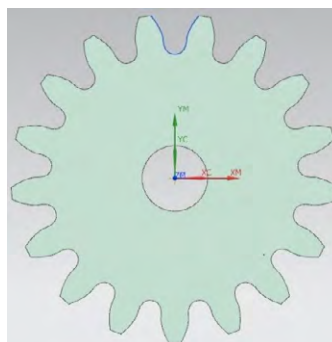
PRZEDMIOT BADAŃ

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

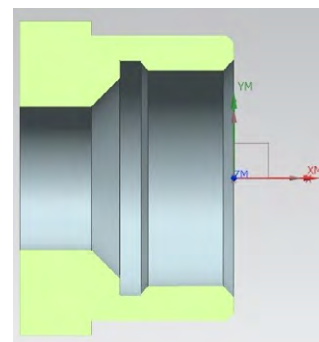
Drugim modelem badawczym było koło zębate o zębach prostych, o zarysie ewolwentowym, o module $m=4$, liczbie zębów $z=17$, średnicy wierzchołkowej $d_g=76$ mm] i szerokości wieńca $b=10$ mm (rys. 2). Odrobiono 30 kół zębatych po 5 sztuk ze wszystkich analizowanych materiałów.



Rys. 1. Model 3D-CAD płyty



Rys. 2. Model 3D-CAD koła zębatego



Rys. 3. Model 3D-CAD tulejki

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

CHARAKTERYSTYKA PROCESU SKRAWANIA, PARAMETRÓW, NARZĘDZI ORAZ MATERIAŁÓW ZASTOSOWANYCH W PROCESIE BADAWCZYM

Analizowano cztery rodzaje obróbki: toczenie, frezowanie, wiercenie i przecinanie. Analizy przeprowadzono z zastosowaniem tokarki Sinumerik, frezarki Haas VF1 oraz uniwersalnej frezarki konwencjonalnej.

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

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

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

Tabela 1. Parametry procesu skrawania

Materiał	Przecinanie				Toczenie				
	α – kąt przyłożenia [°]	γ – kąt natarcia [°]	V – szybkość skrawania [m/min]	t – podziałka zęba [mm]	α – kąt przyłożenia [°]	γ – kąt natarcia [°]	V – szybkość skrawania [m/min]	κ – kąt przystawienia [°]	f – posuw [mm/obr.]
Poliamidy	20–30	2–5	40–100	3–8	6–10	0–5	250–500	45–60	0,1–0,5
POM		0–5		2–5	6–8	0–5	300–600	45–60	0,1–0,4

Materiał	Wiercenie				Frezowanie			
	f – posuw [mm/obr.]	γ – kąt natarcia [°]	V – szybkość skrawania [m/min]	ϕ – kąt wierzchołkowy [°]	α – kąt przyłożenia [°]	γ – kąt natarcia [°]	V – szybkość skrawania [m/min]	f – posuw [mm/obr.]
Poliamidy	0,1–0,3	10–20	50–150	90	10–20	5–15	250–500	0,1–0,5
POM	0,1–0,3	15–30	50–200	90	5–15	5–15	250–500	0,1–0,4

ANALIZA PROCESÓW SKRAWANIA

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

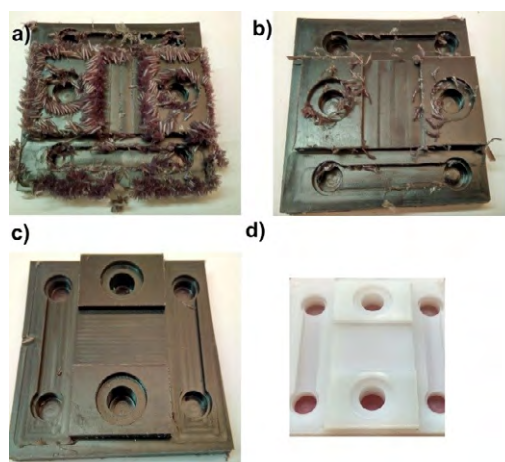
Płyta została wykonana z dwóch materiałów, dla analizowanych materiałów poliamidu Pa6 G i Pa6 MoS. Do obróbki zastosowano frezy VHM. Obróbkę przeprowadzono w wariantach:

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

Obróbkę kół zębatych wykonano dla wszystkich badanych materiałów.

Obróbkę i dobór parametrów przy toczeniu analizowano podczas obróbki tulejki z materiału Pa6G. Obróbkę przeprowadzono na sucho i na mokro. Zbadano zależność odprowadzania wióra w zależności od szybkości skrawania, głębokości skrawania i posuwu. W tulejce wywiercono otwór, a następnie poddano obróbce powierzchnię zewnętrzną i wewnętrzną. Obróbkę otworów przeprowadzono na tokarce CNC wiertłem o średnicy 16 mm. Dobrano parametry zapewniające dobre odprowadzanie wióra, kształt, jakość powierzchni i wydajność. Wiercenie wykonano z zastosowaniem parametrów $V=150$ m/min i 0,2 mm/obr. z chłodziwem.

Przecinanie wykonano na frezarce konwencjonalnej. Jako narzędzie zastosowano frez piłkowy $\phi 125 \times 1,6 \times 27$ i $z=126$. Poliamidy wstępnie obrabiano z szybkością skrawania $V=100$ m/min. Materiałem wyjściowym była płyta o wymiarach 1000x500x10



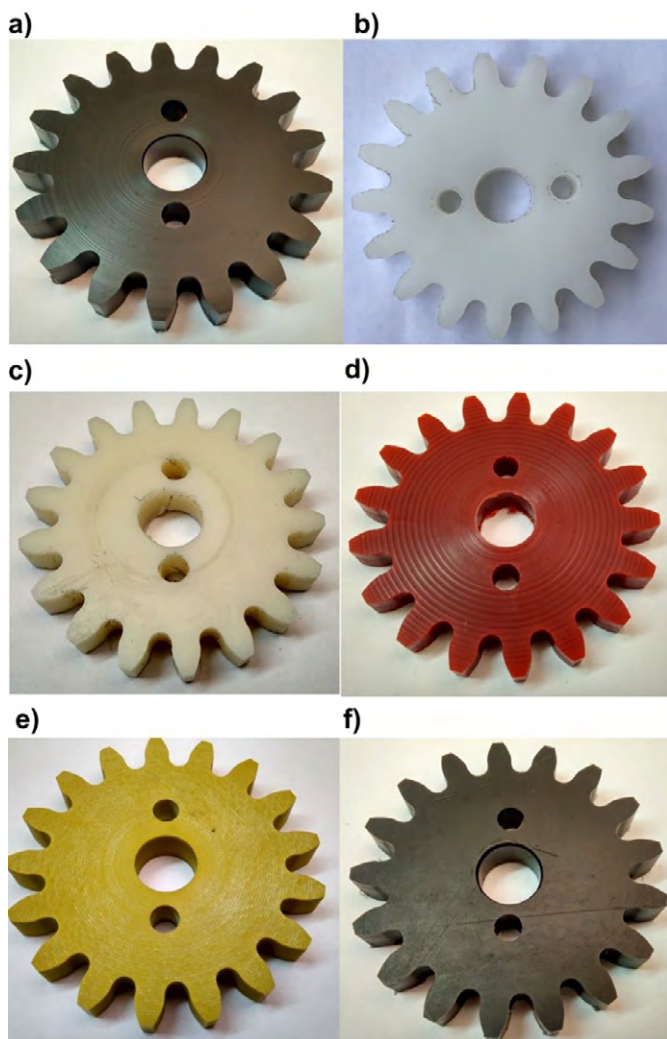
Rys. 4. Efekt obróbki: a) obróbka współbieżna zgrubna, b) obróbka współbieżna wykańczająca, c) obróbka przeciwbieżna zgrubna, d) obróbka przeciwbieżna wykańczająca

mm. Płytę pocięto na kostki o wymiarach 62x62x10. Kostki te wykorzystano do analizy parametrów skrawania na frezarce, jako półfabrykat płyt. Na skutek powstałego ciepła i trudności związanych z odprowadzeniem wióra obróbkę zoptymalizowano do szybkości skrawania $V=40$ m/min. Analiza obróbki wykazała konieczność stosowania chłodziwa.

Na rys. 4 przedstawiono efekt obróbki współbieżnej i przeciwbieżnej, zgrubnej oraz wykańczającej płyty.

Tabela 2. Parametry procesu skrawania

Lp.	Toczenie	Frezowanie		Wiercenie	Przecinanie
Głębokość skrawania a_p , mm	2	5	5	8	1,6
Szerokość skrawania a_e , mm	0,2–0,4	5	2,5/01	0,2	10
Obroty n, obr/min	LIMS=350	5300	5000	2900	90
Szybkość skrawania V, m/min	280	100	50	150	40
Posuw minutowy V_f , m/min	251	400	400	260	580
Liczba ostrzy z	-	2	2	1	126
Średnica narzędzia/toczenia D, mm	55	6	3	16	125x1,6x27
Oznaczenia narzędzia/płytki	CCMG/DCMG	VHM	VHM	VHM	NFTe 125x1,6



Rys. 5. Koła zębate wytworzone w procesach z optymalnie dobranymi parametrami: a) POM, b) Pa6, c) Pa6, G d) Pa6 GSL, e) Polisulfon, f) Pa6 MoS

DOBÓR PARAMETRÓW PROCESU SKRAWANIA

W celu dalszych analiz wykonano po 5 kół zębatych z sześciu materiałów oraz cztery płyty obrobione zostały na frezarce Haas VF1. Pięć tulei wykonano na tokarce ze sterowaniem Sinumerik 840D. Przecinanie przeprowadzono na frezarce konwencjonalnej uniwersalnej.

Na podstawie obserwacji sposobu odprowadzenia wióra i jakości obrobionej powierzchni zoptymalizowano parametry skrawania (tabela 2).

Wyniki uzyskane przy frezowaniu wskazują, że obróbka przeciwbieżna pozwala otrzymać wyższą jakość powierzchni w porównaniu z obróbką współbieżną. W celu zapewnienia właściwego odprowadzenia ciepła i wiórów niezbędne jest chłodzenie. Narzędzia skrawające stosowane w obróbce mogą być przeznaczone też do metali nieżelaznych, a parametry dobrane doświadczalnie do określonego rodzaju obróbki.

W celu zapewnienia dobrej jakości powierzchni wymagane jest stosowanie obróbki zgrubnej i dokładnej, a narzędzia muszą być bardzo ostre. Efekty stępienia narzędzia można zaobserwować na podstawie analizy powierzchni obrabianej, jak również przez analizę kształtu i wymiaru obrabianych powierzchni. Do analizy obróbki wstępnie dobrano narzędzia z katalogów zaproponowanych przez producenta. Zastosowano narzędzia do obróbki materiałów nieżelaznych, a parametry

wstępnie dobrano z katalogu obróbki tworzyw sztucznych. Przy optymalizacji obróbki, jako kryterium przyjęto: wydajność procesu obróbki, kształt powierzchni, dokładność wymiaru oraz kształt i sposób odprowadzenia wióra.

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

WNIOSKI

Metody obróbki skrawaniem sprawdzają się w obróbce polimerowych części maszyn przy prawidłowo dobranych narzędziach i parametrach skrawania. Profesjonalną obróbką skrawaniem można wytwarzać z polimerów stabilne wymiarowo, funkcjonalne elementy konstrukcyjne.

Obróbka poliamidów na tokarce pozwala na wydajne wytwarzanie części maszyn. Obróbkę powierzchni zewnętrznej wykonano z szybkością skrawania wynoszącą $V=280$ m/min i posuwem 0,2 mm/obr. przy obróbce powierzchni czołowej i 0,4 mm/obr. przy wzdłużnej. Wytaczanie wykonano z szybkością skrawania $V=280$ m/min i posuwem 0,2 mm/obr., a wiercenia z szybkością $V=150$ m/min i posuwem 0,2 mm/obr.

Analiza parametrów skrawania dla wybranych materiałów i przyjętych modeli pozwoliła dobrać optymalne parametry obróbki polimerów z zapewnieniem dokładności wymiaru i kształtu oraz określoną strukturą geometryczną. Na chropowatość powierzchni wpływają, m.in.: materiał narzędziowy, jakość wykonania narzędzi, geometria ostrza, właściwości materiału obrabianego, powłoki ochronne, parametry technologiczne (największy wpływ na jakość powierzchni ma posuw, mniejszy – prędkość skrawania).

LITERATURA

[1] Garbarski J. 2016. Części maszyn z tworzyw sztucznych. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
 [2] Oleksy M. 2014. Technologia Rapid Prototyping hybrydowych nanokompozytów polimerowych stosowanych na koła zębate, Rzeszów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej. ISBN 978-83-7199-957-7.
 [3] Oliwa R., M. Oleksy, M. Heneczowski, G. Budzik, O. Markowska, Ł. Przesłowski. 2016. Zastosowanie metody Vacuum Casting do wytwarzania prototypów badawczych polimerowych kół zębatych. Polimery (61)1, 16–23.
 [4] Katalog noży tokarskich Sandvik 2012, A16-A17.
 [5] Augustyn K. 2011. NX CAM Programowanie ścieżek dla obrabiarek CNC. Gliwice, Wydawnictwo Helion. ISBN: 978-83-246-2446-1

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

dr hab. inż. Mariusz Oleksy¹, prof. PRZ, dr inż. Małgorzata Zaborniak², mgr Lesław Kołcz³

- 1 – Politechnika Rzeszowska, Wydział Chemiczny
- 2 – Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
- 3 – Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska w Przemyśle

Firma RAS Sp. z o.o. specjalizuje się w dostarczaniu urządzeń chłodniczych.

Firma działa kompleksowo na terenie całej Polski.

Sprzedaje i wynajmuje agregaty chłodnicze, pomaga w doborze optymalnych rozwiązań i w obliczaniu potrzebnej mocy chłodniczej.

Jako firma RAS Sp. z o.o. na rynku istniejemy od 2014 roku, ale doświadczenie w zakresie procesów chłodniczych, produkcji wody lodowej, technik klimatyzacyjnych zdobywaliśmy przez ponad 40 lat w Polsce i za granicą.

W gronie naszych klientów firmy znajdują się zakłady produkcyjne, parki maszynowe, obiekty przemysłowe, hotele, centra handlowe i prywatne ośrodki sportowe.

Ich zadowolenie to dla nas najlepsza rekomendacja.

W przypadku awarii natychmiast ruszamy z pomocą.

Jeśli urządzenie się zepsuje dostarczymy inne.

Nie musisz się martwić, że stracisz pieniądze z powodu zatrzymania linii produkcyjnej.

Wynajmij chiller

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

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

Decydując się na wynajem agregatu, otrzymujesz:

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

Kup chiller używany

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

W ofercie chillerów używanych znajdziesz:

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

RAS
JAKOŚĆ CHŁODZENIA

RAS Sp. z o.o.

ul. Honoraty 48/15

43-100 Tychy

tel. 607 276 732

info@rasagregaty.pl

www.rasagregaty.pl



Temperatura formy wtryskowej w procesie wtrysku

Adam Sobczyński

Warunki formowania w przetwórstwie tworzyw sztucznych metodą wtryskiwania mają znaczący wpływ na końcowe właściwości tworzywa, niezależnie od konstrukcji wypraski. Ważne jest, żeby ustawiać odróżniać parametry nastawcze w prowadzonym procesie od parametrów wynikowych. Temperatura powierzchni formującej może być zbliżona do temperatury medium chłodzącego, ale niekoniecznie taka sama.

REGULACJA TEMPERATURY FORMY WTRYSKOWEJ

Układ regulacji temperatury formy wtryskowej to jeden z czynników odpowiedzialnych za jakość produkowanych tworzywowych wyprasek. Jego celem jest odprowadzenie ciepła dostarczonego wraz z wtryskiem przy zachowaniu równomiernego rozkładu temperatur na powierzchniach formujących.

Regulując temperaturę formy wtryskowej, spotykamy się z przeciwstawnymi wymaganiami i musimy dokonać pewnego kompromisu pomiędzy:

- uzyskaniem optymalnej jakości wypraski, której właściwości kształtują się przy podwyższonej temperaturze formy wtryskowej i równomiernym rozkładzie odbioru tego ciepła,
- rentownością prowadzonej produkcji zależnej od rzeczywistego czasu cyklu, na który ma wpływ stosowanie niskich temperatur formy wtryskowej.

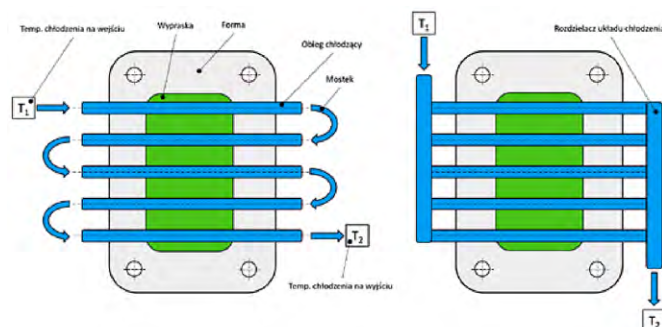
Przy produkcji wyrobów powszechnego użytku (np. opakowań itp.) często stosuje się intensywny odbiór ciepła, jeżeli chce się być konkurencyjnym na rynku. Dla wyrobów technicznych istotne są parametry m.in. wytrzymałościowe oraz względy wizualne, które osiągniemy stosując podwyższone temperatury powierzchni formujących.

W polimerach amorficznych (np. PC, ABS) wyższe temperatury formy wtryskowej powodują niższy poziom naprężeń. Dla tworzyw częściowo krystalicznych (np. PA, POM) uzyskanie optymalnej krystalizacji osiąga się poprzez stosowanie wyższych temperatur

formy wtryskowej. W ten sposób zapewniamy wolniejszy odbiór ciepła i dajemy czas na wytworzenie się krystalitów, które zapewniają lepsze właściwości mechaniczne i lepszą stabilność wymiarową.

Wymienione korzyści nie są jedynymi w kontekście podwyższonej temperatury formy wtryskowej. Dzięki termostatowaniu narzędzi do optymalnych wartości uzyskujemy również:

- poprawę płynięcia tworzywa w gnieździe formującym,



Rys. 1. Po lewej - szeregowo podłączony układ chłodzenia, po prawej - równoległe podłączony układ chłodzenia

Rys. 2. Przykładowa termopara powierzchniowa (źródło: raig.pl)



Pomiary	
Sp1	49,0 °C
Sp2	48,7 °C
Parametry	
Emisyjność	0,95
Temp. odbita	10 °C

Rys. 3. Termogram przewodów wodnych obrazujący temperaturę przewodu na wyjściu do formy wtryskowej i na powrocie z formy wtryskowej z akceptowalnym odchyleniem



Pomiary	
Sp1	53,0 °C
Sp2	49,7 °C
Parametry	
Emisyjność	0,95
Temp. odbita	10 °C

Rys. 4. Termogram przewodów wodnych obrazujący temperaturę przewodu na wyjściu do formy wtryskowej i na powrocie z formy wtryskowej z odchyleniem stanowiącym ryzyko deformacji wypraski

- lepszą relaksację makrocząsteczek w wyniku zmniejszonej orientacji,
- możliwość efektywniejszego działania procesu docisku.

SZEREGOWO PODŁĄCZONY UKŁAD CHŁODZENIA

W metodzie szeregowego podłączenia układu chłodzenia przez formę wtryskową prowadzi tylko jeden kanał z wejściem i wyjściem dla medium chłodzącego. Taki sposób podłączenia pozwala na użycie tylko jednego obiegu dostępnego na maszynie lub tylko jednego termostatu, co znacznie upraszcza podłączenie. Wadą takiego rozwiązania jest wzrost temperatury wraz z przebiegiem kanału chłodzącego. W związku z tym różne obszary powierzchni formującej mogą mieć różną temperaturę, co nie zapewnia równomiernego odbioru ciepła i może być przyczyną odkształceń wypraski (rys. 1).

RÓWNOLEGLE PODŁĄCZONY UKŁAD CHŁODZENIA

W przypadku podłączenia równoległego zasilanie obiegów chłodzących na formie wtryskowej odbywa się przy pomocy rozdzielacza. Dzięki temu jesteśmy w stanie równomiernie odbierać ciepło z powierzchni formujących. W przypadku zablokowania się jednego z kanałów chłodzących istnieje ryzyko braku odbioru ciepła z chłodzonego obszaru. Taka sytuacja w podłączeniu równoległym jest bardzo trudna do wykrycia (rys. 1).

WERYFIKACJA TEMPERATURY FORMY WTRYSKOWEJ

Weryfikacja temperatury formy wtryskowej powinna się odbyć po kilkunastu minutach produkcji w cyklu automatycznym. W ten sposób forma wtryskowa stabilizuje swoją temperaturę, która zależy m.in. od temperatury wtryskiwanego stopu, temperatury medium

chłodzącego, konstrukcji układu chłodzącego w formie, sposobu podłączenia, tj. czy szeregowo czy równoległe, czasu cyklu itp.

Urządzeniem kontrolnym może być np. termopara powierzchniowa (rys. 2), dzięki której odczytamy rzeczywistą temperaturę w badanym obszarze. Pomiar stykowy jest dobrym sposobem weryfikacji, czy nie dochodzi do przegrzania konkretnego obszaru, w którym np. wypacza się wypraska.

Kolejną metodą służącą ocenie skutecznego odbioru ciepła jest pomiar różnicy temperatury na wyjściu z termostatu oraz na jego powrocie po odbiorze ciepła z formy wtryskowej. W tym celu można zastosować termometr przepływowy lub wykonać zdjęcie kamerą termowizyjną w celu określenia temperatury. Przykład takiej kontroli obrazuje rys. 3 oraz rys. 4. Termogramy przedstawiają przewody zasilające układ chłodzenia formy wtryskowej oraz przewody powrotne. Różnica temperatury pomiędzy zasilaniem i powrotem nie powinna być wyższa niż 3°C. Jeżeli jest wyższa, to istnieje ryzyko nierównomiernego odbioru ciepła z wypraski i tym samym jej wypaczania.

PODSUMOWANIE

Zapewnienie skutecznego i równomiernego odbioru ciepła z formy wtryskowej to jeden z najważniejszych aspektów w procesie wtryskiwania. Jakość wyprasek i koszt ich wytworzenia w dużym stopniu uzależnione są od prawidłowego działania systemu chłodzenia.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Plast News” nr 1/2022, s. 13.

ASCONS Adam Sobczyński

REKLAMA

**EURO
CHILLER**
INTERNATIONAL COOLING

**BP
CHILLERS**

W 2024 roku włoska firma **Eurochiller** uruchomiła produkcję nowego typu chillerów **EVVS** o mocach chłodzenia **od 260 do 830 kW**.

Jest to konstrukcja zbudowana w oparciu o nową dyrektywę Ecodesign. Zastosowane ekologiczne gazy R 410 lub R454B mają niski współczynnik GWP a algorytm kontrolny optymalizuje zużycie energii elektrycznej w każdych warunkach pracy. Sterownik z ekranem dotykowym umożliwia zdalną kontrolę urządzenia.

Cały proces konstruowania tego typoszeru był podporządkowany idei stworzenia **najbardziej ekologicznego i energooszczędnego chillera**.



Przedstawiciel Eurochillera w Polsce:
BP CHILLERS Bohdan Pretorius
51-416 Wrocław, ul. Kościerzyńska 21-23
tel. +48697 355545
e-mail: bpretor@gmail.com
www.bp-chillers.pl

Dobór temperatury przetwórczej tworzyw sztucznych – ustawienie temperatury procesu

Konrad Belka

Ustawienie temperatury cylindra wtryskarki w sposób znaczący wpływa na cały proces przetwórstwa tworzyw sztucznych. Na czym polega i jakie są jego zalety? Jak prawidłowo dobrać temperaturę? Czym jest badanie termoanalityczne? W poniższym artykule znajdziesz odpowiedzi na te pytania. Zapraszamy do lektury!

WPLYW TEMPERATURY PRZETWÓRCZEJ NA PROCES WTRYSKOWY

Poddając analizie procesy przetwórcze tworzyw termoplastycznych, należy zauważyć, iż jednym z kluczowych elementów produkcji detali z tworzyw sztucznych jest dostarczenie energii do masy polimerowej celem jej uplastycznienia, a następnie odbiór tej energii w kroku chłodzenia cyklu wtryskowego. Wpływ temperatury na proces wtryskowy jest zatem ogromny. Dzięki niemu jesteśmy w stanie skutecznie produkować detale, zmieniając stan skupienia materiału, lepkość stopu i parametry przetwórcze tworzywa.

Poprawne ustawienie temperatury wtryskarki i innych przetwórczych urządzeń biorących udział w procesie wtryskowym

zapewnia stabilną, powtarzalną produkcję. Dobór odpowiedniej temperatury masy stopu poprzez nastawę temperatur cylindra plastyfikatora zapewni lepszą jakość powierzchni produkowanego detalu, odpowiednią orientację wypełniaczy (izotropia wypełniaczy włóknistych) czy wyższy udział fazy krystalicznej podczas przetwórstwa tworzyw krystalicznych.

Warto zwrócić uwagę także na wpływ temperatury przetwórczej gniazd oraz połówek formy podczas stabilnej, automatycznej pracy przetwórczej, aby zapewnić odpowiednią drogę płynięcia tworzywa oraz zmniejszyć naprężenia wewnętrzne detalu. Problemy z akumulacją ciepła wewnątrz gniazd formy mogą prowadzić do odkształceń geometrycznych detalu po wyformowaniu – paczenia wypraski.

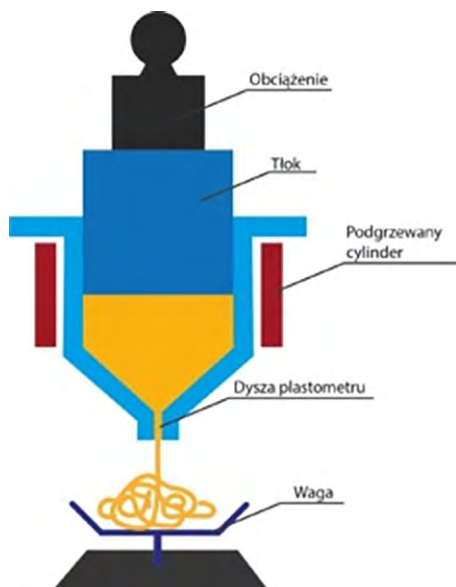
Rys. 2. Wpływ zmiany temperatury na współczynniki płynięcia

m [kg]	T [stC]	nr próbki	MFR [g/10min]	MFR śr. [g/10min]	MVR [g/10min]	MVR śr. [g/10min]
10	270	1	5,39	5,80	4,60	4,96
		2	5,47		4,69	
		3	5,50		4,71	
		4	5,71		4,89	
		5	6,93		5,90	
10	280	1	8,67	10,07	7,45	8,66
		2	9,82		8,49	
		3	10,45		9,01	
		4	10,49		9,03	
		5	10,94		9,33	
10	290	1	12,48	14,67	10,84	12,59
		2	13,67		11,83	
		3	14,62		12,57	
		4	14,87		12,75	
		5	17,71		14,96	
10	300	1	19,01	21,67	16,55	18,82
		2	19,96		17,40	
		3	21,76		18,89	
		4	22,63		19,56	
		5	24,99		21,68	

DOBÓR TEMPERATURY PRZETWÓRCZEJ

Tworzywami sztucznymi używanymi w przemyśle do produkcji detali nazywamy zwykle materiały kompozytowe składające się z osnowy polimerowej, pełniące funkcję bazy materiałowej dla danego tworzywa, oraz z wielu napelniaczy nadających materiałowi kompozytowemu specjalnych właściwości.

Podstawowym narzędziem podczas ustawiania temperatury przetwórczej dla danego tworzywa jest dostarczona przez producenta karta danych technicznych (z ang. *Technical Data Sheet* – TDS). Określa ona zakres temperatur procesowych, zalecane temperatury narzędzia, sposób przetwórstwa, właściwości materiałowe tworzywa, takie jak: wytrzymałość na rozciąganie, ścinanie, procentowy skurcz przetwórczy, dodatkowe właściwości tworzywa jak odporność na promieniowanie UV czy własności niepalne. Karta TDS opisuje dane tworzywo sztuczne na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych.



Rys. 1. Schemat plastometru

BADANIA TERMOANALITYCZNE

Karta danych technicznych tworzywa określa zwykle przedziały temperatur przetwórczych, jednak w tych zakresach tworzywo sztuczne może posiadać zupełnie różne właściwości procesowe podczas przetwórstwa. Partie tego samego surowca w zależności od sposobu przygotowania, produkcji, zakładu produkcyjnego czy parametrów technologicznych również mogą posiadać różne właściwości przetwórcze.

By zapobiec brakowości produkcji ze względu na różnice w lepkości tworzywa będące wynikiem problemów z temperaturą przetwórczą bądź zmiany parametrów procesowych związanych z nową partią tworzywa, należy cyklicznie przeprowadzać badania wskaźników prędkości płynięcia tworzywa. Wykonuje się

je przy użyciu plastometru obciążnikowego. Metodyka badań współczynników płynięcia tworzywa jest opisana normami takimi jak PN-EN ISO 1133 czy ASTM D1236. Współczynniki MFR/MFI (masowy współczynnik płynięcia) oraz MVR (objętościowy współczynnik płynięcia) to główne czynniki zapewniające te same właściwości procesowe w aspekcie płynności i lepkości tworzywa w danej temperaturze.

Kompletnym badaniem termooanalitycznym danego tworzywa sztucznego jest przeprowadzenie analizy przy użyciu kalorymetru różnicowego. Badanie skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC) polega na analizie termicznej strumienia ciepłego dostarczanego do dwóch komór urządzenia – komory pomiarowej, w której znajduje się próbka materiału, oraz komory odniesienia (referencyjnej). W ten sposób zaobserwować można zmiany temperaturowe (pochłanianie bądź wydzielanie ciepła) przez próbkę pomiarową wskutek przemiany fazowej, bądź reakcji chemicznej. Wykorzystując tę metodę, do analizy polimerów możemy precyzyjnie określić temperaturę zeszczenia, punkty przemiany fazowej materiału, moment przejścia stopu ze stanu stałego w stan ciekły oraz temperaturę degradacji tworzywa. Wyniki badania DSC pozwolą na określenie temperatur procesowania danego tworzywa.

ZALETY DOBORU WŁAŚCIWEJ TEMPERATURY PRZETWÓRCZEJ DLA DANEGO PROCESU

Odpowiednie ustawienie temperatury wtryskarki zapewnia niską brakowość procesu ze względu na jego stabilizację. Zmniejsza się ilość energii mechanicznej potrzebnej do plastyfikacji masy, ponieważ tworzywo rzadziej ulega ścieraniu na ściankach cylindra i ślimaka. Wpływa na właściwości fizyczne detalu po wyprodukowaniu. Temperatura stopu jest też bezpośrednio związana z ciśnieniem masy oraz współczynnikami tarcia tworzywa o





stalowe ściany narzędzia podczas wtrysku. Wzrost temperatury cylindra powoduje zmniejszenie lepkości stopu, co przekłada się na wyższe współczynniki płynięcia i niższe ciśnienia w procesie. W ten sposób można spróbować zmniejszyć widoczność linii łączenia na powierzchni detalu, zmieniając między innymi parametry prędkości wypełnienia.

Wzrost temperatur gniazda formy wpłynie na drogę i charakter płynięcia tworzywa, znacząco poprawiając izotropię (jednokierunkowość ułożenia) wypełniaczy włóknistych materiału. Zwiększając temperaturę termostatowania formy, można poprawić jakość wizualną powierzchni detali. Dodatkowo, pozwalając detalom krystalicznym na dłuższy czas chłodzenia w wyższych temperaturach, uzyskać można większy udział fazy krystalicznej, co be-

dzie bezpośrednio przekładać się na właściwości mechaniczne produktu.

Wzrost temperatury przetwórczej wpływa znacząco na zużycie energii elektrycznej przez układ grzewczy cylindra oraz urządzenia peryferyjne (takie jak termostaty wodne). Zbyt wysoka temperatura może powodować defekty detalu w postaci nadlewów bądź przypaleń wynikających z degradacji tworzywa. Zwiększone temperatury masy i formy spowodują dłuższy czas zastygania tworzywa w przewężkach dolotowych gniazd narzędzia, co wpłynie na dłuższy czas docisku i wyższą wagę detalu. Zwiększanie temperatur celem zwiększenia prędkości wtrysku może doprowadzić do pojawienia się niewidocznych na powierzchni detali jam powietrza bądź powstawania niebezpiecznego efektu Diesla. Zwiększony udział fazy krystalicznej tworzyw krystalicznych może spowodować zwiększony skurcz przetwórczy.

PODSUMOWANIE

Ustawienie optymalnych temperatur przetwórczych w procesie wtryskowym jest elementem niezbędnym w każdym przedsiębiorstwie skupionym na produkcji detali z tworzyw sztucznych. Warto zadbać także o same urządzenia wykorzystywane podczas prac przemysłowych, których nieprawidłowe działanie może wpłynąć na brakowość produkcji i przyczynić się do powstawania niepożądanych kosztów. W tym celu niezbędny jest cykliczny serwis i naprawa wtryskarek oraz części do wtryskarek. Zapewnienie odpowiednich temperatur wody oraz właściwie dobrane urządzenia peryferyjne pozwolą na skuteczną i efektywną pracę tych maszyn. Dzięki temu pod kontrolą będziemy mieli nie tylko temperaturę przetwórczą, ale cały proces formowania wtryskowego.

**Konrad Belka, kierownik techniczny
Centrum Badawczo-Rozwojowego Dopak**



Gdy potrzeba chłodu jest pilna...

Agregaty wody lodowej na wynajem!

Cool[®]
Istniejemy od 1981 roku

Zgłoś się do nas!

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



Dlaczego my?

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

cool.pl

REKLAMA

COLD TEAM

TECHNICZNA OBSŁUGA CHŁODNICTWA

PRZEMYSŁOWE CHILLERY KOMPAKTOWE FIRMY MTA

✦ SPRZEDAŻ

✦ WYNAJEM

✦ SERWIS



AUTORYZOWANY
DYSTRYBUTOR
I SERWIS



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

3 LATA PEŁNEJ GWARANCJI!!!*

Gdynia
tel. 603 818 006
coldteam@coldteam.pl

Zabrze
tel. 603 813 092
marek.korona@coldteam.pl

Łódź
tel. 575 945 000
serwis.lodz@coldteam.pl

Poznań
tel. 603 813 058
biuro.poznan@coldteam.pl

Serwis
tel. 663 016 300
serwis@coldteam.pl

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

Parownik Coaxial – opatentowany produkt marki Hitema

Coaxial to opatentowany przez włoskiego producenta Hitema wymiennik ciepła typu "rura w rurze", który działa w przeciwnym kierunku z czynnikiem chłodniczym (R410A, R454B, R32) w rurach miedzianych i wodą w rurach stalowych. Choć na rynku można znaleźć różne rodzaje wymienników zanurzonych w buforze, Hitema przez ponad 25 lat doskonaliła swoje unikalne rozwiązanie. Najstarszy parownik Coaxial funkcjonuje nieprzerwanie od ponad ćwierć wieku.

ZASADA DZIAŁANIA WYMIENNIKA COAXIAL

Wymiennik Coaxial jest umieszczony w zbiorniku wykonanym ze stali czarnej lub nierdzewnej. Ściany zbiornika o grubości od 2 do 3 mm są izolowane, a sam bufor pełni rolę akumulatora ciepła i chłodu. Parowniki Coaxial są dostępne w różnych wydajnościach, sięgających nawet 200 kW. W przypadku większych mocy Hitema stosuje parowniki płaszczowo-rurowe. Wymiennik Coaxial znajduje zastosowanie w wielu branżach, w tym w chłodnictwie procesowym, przetwórstwie tworzyw sztucznych, przemyśle farmaceutycznym, chemicznym, inżynierii mechanicznej, a nawet w rolnictwie.

BUDOWA I SPECYFIKACJA TECHNICZNA

Wężownica parownika Coaxial wykonana jest z rurek miedzianych o grubości 0,5 mm, a wężownica wodna ze stali czarnej o grubości 3 mm. Parownik może pracować w otwartych i zamkniętych obiegach wody. W przypadku otwartych obiegów (do modelu ENR.055) zbiornik nie jest pod ciśnieniem i wyposażony jest w przezroczysty wskaźnik poziomu wody. W systemach zamkniętych (8-200 kW) stosuje się zawory bezpieczeństwa ustawione na maksymalne ciśnienie 3 bary oraz odpowietrzniki, które zapobiegają korozji.

ZAKRES PRACY WYMIENNIKA COAXIAL

Parownik Coaxial może pracować z wodą lub glikolem w szerokim zakresie temperatur. Po stronie wodnej temperatura wyłotowa wynosi od -10°C do +20°C, a po stronie otoczenia od -25°C do +45°C. Dla bardziej wymagających aplikacji dostępne są specjalne opcje rozprężne, takie jak zawór termostatyczny (VTS) lub elektroniczny (ETS).

GLÓWNE ZALETY WYMIENNIKA COAXIAL

Samoczyszczanie

Dzięki większej przestrzeni między rurami miedzianymi a stalowymi, małe zanieczyszczenia, takie jak kamień czy pył, są usuwane z przepływem wody. Zbiornik wyposażony jest w zawór spustowy, który umożliwia regularne czyszczenie.

Adaptacja do zmiennych przepływów

Coaxial może pracować okresowo ze spadkiem przepływu nawet do 50% bez uruchamiania alarmu przeciwzamrożeniowego. Bufor wypełniony cieczą o wyższej temperaturze pomaga regulować spadek temperatury i ciśnienia, co zapewnia stabilność pracy systemu.

Proste napełnianie

W przypadku otwartych obiegów wody (OWC) możliwe jest bezpośrednie napełnianie zbiornika wodą przez przezroczystą rurkę.

W systemach zamkniętych (CWC) można zastosować automatyczne napełnianie z zaworu spustowego (VSC).

Ochrona przed zalaniem sprężarki

Separator cieczy umieszczony w górnej części bufora chroni sprężarkę przed zalaniem i dodatkowo zapewnia odparowanie czynnika chłodniczego.

Odporny na wahania temperatur

Dzięki zamontowanemu czujnikowi temperatury wody, system jest odporny na wahania temperatur i chroni wymiennik przed zamarzaniem.

Kompaktowy i wydajny

System Coaxial jest kompaktowy, co sprawia, że zajmuje mniej miejsca w chillerze, a jednocześnie osiąga wysoką wydajność, z współczynnikami SEPR przekraczającymi 5.

Elastyczność pracy z różnymi czynnikami chłodniczymi

Wymiennik jest kompatybilny z czynnikami chłodniczymi o różnych parametrach, takimi jak R410A, R454B i R32, co czyni go wszechstronnym rozwiązaniem.

W JAKICH AGREGATACH HITEMA STOSUJE SIĘ COAXIAL?

Parowniki Coaxial znajdują zastosowanie w agregatach wody lodowej Hitema, w tym w seriach:

- ENR (z powietrznym chłodzeniem skraplacza),
- ENRF (z powietrznym chłodzeniem i freecoolingiem),
- ENW (z wodnym chłodzeniem),
- ENRC (ze zdalnym skraplaczem),
- CSE (do instalacji wewnętrznych z kanałami wyrzucania ciepła na zewnątrz).

W związku z rosnącymi cenami energii, coraz większą popularnością cieszą się agregaty z funkcją free-cooling, w których Coaxial współpracuje z dodatkową wężownicą wodną skraplacza umieszczoną na zewnątrz.

NA CO ZWRÓCIĆ UWAGĘ PODCZAS UŻYTKOWANIA URZĄDZEŃ Z PAROWNIKIEM COAXIAL?

Podczas eksploatacji ważne jest regularne odpowietrzanie zbiornika, aby zapobiec korozji, szczególnie w przypadku, gdy w górnej części zbiornika może gromadzić się powietrze. Dodatkowo należy monitorować ciśnienie wody, aby nie przekroczyło 3 barów, co mogłoby spowodować uszkodzenie zbiornika.

GWARANCJA JAKOŚCI I SERWIS

Agregaty Hitema wyposażone w wymienniki Coaxial są zgodne z dyrektywami Unii Europejskiej i przed wysyłką przechodzą szczegółowe testy fabryczne. Autoryzowany serwis Hitema w Polsce zapewnia wsparcie techniczne zarówno w okresie gwarancyjnym, jak i po jego zakończeniu.

SCHIESSL POLSKA Sp. z o.o.

02-871 Warszawa, ul. Karczkowska 46

tel. +48 22 750 42 94,

e-mail: schiessl@schiessl.pl

Dział techniczny i serwis tel. +48 22 233 08 00



DARMOWE CHŁODZENIE

CZYLI FREE-COOLING

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

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii lub energii odpadowej

Oszczędności w przemysłowych procesach technologicznych

NEUTRALNOŚĆ KLIMATYCZNA

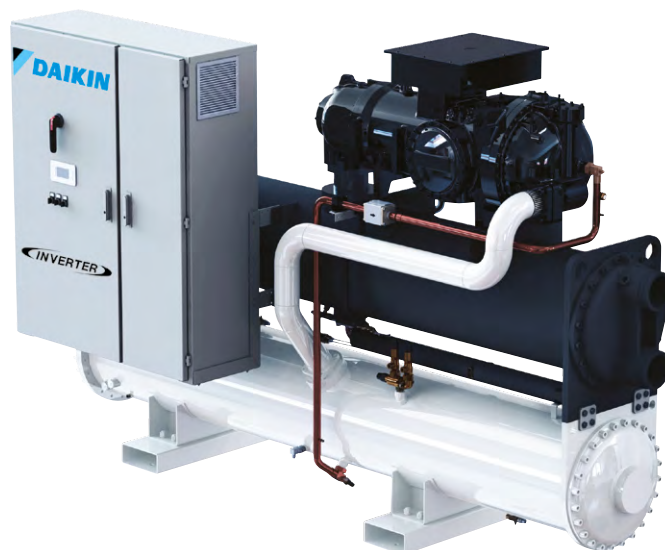
Dekarbonizacja sektora przemysłowego jest jednym z kluczowych etapów w przejściu do neutralności klimatycznej. Redukcja CO₂ staje się więc ważnym celem każdej firmy, która stawia przed sobą ambitne cele w zakresie zrównoważonego rozwoju. Istnieje wiele działań pozwalających na zmniejszenie emisji CO₂. Jednym z głównych są z pewnością pompy ciepła, które pozwalają na dostarczenie ciepła o odpowiedniej temperaturze przy wykorzystaniu bezpłatnej energii otoczenia lub energii odpadowej procesów przemysłowych, a także przy niewielkim nakładzie elektrycznej energii napędowej.

EFEKTYWNOŚĆ W GRZANIU LUB CHŁODZENIU

Wybór pompy ciepła zależy od wielu czynników; poza mocą i zakresem pracy bardzo istotny jest rodzaj dolnego źródła ciepła i przeznaczenie pompy, np. praca na cele ogrzewania budynku lub na cele podgrzania wody technologicznej. Pompy ciepła Daikin są odpowiednie zarówno do zadań procesowych, jak również są idealnym rozwiązaniem dla budynków, w których głównym wymogiem jest wysoka efektywność grzania i chłodzenia. Daikin jako lider technologii ogrzewania, chłodzenia, wentylacji i chłodnictwa dostarcza pompy ciepła woda-woda, powietrze-powietrze oraz powietrze-woda o mocy od kilku kW do kilku MW.

WYKORZYSTANIE CIEPŁA ODPADOWEGO

W wielu zakładach przemysłowych poza oczywistymi dolnymi źródłami ciepła dla pomp ciepła, takimi jak powietrze czy grunt, wykorzystane może być niskotemperaturowe ciepło odpadowe, które tracone jest bezpowrotnie do otoczenia. Rozwiązanie takie gwarantuje nie tylko wysoką wydajność, ale także przyczynia się do podniesienia efektywności energetycznej procesu produkcyjnego poprzez zatrzymanie części energii w obiegu zamkniętym, przyczyniając się w ten sposób do znacznych oszczędności kosztów eksploatacyjnych. W przypadku pomp ciepła Daikin rozwiązaniem spełniającym wymagania odzysku ciepła odpadowego są pompy ciepła z serii EWWH, które mogą być zasilane tem-



peraturą do 45°C, gwarantując maksymalną temperaturę wody do 75°C. Dodatkowo, są to urządzenia pracujące z czynnikiem R1234ze o bardzo niskim GWP równym 7, a więc w jeszcze większym stopniu zmniejszają emisyjność projektów dekarbonizacyjnych.

ROZWIĄZANIA WYSOKOTEMPERATUROWE

Wysoka temperatura zasilania pompy często jest warunkiem koniecznym projektów związanych z wymianą źródła ciepła, np. wymianą kotła gazowego. W wielu przypadkach zastosowanie pompy ciepła powietrze-woda, ze względu na jej ograniczenia pracy przy niskich temperaturach, nie jest odpowiednie. Rozwiązaniem problemu jest system kaskadowy, który składa się z pompy ciepła powietrze-woda oraz woda-woda, w których skraplacz powietrznej pompy ciepła współpracuje z parownikiem wodnej pompy ciepła. Kaskadowy system pomp ciepła Daikin pozwala na wytworzenie wody o temperaturze 75°C przy zewnętrznej temperaturze -20°C. Jest to idealne rozwiązanie jako alternatywa dla kotła ze względu na osiąganą wysoką temperaturę i kompaktowe rozmiary pompy ciepła woda-woda.

W Daikin pracujemy tak, aby sprostać wymaganiom klienta i w jak największym stopniu przyczynić się do poprawy efektywności energetycznej zakładu. Szukamy potencjalnych oszczędności, analizujemy rozwiązania, projektujemy, dostarczamy urządzenia i wykonujemy instalację.



https://www.daikin.pl/pl_pl/klienci.html



Kompleksowa obsługa instalacji HVAC-R

- przy nowych inwestycjach
- przy modernizacji

Jako pionier w zakresie urządzeń chłodniczych posiadamy najszersze portfolio agregatów wody lodowej (chillerów) i pomp ciepła, o mocach od kilku kW do kilku MW.

Dzięki dużej liczbie opcji urządzeń jesteśmy w stanie spełnić każde oczekiwanie i dostosować się do zróżnicowanych potrzeb.

Gwarantujemy profesjonalne doradztwo, obsługę, dobór i serwis.

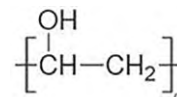
Folia z poli(alkoholu winylowego) jako alternatywa tworzyw sztucznych wykonanych z PET i HDPE

Bibianna Nowak, Elżbieta Sikora

Wzrost świadomości i oczekiwań ze strony konsumentów produktów czyszczących i piorących oraz podejmowanie wielu inicjatyw w zakresie zmian ustawodawstwa przez organy UE przyczyniają się do zmian nie tylko w recepturowaniu produktów, ale i sposobie ich aplikacji. Dynamiczny rozwój środków do prania w formie ściśle określonych porcji w otoczce z folii wykonanej z poli(alkoholu winylowego) (PVA) dał możliwość racjonalnego użycia produktu, ograniczając przedozowanie detergentu. Koncepcja skoncentrowania mieszaniny piorącej i jej zamknięcia w otoczce wykonanej z folii z PVA znacznie ogranicza zużycie wody w procesach produkcyjnych (zgodnie z trendem *water less*) oraz zmniejsza ilość wprowadzanych na rynek tworzyw sztucznych. Folia z PVA dająca możliwość przechowywania, ochrony, przewozu i dostarczania produktu stanowi interesującą alternatywę dla tworzyw sztucznych wykonanych m.in. z PET (poli(tereftalen etylenu)) i HDPE (polietylen o wysokiej gęstości). Artykuł stanowi przegląd literaturowy dotyczący składu, właściwości i procesu wytwarzania folii z PVA. Omówiono zależności pomiędzy składem chemicznym folii a jej właściwościami fizycznymi i rozpuszczalnością w wodzie. Szczególną uwagę zwrócono na biodegradowalność folii. Z przeprowadzonego przeglądu literaturowego wynika, że właściwości folii z PVA stwarzają możliwości rozszerzenia jej zastosowania w procesie ekoprojektowania zrównoważonych produktów detergentowych do czyszczenia i pielęgnacji powierzchni twardych.

Założenia Europejskiego Zielonego Ładu w branży chemii gospodarczej [1] dotyczą wielu aspektów, takich jak: skład produktu, opakowanie, deklaracja marketingowa i transparentność marek. W dłuższej perspektywie planowane działania mają doprowadzić do zmniejszenia ilości powstających odpadów opakowaniowych, zaostrzenia zasadniczych wymagań dotyczących opakowania i rozszerzenia zakresu obowiązywania przepisów dotyczących ekoprojektowania na inne kategorie niż wymienione w Dyrektywie UE [2]. Projekt rozporządzenia ESPR [3] (*Regulation on Ecodesign for Sustainable Products*) obejmuje nowe wymogi dotyczące ekoprojektu w celu zwiększenia trwałości, możliwości ulepszenia i naprawy produktów, rozwiązania problemu obecności niebezpiecznych chemikaliów w produktach, zmniejszenia przewidywanej ilości odpadów wytworzonych w związku z produktami oraz zwiększenia zawartości materiałów z recyklingu w produktach, przy jednoczesnym zapewnieniu ich efektywności i bezpieczeństwa oraz zmniejszeniu śladu węglowego i środowiskowego. Zrównoważony rozwój w przemyśle detergentowym, zgodnie z dokumentem zatytułowanym „Przekształcamy nasz świat: Agenda na rzecz Zrównoważonego Rozwoju – 2030”, opracowanym we wrześniu 2015 r. w trakcie Zgromadzenia ONZ w Nowym Jorku, zdefiniowany został jako rozwój, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokajane bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie [4]. Zgodnie z tym dokumentem zapobieganie zmianom klimatu i ich skutkom, ochrona zasobów wodnych, przeciwdziałanie degradacji osiągnięte jest nie tylko przez mo-

Rys. 1. Cząsteczka PVA

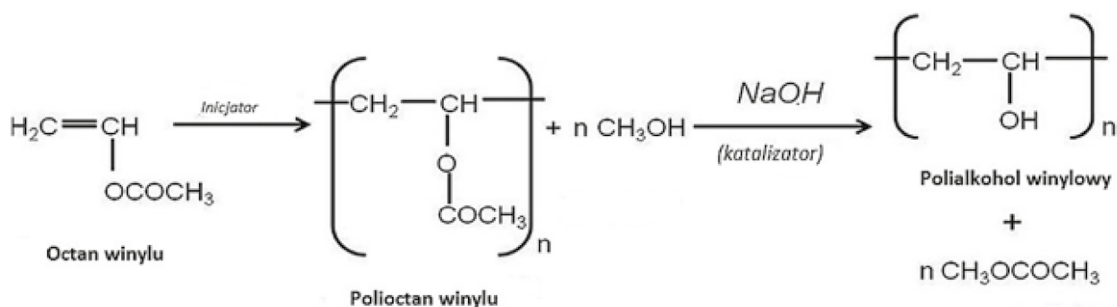


dyfikację receptur i opakowań preparatów detergentowych, ale także przez wykorzystywanie innowacyjnych rozwiązań i nowych technologii w celu zmniejszenia zużycia energii i wody, ograniczenia emisji ditlenku węgla oraz ilości odpadów powstających w procesie technologicznym [5–7]. W ciągu ostatnich dziesięcioleci na całym świecie nastąpił wyraźny wzrost produkcji tworzyw sztucznych, z 1,5 mln t w 1950 r. do 359 mln t w 2018 r., przy czym prawie 40% produkowanych tworzyw sztucznych zużywanych jest do produkcji opakowań, co generuje wzrost ilości odpadów z tworzyw sztucznych [8]. Naukowcy szacują, że na całym świecie w 2019 r. produkcja i spalanie plastiku spowodowało wyemitowanie do atmosfery ponad 850 mln t gazów cieplarnianych. Do 2050 r. emisje te mogą wzrosnąć

Tabela 1. Skład jakościowy i ilościowy folii PVA

Składnik	% mas.
PVA	60–80
Plastyfikatory	10–25
Woda	3–9
Dodatki	0–3

Rys. 2. Schemat reakcji otrzymywania PVA



do 2,8 mld t [8, 9]. Nie tylko ilość wprowadzanych opakowań z tworzyw sztucznych zaburza zasady zrównoważonego rozwoju. Problem dotyczy również zużycia wody stanowiącej podstawowy składnik formulacji detergentowych. Tylko w Polsce w 2020 r. wynosiło ono 314,9 mln m³ w całej produkcji przemysłowej [10]. Uwzględniając aspekty związane ze zminimalizowaniem ilości odpadów z tworzyw sztucznych i ograniczenia zużycia wody, idealnym rozwiązaniem będzie możliwość zastąpienia obecnie stosowanych tworzyw wykonanych z PET i HDPE materiałami biodegradowalnymi oraz maksymalne skoncentrowanie składu detergentu (zgodnie z trendem *water less*).

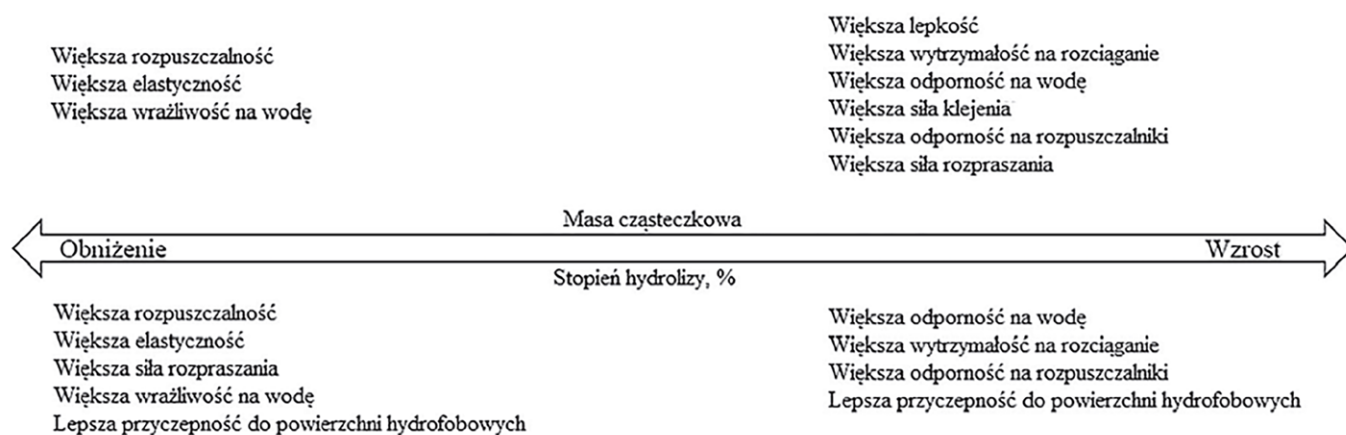
Z przeglądu literatury patentowej [11–15] wynika, że wśród biodegradowalnych materiałów opakowaniowych folia wykonana z PVA stanowi interesującą alternatywę dla tworzyw z PET i HDPE. Wprowadzenie na rynek konsumencki w 2010 r. ciekłych detergentów piorących w postaci kapsułek do prania w otoczce wytworzonej z PVA dało możliwość racjonalnego użycia produktu, ograniczając przedozowanie produktów, a w efekcie zmniejszenie ilości zbędnych środków powierzchniowo czynnych wprowadzanych do środowiska.

PVA (rys. 1) w przeciwieństwie do większości polimerów winylowych nie jest wytwarzany przez polimeryzację, ze względu na niestabilność monomeru (alkohol winylowy), a jest otrzymywany przez hydrolizę poli(octanu winylu) lub czasami innych polimerów pochodzących z estrów winylowych z grupami mrówczanowymi lub chlorooctanowymi zamiast octanowych. Konwersja estrów poliwinylowych jest zwykle prowadzona przez transestryfikację metanolem lub etanolem (katalizowaną zasadą). Na rys. 2 przedstawiono schemat reakcji. Stopień transestryfikacji wpływa na właściwości polimeru [16]. Dzięki zawartości dużej

liczby grup wodorotlenowych jest on rozpuszczalny w wodzie, a nierozpuszczalny w większości rozpuszczalników organicznych. Rozpuszczalność PVA oraz właściwości jego roztworów wodnych zależą od procentowej zawartości niezhydrolizowanych grup octanowych. PVA ma szerokie zastosowanie m.in. w produkcji klejów, apretur, kolloidów ochronnych i emulsji fotograficznych. Stosowany jest również jako składnik zagęszczający i żelujący w produktach kosmetycznych i farmaceutycznych oraz w przemyśle tekstylnym, elektronicznym i w budownictwie [17]. Rozwój środków do prania w postaci monodoz wpłynął na zwiększenie zastosowania PVA również w produktach chemii gospodarczej jako materiału do otrzymywania folii wodorozpuszczalnej. Folia z PVA wytwarzana jest w procesie *blown extrusion* (wyłaczanie folii z rozdmuchiowaniem) lub *cast extrusion* (wylewanie folii). W technologii wyłaczania z rozdmuchiowaniem wyróżnia się dwa procesy, wyłaczanie tworzywa oraz rozdmuchiwanie folii [18]. Proces *cast extrusion* polega na podaniu żywicy plastycznej za pomocą systemu grawimetrycznego do jednej lub kilku wyłaczarek. Materiały są następnie topione i mieszane przez wyłaczarki, filtrowane i podawane do układu matryc w celu uzyskania płaskiego kształtu folii.

SKŁAD FOLII PVA

W tabeli 1 przedstawiono ogólny skład jakościowy i ilościowy folii PVA. Szczegółowe informacje dotyczące technologii otrzymywania folii z PVA, jej składu ilościowego i jakościowego chroniony jest licznymi patentami. Podstawowym składnikiem folii PVA jest częściowo lub całkowicie zhydrolizowany polimer PVA, będący kopolimerem alkoholu winylowego i octanu winy-



Rys. 3. Wpływ stopnia hydrolizy i masy cząsteczkowej na właściwości mechaniczne folii PVA [21]

lu. Plastyfikatory, stanowiące 10–25% mas. składu folii PVA, dobierane są zależnie od oczekiwanych właściwości folii, w tym pożądanej elastyczności i rozpuszczalności w wodzie. Przy zbyt małej zawartości plastyfikatorów folia jest krucha i podatna na łamanie, natomiast podwyższona ilość plastyfikatora sprawia, że folia PVA staje się zbyt miękka, co utrudnia jej przetwarzanie dlażądanego zastosowania. Najczęściej wymienianymi w literaturze [11, 12] plastyfikatorami są glicerol, sorbitol, glikole, etanoloaminy lub mieszaniny tych związków chemicznych. W grupie środków pomocniczych stosowane są m.in. substancje, które w przypadku zastosowania folii PVA jako materiału opakowaniowego detergentów do prania gwarantują bezpieczeństwo użytkowania produktów zgodnie z rozporządzeniem Komisji UE [19].

WŁAŚCIWOŚCI FOLII PVA

Właściwości fizyczne folii PVA, takie jak wytrzymałość, rozpuszczalność w wodzie, przepuszczalność gazów i właściwości termiczne zmieniają się wraz ze stopniem krystaliczności, który w dużej mierze zależy od stopnia hydrolizy i średniej masy cząsteczkowej polimeru. Stopień hydrolizy wyraża się jako procent molowy jednostek octanu winylu przekształconych w jednostki alkoholu winylowego. Przy stałym stopniu hydrolizy im bardziej wzrasta masa cząsteczkowa PVA, tym większa jest wytrzymałość na rozciąganie i wodoodporność folii. Przy stałej masie cząsteczkowej wysoki stopień hydrolizy zmniejsza rozpuszczalność w wodzie i zwiększa wodoodporność, krystaliczność i wytrzymałość na rozciąganie [20]. Wpływ masy cząsteczkowej i stopnia hydrolizy na właściwości fizyczne folii PVA przedstawiono na rys. 3 [21].

Z dostępnych danych literaturowych wynika, że technologia otrzymywania folii PVA z uwzględnieniem różnych dodatków pozwala na otrzymanie różnych rodzajów folii charakteryzujących się różnymi właściwościami mechanicznymi. Wodorozpuszczalna folia zawierająca PVA, plastyfikator i hydroksypropylowaną skrobię wykazuje niski współczynnik tarcia, a tym samym zmniejszoną tendencję do przywierania do powierzchni [13]. Opisana w patencie [14] mieszanina alkoholu poliwinylowego i składników pomocniczych takich jak plastyfikatory, wypełniacze, środki powierzchniowo czynne pozwala uzyskać folię o ulepszonych właściwościach mechanicznych, takich jak wytrzymałość na rozciąganie i sprężystość przy rozciąganiu. Ponadto poprawę właściwości fizycznych można uzyskać, stosując kombinację różnych plastyfikatorów. Wśród popularnych plastyfikatorów wyróżnia się glikol dipropylenowy, sorbitol i glicerynę [15]. Wieloletnie badania nad metodami otrzymywania folii PVA pozwoliły na modyfikację czasu rozpuszczania i uzyskanie odpowiedniej odporności chemicznej zapewniającej bezpieczeństwo stosowania jako materiał opakowaniowy detergentów piorących w postaci kapsułek.

MIKROPLASTIK

Mikroplastik zgodnie z definicją podaną w opublikowanym 30 sierpnia 2022 r. przez Komisję Europejską projekcie poprawki do rozporządzenia w sprawie rejestracji, oceny, autoryzacji i ograniczeń mających zastosowanie do substancji chemicznych REACH (*registration, evaluation and authorisation of chemicals*) oraz zmian do załącznika XVII ww. rozporządzenia oznacza cząstki zawierające stały polimer, do którego mogły zostać dodane dodatki lub inne substancje i gdzie $\geq 1\%$ mas. cząstek ma wszystkie wymiary $0,1 \mu\text{m} \leq x \leq 5 \text{ mm}$, lub, w przypadku włókien, długość $0,3 \mu\text{m} \leq x \leq 15 \text{ mm}$ i stosunek długości do

średnicy > 3 . Definicja mikroplastiku jest dość szeroko omawiana i dyskutowana w Europie ze względu na ograniczenia stosowania surowców zawierających mikroplastik i nałożenie nowych obowiązków dla przemysłu wykorzystującego te rozwiązania. Z definicji mikroplastiku zgodnie z propozycją ustawodawcy zostały wyłączone naturalne polimery, które nie są chemicznie modyfikowane, polimery, które są biodegradowalne i polimery z rozpuszczalnością $> 2\text{g/L}$ [22]. Dążąc do wyeliminowania tworzyw sztucznych oraz ograniczenia ich obecności w środowisku, przede wszystkim środowisku wodnym, podejmuje się próby ich zastąpienia biodegradowalnymi surowcami. Wśród materiałów biodegradowalnych wymienia się folię otrzymaną z białka mleka i folię otrzymaną ze skrobi ziemniaczanej. Wykorzystywana do produkcji folii kazeina jest surowcem łatwo dostępnym, biodegradowalnym i kompostowalnym, a jej wykorzystanie pozwala na otrzymanie bioplastiku o znikomej toksyczności dla organizmów wodnych [23]. Opisana w patencie [24] termoplastyczna folia oparta na kazeinie, poza neutralnością dla środowiska spełnia wymagania prawne¹⁹ związane z właściwościami fizycznymi materiału opakowaniowego dla płynnych detergentów piorących. Opisana w patencie [25] biodegradowalna folia na bazie skrobi ziemniaczanej, zawierająca plastyfikator wielowodorotlenowy w postaci gliceryny, cechuje się dobrymi właściwościami mechanicznymi oraz zawiera eugenol, który daje możliwość rozszerzenia jej zastosowania jako nośnik zapachu przy produkcji odświeżaczy długo uwalniających zapach.

BIODEGRADOWALNOŚĆ FOLII PVA

PVA uznaje się za jeden z niewielu polimerów winylowych, które mogą ulegać szybszej biodegradacji. Jest to możliwe dzięki obecności w polimerze grup hydroksylowych, które warunkują hydrofilowy charakter tego tworzywa. Biodegradowalność PVA badano w kompoście, glebie, wodzie, w warunkach tlenowych i beztlenowych [26]. Wyniki badań pochodzące z rozkładu różnych rodzajów folii PVA (zmodyfikowanych strukturalnie, zawierających różne substancje pomocnicze) potwierdziły, że folie z PVA są biodegradowalne. Niektóre materiały ulegały biodegradacji po 28 dniach, niektóre po 28 dniach wykazywały stopień biodegradacji na poziomie 60%. Niemniej jednak i dla tych materiałów biodegradacja nadal była prowadzona i po dodatkowych 32 dniach próg rozkładu został osiągnięty [27].

Bayo i współpr.[28] zbadali zdolność uwalniania mikroplastiku ze składu kapsułek do prania i do zmywarek w folii PVA. Ocenili oni obecność mikrodrobin plastiku w ściekach pochodzących ze stosowania rozpuszczalnych w wodzie kapsułek z detergentem, zarówno do prania, jak i do zmywania naczyń, łącznie 39 różnych marek handlowych z czterech krajów (Hiszpania, Portugalia, Belgia i Włochy). Oprócz ścieków pochodzących z prania i zmywania automatycznego po użyciu kapsułek w folii PVA, przebadano również ścieki po użyciu tradycyjnych detergentów piorących i żeli do zmywarek, ścieki bez udziału detergentów piorących i myjących, ścieki pochodzące z prania tkanin i zmywania naczyń bez udziału detergentów, aby sprawdzić, czy tkaniny lub urządzenia maszynowe mogą uwalniać mikroplastik. Pranie przeprowadzono w pralce Miele model W 1935 w temp. 30°C, w wodzie o określonej twardości w cyklu prania (1 h 49 min), natomiast zmywanie naczyń przeprowadzono w zmywarce Bosch w temp. 55°C przy określonej twardości wody. Możliwe cząstki mikroplastiku zbadano za pomocą zmiennooogniskowego mikroskopu Olympus SZ-61 TR połączonego z aparatem cyfrowym Leica MC190

HD i oprogramowaniem używanym do analizy i rejestracji koloru, rozmiaru i kształtu każdej cząstki, a metodę FTIR wykorzystano do identyfikacji i składu molekularnego powierzchni polimerowych. Stereomikroskopowe badanie przesiewowe połączone z analizą FTIR okazało się odpowiednie do identyfikacji włókien i mikrocząstek na powierzchni filtra. W wyniku przeprowadzonego eksperymentu nie stwierdzono oznak znacznego zanieczyszczenia próbek ścieków mikroplastikiem generowanym przez kapsułki lub przez rozpuszczalną w wodzie kompozycję kapsułki wykonanej z folii PVA [28].

Dostępne dane literaturowe potwierdziły, że właściwości folii PVA stosowanej jako materiał opakowaniowy w przypadku płynnych detergentów do prania nie spełniają żadnej z definicji mikroplastiku: materiał nie jest wielkości mikro ani nano, jest rozpuszczalny w wodzie oraz ulega biodegradacji w warunkach środowiskowych. Wspomniane właściwości wpływają na wzrost zastosowania folii z PVA. Wartość światowego rynku folii PVA została wyceniona w 2022 r. na 403,69 mln USD i oczekuje się, że w latach 2023–2030 będzie nadal rosła w tempie skumulowanej rocznej stopy wzrostu wynoszącej 5,4% [29].

PODSUMOWANIE

Z dostępnych danych literaturowych wynika, że w dobie znacznych ograniczeń dotyczących stosowania materiałów polimerowych folie z PVA jako materiał na opakowania w produktach piorących stanowią doskonałą alternatywę dla obecnie stosowanych tworzyw sztucznych PET i HDPE.

Rozszerzenie zastosowania folii PVA w obrębie grupy detergentów może wpłynąć na ograniczenie ilości wprowadzanych do środowiska odpadów w formie mikroplastiku.

LITERATURA

- [1] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Europejski Zielony Ład, COM (2019) 640 final, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF, dostęp 16 sierpnia 2023 r.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią, Dz.U. UE L 285/10.
- [3] Wniosek Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiający ramy ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla zrównoważonych produktów i uchylający dyrektywę 2009/125 WE, COM (2022)0095, <https://eur-lex.europa.eu/legal/content/EN/TXT/?uri=celex%3A52022PC0142>, dostęp 23 sierpnia 2023 r.
- [4] Raport nr 23 „Zrównoważony rozwój i zielone kompetencje”, <https://www.unic.un.org.pl/strony-2011-2015/zrownowazony-rozwoj-i-celezrownowazonego-rozwoju/2860>, dostęp 23 sierpień 2023 r.
- [5] F. Faraon, V. Abbondandolo, C. Chiaratti, A. Vittadello, E. Nieddu, *Chemia Biznes Rynek Kosmetyczny Chemii Gospodarczej* 2019, nr 3, 16.
- [6] <https://www.un.org.pl/cel9>, <https://www.un.org.pl/cel12>, dostęp 29 czerwca 2023 r.
- [7] M. Gajdak, A. Łuczak, *Chemia Biznes Rynek Kosmetyczny Chemii Gospodarczej* 2022, nr 2, 90.
- [8] <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/society/20181212ST021610/odpady-z-tworzyw-sztucznych-i-recy->

kling-w-uefakty- i-liczby-, dostęp 29 czerwca 2023 r.

- [9] <https://wwf.org.au/blogs/plastic-waste-and-climate-change-whats-the-connection/#gs.4gzb4I>, dostęp 29 czerwca 2023 r.
- [10] <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00006/default/table?lang=en->, dostęp 29 czerwca 2023 r.
- [11] EP 3443030(2022).
- [12] EP 3274398(2021).
- [13] WO 081494 (2018).
- [14] WO 061025 (2016).
- [15] WO 061026 (2016).
- [16] M.L. Hallensleben, [w:] *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, https://doi.org/10.1002/14356007.a21_743.
- [17] J. Pielichowski, A. Puszyński, *Technologia tworzyw sztucznych*, WNT, Warszawa 1992.
- [18] J. Stasiak, *Polimery* 2005, 50, nr 3, 167.
- [19] Rozporządzenie Komisji (UE) 1297/2014 z dnia 5 grudnia 2014 r. dostosowujące do postępu naukowo-technicznego rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, Dz.U. UE L350/1.
- [20] Jie Ma, *Alternative water soluble polymeric films to poly(vinyl alcohol) for single unit dose products*, Praca doktorska, Uniwersytat Rovira i Virgili, Tarragona 2020.
- [21] <http://www.sekisui-sc.com/products/polyvinyl-alcohol/>, dostęp 20 kwietnia 2023 r.
- [22] European Chemicals Agency, *Opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions on intentionally-added microplastics*, Helsinki 2020.
- [23] <https://cordis.europa.eu/article/id/254165-milkbased-plastics-plasticsto-reduce-environmental-damage/pl>, dostęp 29 czerwca 2023 r.
- [24] WO 2022269196. [25] PL 233229 (2016). [26] Pająk, M. Ziemiński, B. Nowak, *Chemik* 2010, 64, nr 7-8, 525.
- [27] D. Byrne, G. Boeijs, I. Croft, G. Hüttnann, G. Luijckx, F. Meier, Y. Parulekar, G. Stijntjes, *Tenside Surfactants Deterg.* 2021, 58, 88, <https://doi.org/10.1515/tsd-2020-2326>.
- [28] J. Bayo, B. Ramos, J. López-Castellanos, D. Rojo, S. Olmos, *Microplastics* 2022, 1, nr 1, 121, <https://doi.org/10.3390/microplastics1010008>.
- [29] <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/polyvinyl-alcohol-films-industry>, dostęp 29 czerwca 2023 r.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przegląd Chemiczny” 2023, 102/10, s. 1059-1063.

mgr Bibiana Nowak¹, dr hab. inż. Elżbieta Sikora²

1 – Lakma Strefa Sp. z o.o., Warszowice; Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Inżynierii Chemicznej

2 – Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

Puszka PET innowacyjnym rozwiązaniem dla branży napojowej



PET CAN to nowe rozwiązanie opakowaniowe dla branży napojowej łączące ze sobą zalety butelki PET i puszek aluminiowej. Technologia produkcji puszek z tworzywa sztucznego opiera się na użyciu specjalnych preform rozdmuchiwanych na odpowiednio zmodyfikowanych maszynach rozdmuchowych. Zastosowanie PET CAN może być bardzo szerokie: od napojów bezalkoholowych, poprzez wody smakowe, piwo i wino, dzięki czemu z roku na rok zyskuje na znaczeniu na rynkach światowych.

PET CAN zawiera szereg zalet w stosunku do puszek aluminiowej. Warto wspomnieć o bezpieczeństwie i higienie - tworzywo PET nie wchodzi w reakcję z przechowywanymi napojami i może być stosowane w bardzo szerokim zakresie. Ponadto puszka PET jest przezroczysta, dzięki czemu widoczna jest jej zawartość, co jest znaczącym atutem przy wyborze produktu przez kupującego. Może ona również przybierać różne kolory i kształty, co pozwala na odróżnianie się produktu finalnego od konkurencji. Produkt spełnia również eko-kryteria – od energooszczędnego procesu produkcji po recykling możliwy w 100 proc.

Istotną zaletą tego produktu jest możliwość nalewania puszek PET na tych samych liniach technologicznych co puszki aluminiowe. To rozwiązanie pozwala istotnie ograniczyć koszty początkowe inwestycji, wystarczy wykorzystać linię rozlewniczą.

W produkcji puszek PET idealnie sprawdzi się w pełni zautomatyzowana maszyna rozdmuchowa z serii Blueline 10 C HiTech, która pozwala na szybką i sprawną produkcję 10000 puszek na godzinę. Maszyna rozdmuchowa Blueline 10C HiTech posiada wiele innowacyjnych rozwiązań umożliwiających

zmniejszenie zużycia energii elektrycznej i zużycia sprężonego powietrza.

System operacyjny maszyny oparty jest na oprogramowaniu austriackiej firmy Bernecker, które umożliwia pełną kontrolę maszyny wraz z analizą błędów. Komunikacja z operatorem realizowana jest w oparciu o ekran dotykowy, który umieszczony jest w jednej obudowie ze sterownikiem PLC. Takie rozwiązanie zapewnia bardzo szybką komunikację i eliminuje błędy komunikacyjne, szczególnie podczas różnic napięcia zasilania.

Maszyna rozdmuchowa Blueline 10 C HiTech została zaprojektowana w wersji „all electric”. Oznacza to, że wszystkie ruchy realizowane są za pomocą napędów elektrycznych. To rozwiązanie zapewnia pełną kontrolę nad poprawną pracą maszyny rozdmuchowej wraz z możliwością analizy całego procesu technologicznego.

Układ zamykania formy rozdmuchowej oparty jest na serwo-motorach wraz z przekładnią planetarną. Innowacyjny system napędu prętów rozciągających eliminuje ich regulację przy zmianie form rozdmuchowych. System automatycznie dostosowuje się do wysokości produkowanych puszek, dzięki czemu nie ma potrzeby zmiany pozycji pręta rozciągającego podczas zmiany produkcji puszek.

Maszyna rozdmuchowa Blueline 10C HiTech posiada rozbudowany system regulacji parametrów technologicznych. Jest to niezbędne zwłaszcza przy produkcji puszek o specjalnych kształtach.

W rozdmuchownicy Blueline 10C HiTech zastosowano wiele innowacyjnych rozwiązań mechanicznych i pneumatycznych następujących firm: STOEBER (Niemcy), BOSCH-REXROTH (Niemcy), MetalWork (Włochy), SMC (Japonia). System nadmuchu oparty jest na najnowszym rozwiązaniu firmy EUGEN SEITZ (Szwajcaria). System grzewczy oparty jest na niezawodnych elementach firmy DANFOSS (Dania) ze specjalnym zabezpieczeniem elektrycznym. Części elektryczne oparte są na elementach MOELLER (Niemcy) i BALLUFF (Niemcy).

Preformy są dostarczane automatycznie ze specjalnych tacek do trzpieni w maszynie rozdmuchowej. Tacki z preformami są dostarczane manualnie lub za pomocą zrobotyzowanego systemu na przenośnik taśmowy, który automatycznie transportuje je do maszyny. Puszki PET dostarczane są z formy rozdmuchowej automatycznie na transporter płytkowy, którym puszki te transportowane są do maszyny rozlewniczej.

Dzięki powyższym rozwiązaniom maszyna rozdmuchowa Blueline 10C HiTech jest maszyną taną w eksploatacji, wysoce niezawodną i łatwą w obsłudze.



Więcej na: <https://tes.com.pl/>



polanvil

Polichlorek winylu

creovil

Granulaty i mieszanki PCW

Korozja: przyczyny, skutki, metody zapobiegania i badania – artykuł przeglądowy – cz. II

Alicja Matusiak, Ewa Zawadzka, Selim Oleksowicz

Artykuł omawia zjawisko degradacji materiałów poprzez korozję wywołowaną warunkami eksploatacyjnymi. W pierwszej części artykułu zdefiniowano zjawisko korozji oraz przedstawiono jej skutki. Zjawisko korozji polega na degradacji materiałów, zwykle metali w wyniku reakcji chemicznej z otoczeniem. Większość obecnie dostępnych źródeł naukowych skupia się na korozji występującej w metalach, które zazwyczaj pokrywane są ochronnymi powłokami polimerowymi. Z tego powodu tak ważne jest wykonywanie badań i analiz dotyczących korozji tworzyw sztucznych. Skutkiem korozji jest zmniejszenie wytrzymałości materiału, co prowadzi do awarii funkcjonalnych elementów. W wyniku korozji powstają wżery, pęknięcia zmęczeniowe czy tzw. poduszkowanie, czyli gromadzenie produktów korozji wewnątrz materiału. Powoduje to awarię funkcjonalną elementu. Biorąc pod uwagę powszechność występowania tego negatywnego zjawiska, niezwykle ważna jest odpowiednia prewencja. Możliwości predykcji zostały omówione w artykule.

ZAPOBIEGANIE KOROZJI

Ze względu na szkodliwość korozji oraz jej nieuniknione występowanie opracowywane są metody jej zapobiegania. Wśród nich wyróżnić można dobór odpowiednich materiałów w oparciu o analizę środowiska zastosowania, projektowanie nowych materiałów, ochronę katodową czy stosowanie inhibitorów korozji oraz powłok [4]. Aplikacja powłok antykorozyjnych jest uznawana za najodpowiedniejszą metodę ochrony materiału, który obciążony jest działaniem zewnętrznego środowiska atmosferycznego [44].

Można wyróżnić dwie metody zapobiegania korozji: elektryczne i nieelektryczne. Do metod nieelektrycznych zaliczamy powłoki, uszczelniacze i domieszki hamujące korozję. Metody elektryczne polegają na ochronie katodowej [45]. Mechanizmy powłok antykorozyjnych mające na celu ograniczenie korozji metali opierają się na ochronie katodowej, pasywacji anodowej, hamowaniu elektrolitycznym oraz aktywnym hamowaniu korozji [46–48].

Inną metodą ochrony materiałów przed korozją jest zastosowanie inhibitorów korozji. Inhibitory korozji są substancjami chemicznymi, których działanie polega na zmniejszaniu szybkości korozji przy jednoczesnym braku wpływu na zmiany stężenia jakichkolwiek innych czynników korozyjnych. Jako inhibitory korozji stosowane są chromiany, azotyny, benzoesany, fosforany, sole cynowe oraz żelazowe [49]. Zastosowanie takich związków jest stosunkowo niedrogię w porównaniu do innych środków antykorozyjnych. W celu ochrony powierzchni przed korozją przez lata wykorzystywane były powłoki na bazie chromianów [50 - 54]. Jednakże powłoki na bazie chromianu są toksyczne, co stwarza zagrożenie dla środowiska. Skłoniło to badaczy do opracowania alternatywnych powłok organicznych o wyższych właściwościach antykorozyjnych [55]. Już w 1973 r. w opracowaniu „Granice wzrostu” zwrócono uwagę na chrom stosowany w garbowaniu,

produkcji, przemyśle metalurgicznym oraz w ochronie przed korozją, jako jeden z pierwiastków, którego będzie brakować do 2025 r. Od wielu lat wykorzystanie chromu gwałtownie spadło ze względu na zmiany regulacyjne, które skłoniły naukowców do opracowania ekologicznych alternatyw, które są zgodne zarówno z przepisami zdrowotnymi, jak i środowiskowymi [49]. W ostatnich latach wprowadzono regulacje dotyczące stosowania chromu, które obejmują przepisy zarówno dotyczące jego emisji do środowiska, jak i zawartości w produktach. Przykładem takiej regulacji jest REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*) [56]. W związku z wprowadzonymi regulacjami oraz szkodliwością chromianów naukowcy opracują alternatywne antykorozyjne powłoki polimerowe.

Występują liczne publikacje naukowe omawiające zapobieganie korozji w metalach poprzez zastosowanie powłok polimerowych [57 - 62]. Jednakże występuje niewiele badań dotyczących zapobiegania korozji w tworzywach sztucznych. Badania powinny być kierunkowane na możliwości ochrony przed korozją tworzyw sztucznych czy kompozytów. W celu zwiększenia odporności tworzyw na korozję możliwa jest funkcjonalizacja ich odpowiednimi dodatkami funkcyjnymi, tak jak ma to miejsce w przypadku antykorozyjnych farb. Ponadto warto zwrócić uwagę na materiały wtórne, które dzięki swojej pierwotnej aktywacji posiadają zwiększoną odporność na czynniki środowiskowe. Przykładem takich materiałów mogą być surowce odpadowe pochodzące z zastosowań morskich oraz marynistycznych takich jak łopaty morskich turbin wiatrowych. Dzięki takiemu rozwiązaniu poza wykorzystaniem materiałów odpadowych, co wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym, możliwe jest wykorzystanie surowców, które posiadają już właściwości antykorozyjne. Ponadto zastosowanie wtórnych dodatków umożliwi obniżenie kosztów produkcji tworzyw wykazujących odporność na korozję.

W [2] opisano sposób przygotowania powłok o wyższej właści-

wości antykorozyjnej dzięki wykorzystaniu materiałów wypełniających o specjalnie opracowanych właściwościach, tj. powłoki hydrofobowe, inteligentne powłoki samonaprawiające się oraz powłoki superhydrofobowe. Obecnie specjaliści, którzy zajmują się konserwacją obiektów metalowych wykazują duże zainteresowanie badaniem powłok antykorozyjnych [4, 63 - 69].

Szeroką popularnością wśród opracowań naukowych wyróżniają się artykuły, których tematyka dotyczy nanokompozytowych powłok na bazie grafenu. Materiały te zyskały swoją popularność w przemyśle motoryzacyjnym, chemicznym, biomedycznym, tekstylnym, stalowym, naftowym, petrochemicznym, cementowym oraz budowlanym [4].

METODY BADAŃ KOROZJI

Jedną z podstawowych metod badania korozji oraz jej wpływu na materiał jest test w komorze solnej. Badanie może być wykonywane na podstawie norm, tj. PN-EN ISO 9227:2012, ASTM B117-11, DIN50021. Ponadto badanie można modyfikować poprzez manipulację temperatury oraz wilgotności. Wykorzystywane do testów w mgłę solnej komory są zaprojektowane w taki sposób, aby możliwa była kontrola czynników mających kluczowy wpływ na powstawanie korozji. Jednakże, sztucznie wytworzone warunki nie odzwierciedlają w pełni naturalnie występującego klimatu [70]. Wyróżniamy test w rozpylonej solance – NSS (ang. *Neutral Salt Spray*), z dodatkiem kwasu octowego – AASS (ang. *Acetic Acid Salt Spray*), badanie dodatkiem miedzi (jako przyspieszacza) do roztworu z kwasem octowym – CASS (ang. *Copper Accelerated Salt Spray*). Rekomendowany czas przeprowadzania badania zawarty w normie wynosi 2 h, 6 h, 24 h, 48 h, 96 h, 168 h, 240 h, 480 h, 720 h oraz 1 000 h [72]. Badania te są szeroko stosowane i opisywane w publikacjach naukowych [70, 72–76]. Większość z dostępnych publikacji opisuje testy korozyjne metali [77–81]. Z tego powodu istnieje potrzeba opracowania odpowiedniej, standaryzowanej metody dla polimerów. Jest to spowodowane koniecznością sprawdzenia odporności danego materiału polimerowego w celu konkretnego zastosowania.

Jedną z metod analizy wyników do oceny przyspieszonych badań laboratoryjnych na czynniki środowiskowe w komorach solnych jest wykorzystanie norm. Powszechnie stosuje się wytyczne norm ISO 4628 zeszyty 1-8. Norma ISO 4628 – 1 dotyczy ogólnych zasad oraz schematów klasyfikacji. Norma przewiduje ocenę intensywności, ilości oraz rozmiaru uszkodzeń powstałych podczas badania w komorze solnej [82]. Druga część normy, tj. ISO 4628 – 2, opisuje określenie stopnia spęcherzenia materiałów poddanych próbie. Ocena przebiega na podstawie znormalizowanych schematów obrazowych [83]. Norma ISO 4628 – 3 przedstawia sposób określenia stopnia zardzewienia. Ocena polega na wyznaczeniu stopnia zardzewienia skorelowanego z procentową powierzchnią zardzewienia [84]. Norma ISO 4628 – 4 opisuje ocenę stopnia spękania próbek poddanych narażeniu. Wielkość uszkodzeń określa się na podstawie schematu, określając klasę na podstawie rozmiaru pęknięć. Dostępne są również wzorce obrazowe pozwalające określić gęstość uszkodzeń [85]. Piąta część normy, tj. ISO 4628 - 5, omawia określenie stopnia złuszczenia powłok poddanych narażeniu. Występują dwa rodzaje tablic oraz schematy obrazowe pozwalające na interpretację rezultatów badania [86]. Norma ISO 4628 – 6 pozwala na określenie stopnia skredowania [87] podobnie jak norma ISO 4628 – 7 [88]. Na podstawie normy ISO 4628 – 8 możliwa jest ocena stopnia skorodowania wokół rysy. Rysę wykonuje się przed narażeniem wg odpowiedniej nor-

my, a następnie określa się degradację wokół niej na podstawie wzorców obrazowych [89]. Ponadto ocenę skorodowania można przeprowadzić mikroskopowo na podstawie wytycznych normy ASTM G46-21 [90].

WNIOSKI

Korozja jest zjawiskiem, które powoduje degradację materiału. Zniszczenia, które powoduje mogą być katastrofalne w skutkach. Występuje wiele badań i publikacji naukowych opisujących korozję występującą w metalach. Jednakże, wciąż brakuje standardów opisujących metody badań korozji dla tworzyw sztucznych. Materiały polimerowe powinny być dokładnie analizowane pod kątem odporności na zjawisko korozji, ponieważ pełnią one rolę powłok ochronnych metali, jak również stanowią coraz częściej materiał konstrukcyjny.

LITERATURA

- [44] Othman, N. H., Ismail, M. C., Mustapha, M., Sallih, N., Kee, K. E., & Jaal, R. A. (2019). Graphene-based polymer nanocomposites as barrier coatings for corrosion protection. *Progress in Organic Coatings*, 135, 82-99.
- [45] Pritzl, M. D., Tabatabai, H., & Ghorbanpoor, A. (2014). Laboratory evaluation of select methods of corrosion prevention in reinforced concrete bridges. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 8, 201-212.
- [46] Presuel-Moreno, F., Jakab, M. A., Tailleart, N., Goldman, M., & Scully, J. R. (2008). Corrosion-resistant metallic coatings. *Materials today*, 11(10), 14-23.
- [47] Zheludkevich, M. L., Salvado, I. M., & Ferreira, M. G. S. (2005). Sol-gel coatings for corrosion protection of metals. *Journal of Materials Chemistry*, 15(48), 5099-5111.
- [48] Hughes, A. E., Cole, I. S., Muster, T. H., & Varley, R. J. (2010). Designing green, self-healing coatings for metal protection. *NPG Asia Materials*, 2(4), 143-151.
- [49] Raja, P. B., Ismail, M., Ghoreishiamiri, S., Mirza, J., Ismail, M. C., Kakoei, S., & Rahim, A. A. (2016). Reviews on corrosion inhibitors: a short view. *Chemical Engineering Communications*, 203(9), 1145-1156.
- [50] Kendig, M. W., & Buchheit, R. G. (2003). Corrosion inhibition of aluminum and aluminum alloys by soluble chromates, chromate coatings, and chromate-free coatings. *Corrosion*, 59(5), 379-400.
- [51] Aubert, A., Gillet, R., Gaucher, A., & Terrat, J. P. (1983). Hard chrome coatings deposited by physical vapour deposition. *Thin Solid Films*, 108(2), 165-172.
- [52] Polukarov, Y. M., Safonov, V. A., Edigaryan, A. A., & Vykhodtseva, L. N. (2001). Chrome Plating from Sulfate-Oxalate Cr (III) Baths. Structure, Composition, and Corrosion Behavior1. *Protection of Metals*, 37, 447-451.
- [53] Beyragh, M. S., Asl, S. K., & Norouzi, S. (2010). A comparative research on corrosion behavior of a standard, crack-free and duplex hard chromium coatings. *Surface and coatings technology*, 205(7), 2605-2610.
- [54] Reynolds, L. B., Twite, R., Khobaib, M., Donley, M. S., & Bierwagen, G. P. (1997). Preliminary evaluation of the anticorrosive properties of aircraft coatings by electrochemical methods. *Progress in Organic Coatings*, 32(1-4), 31-34.
- [55] Chang, K. C., & Yeh, J. M. (2015). Electroactive polymer-based anticorrosive coatings. In *Intelligent Coatings for Corrosion Control* (pp. 557-583). Butterworth-Heinemann.
- [56] Substance Information - ECHA CAS no.: 7440-47-3, An agency of the European Union.

- [57] Faccini, M., Bautista, L., Soldi, L., Escobar, A. M., Altavilla, M., Calvet, M., ... & Domínguez, E. (2021). Environmentally friendly anticorrosive polymeric coatings. *Applied Sciences*, 11(8), 3446.
- [58] Lyon, S. B., Bingham, R., & Mills, D. J. (2017). Advances in corrosion protection by organic coatings: What we know and what we would like to know. *Progress in Organic Coatings*, 102, 2-7.
- [59] Farag, A. A. (2020). Applications of nanomaterials in corrosion protection coatings and inhibitors. *Corrosion Reviews*, 38(1), 67-86.
- [60] Heise, S., Virtanen, S., & Boccaccini, A. R. (2016). Tackling Mg alloy corrosion by natural polymer coatings—A review. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 104(10), 2628-2641.
- [61] Kausar, A. (2018). Polymer coating technology for high performance applications: Fundamentals and advances. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, 55(5), 440-448.
- [62] Olajire, A. A. (2018). Recent advances on organic coating system technologies for corrosion protection of offshore metallic structures. *Journal of Molecular Liquids*, 269, 572-606.
- [63] Nazeer, A. A., & Madkour, M. (2018). Potential use of smart coatings for corrosion protection of metals and alloys: A review. *Journal of Molecular Liquids*, 253, 11-22.
- [64] Ubaid, F., Radwan, A. B., Naeem, N., Shakoore, R. A., Ahmad, Z., Montemor, M. F., Kahraman R., Abdullah A. M. & Soliman, A. (2019). Multifunctional self-healing polymeric nanocomposite coatings for corrosion inhibition of steel. *Surface and Coatings Technology*, 372, 121-133.
- [65] Jena, G., & Philip, J. (2022). A review on recent advances in graphene oxide-based composite coatings for anticorrosion applications. *Progress in Organic Coatings*, 173, 107208.
- [66] Verma, C., Olasunkanmi, L. O., Akpan, E. D., Quraishi, M. A., Dagdag, O., El Gouri, M., Sherif El-S. M. & Ebenso, E. E. (2020). Epoxy resins as anticorrosive polymeric materials: A review. *Reactive and Functional Polymers*, 156, 104741.
- [67] Lutz, A., Van Den Berg, O., Van Damme, J., Verheyen, K., Bauters, E., De Graeve, I., Du Prez F. E. & Teryn, H. (2015). A shape-recovery polymer coating for the corrosion protection of metallic surfaces. *ACS applied materials & interfaces*, 7(1), 175-183.
- [68] Pourhashem, S., Saba, F., Duan, J., Rashidi, A., Guan, F., Nezhad, E. G., & Hou, B. (2020). Polymer/Inorganic nanocomposite coatings with superior corrosion protection performance: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 88, 29-57.
- [69] Ates, M. (2016). A review on conducting polymer coatings for corrosion protection. *Journal of adhesion science and Technology*, 30(14), 1510-1536.
- [70] Souza, D. O., Hammel, N. P., Santos, W. I. A., Ramirez, A. H., Rojo, N., & Costa, I. (2022). Investigaçãõ da corrosividade do ensaio de névoa salina segundo norma ISO 9227.
- [71] ISO, P. 9227 Badania korozyjne w sztucznych atmosferach. Badania w rozpylonej solance.
- [72] Gore, P. M., Balakrishnan, S., & Kandasubramanian, B. (2019). Superhydrophobic corrosion inhibition polymer coatings. In *Superhydrophobic Polymer Coatings* (pp. 223-243). Elsevier.
- [73] Suyitno, B. M., Rahman, R. A., Sukma, H., & Rahmalina, D. (2022). The assessment of reflector material durability for concentrated solar power based on environment exposure and accelerated aging test. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(12), 120.
- [74] LeBozec, N., Thierry, D., Le Calvé, P., Favennec, C., Pautasso, J. P., & Hubert, C. (2015). Performance of marine and offshore paint systems: Correlation of accelerated corrosion tests and field exposure on operating ships. *Materials and Corrosion*, 66(3), 215-225.
- [75] Dobkowska, A., Ura-Bińczyk, E., Chlewicka, M., Towarek, A., Korallnik, M., Nowak, M., Sitek R., Kobayashi A. & Mizera, J. (2017). Comparison of corrosion resistance of glass fiber reinforced composites and steels applicable for extraction pipes. *Frontier of Applied Plasma Technology*, 10(1).
- [76] Martinez, S., Šoić, I., Golub, V., & Hudec, B. (2023). Comparative Electrochemical Impedance Spectroscopy Quantification of Coating Weathering, Long-Term Immersion, and Salt Spray Test Outcomes. *Corrosion*, 79(9), 1029-1039.
- [77] Koteš, P., Strieška, M., Brodňan, M., Odrobiňák, J., & Gocál, J. (2018, June). Rapid tests of corrosion in corrosion chamber. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 365, No. 5, p. 052013). IOP Publishing.
- [78] Biało, Ł., Grodniewicz, T., & Żabiński, P. (2020). Selected cyclic corrosion tests in automotive industry. *Archives of Metallurgy and Materials*, 65.
- [79] Biało, Ł., Grodniewicz, T., & Żabiński, P. (2020). Selected cyclic corrosion tests in automotive industry. *Archives of Metallurgy and Materials*, 65.
- [80] Gruber, M. R., Hofko, B., Hoffmann, M., Stinglmayr, D., & Grothe, H. (2023). Analysis of metal corrosion methods and identification of cost-efficient and low corrosion deicing agents. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 58(5), 452-463.
- [81] Gruber, M. R., Hofko, B., Hoffmann, M., Stinglmayr, D., & Grothe, H. (2023). Analysis of metal corrosion methods and identification of cost-efficient and low corrosion deicing agents. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 58(5), 452-463.
- [82] ISO, P. 4628-1; Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie.
- [83] ISO, P. 4628-2; Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 2.
- [84] ISO, P. 4628-3 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 3.
- [85] ISO, P. 4628-4 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 4.
- [86] ISO, P. 4628-5 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 5.
- [87] ISO, P. 4628-6 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 6.
- [88] ISO, P. 4628-7 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 4.
- [89] ISO, P. 4628-8 Farby i lakiery. Ocena zniszczenia powłok. Określanie ilości i rozmiaru uszkodzeń oraz intensywności jednolitych zmian w wyglądzie. Część 48.
- [90] ASTM G46-94. (2005). Standard guide for examination and evaluation of pitting corrosion. ASTM International.

inż. Alicja Matusiak, dr inż. Ewa Zawadzka, dr inż. Selim Oleksowicz

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Elektrotechniki



tworzywa.org

Portal branży tworzyw

WYSYŁKI
E-MAILINGOWE

AKTUALNOŚCI
I NOWOŚCI

WSPARCIE
DORADCY

ELEKTRONICZNE
ZAPYTANIA
OFERTOWE

WYDARZENIA
I TARGI

KATALOG
PRODUKTÓW

SZKOLENIA

KATALOG
FIRM

www.tworzywa.org | redakcja@tworzywa.org

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

85-758 Bydgoszcz, ul. Przemysłowa 8C

Zagospodarowanie odpadów gumowych

Małgorzata Przybyłek, Jacek Przepiórka

RYNEK TWORZYW SZTUCZNYCH I GUMY

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

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

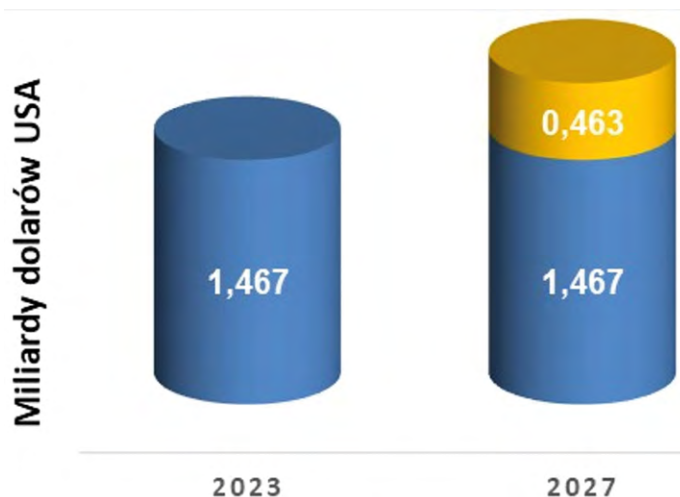
Spośród tworzyw sztucznych istotną grupę stanowią elastomery. Do grupy tej możemy zaliczyć zarówno tworzywa naturalne, takie jak kauczuk, jak i sztuczne – przykładem mogą być gumy. Guma, dzięki swym specyficznym właściwościom takim jak duża elastyczność, wytrzymałość mechaniczna, mała rozpuszczalność,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

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

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

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

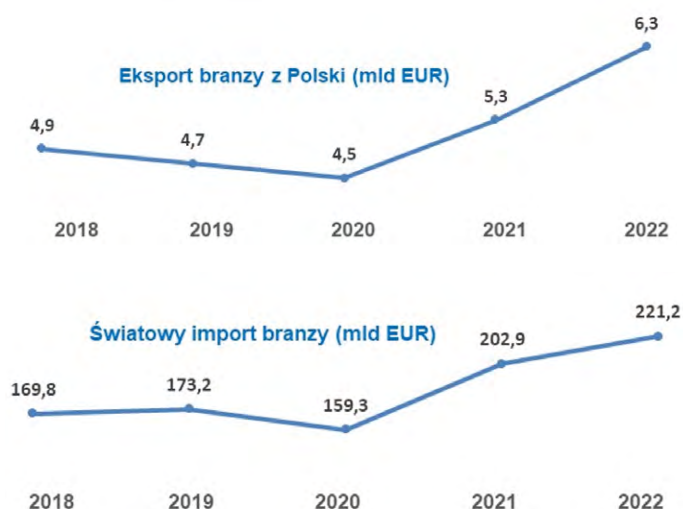
W 2019 r. sprzedaż wyrobów z gumy w Polsce przekroczyła



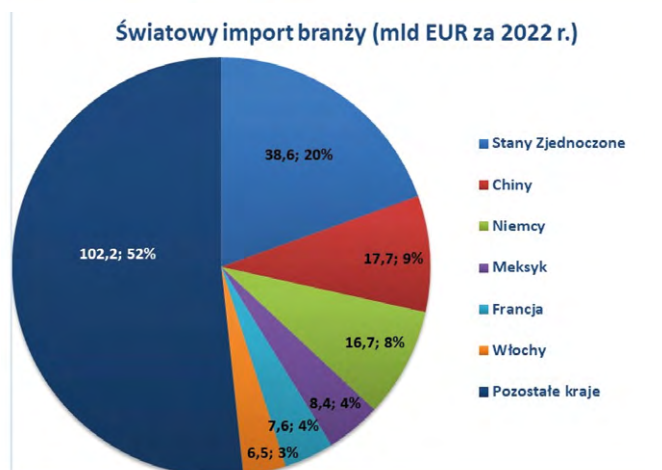
Rys.1. Rynek wyrobów z tworzyw sztucznych i gumy - prognozy. Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

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

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



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



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

ODPADY Z TWORZYW SZTUCZNYCH I GUMY

Dynamiczny wzrost produkcji tworzyw sztucznych, który obserwuje się od lat pięćdziesiątych XX wieku oraz zastosowanie wyrobów z nich produkowanych na szeroką skalę i wykorzystywanie powszechnie w wielu dziedzinach, doprowadziły do powstawania ogromnej ilości odpadów poużytkowych i poprodukcyjnych. Na świecie każdego roku odnotowuje się wzrost tego typu odpadów, pochodzących z różnych gałęzi gospodarki i przemysłu.

Czas degradacji odpadów z tworzyw sztucznych sięga od 100 do 1000 lat, a składowanie ich na wysypiskach śmieci i w środowisku naturalnym jest niekorzystne. Zanieczyszczenie odpadami z tworzyw sztucznych stanowi poważne zagrożenie dla środowiska jako całości. Stwarza problemy zarówno dla dzikiej przyrody, jak i rodzaju ludzkiego. Do oceanów, każdego roku trafia od 6 do prawie 15 milionów ton odpadów z tworzyw sztucznych. Równocześnie naukowcy odkrywają coraz to nowe źródła przedostawania się tworzyw sztucznych do środowiska. Może to stanowić ogromne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, a także naszej planety.

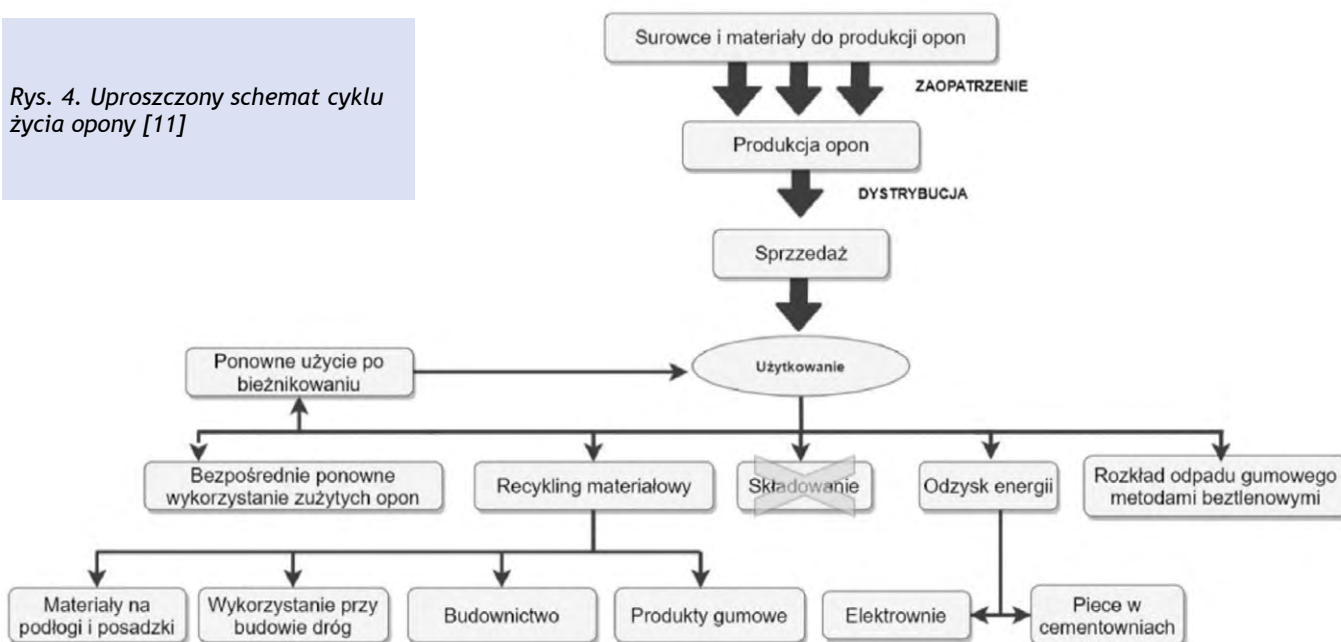
Spośród odpadów polimerowych, szczególny przypadek stanowią odpady gumowe, w tym opony. Szacuje się, że przemysł motoryzacyjny jest największym odbiorcą wyrobów gumowych. Guma jest wykorzystywana nie tylko do produkcji opon samochodowych, ale i innych elementów w samochodach, tj.: elementy zawieszenia,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

W 2022 roku na świecie wyprodukowano 85 milionów samochodów osobowych, dostawczych, ciężarowych i autobusów. Większość samochodów produkowana jest w Azji, co stanowi ponad połowę światowej produkcji. Największy udział mają w tym Chiny (27 mln szt. w 2022 r.). W Polsce natomiast liczba wyprodukowanych pojazdów w trzech kwartałach 2023 r. wyniosła ogółem 451 tys. pojazdów, tj.: o 34,6% więcej niż w roku 2022.

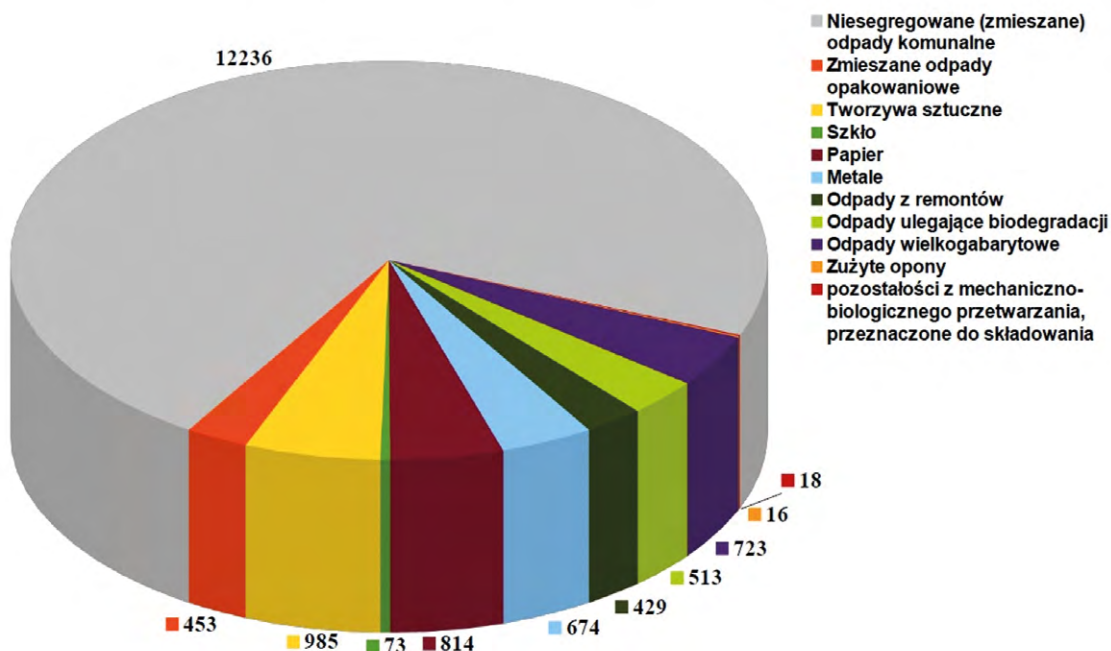
Dynamiczny rozwój różnych gałęzi motoryzacji zarówno w Polsce, jak i na świecie wiąże się ze wzrostem liczby zużytych opon. Odpady gumowe zalicza się do odpadów niebezpiecznych i uciążliwych, dlatego powinny zostać przetworzone.

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

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



Odpady komunalne odebrane ogółem z Gminy Miejskiej Legionowo w 2016 r. (Mg)



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

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

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

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

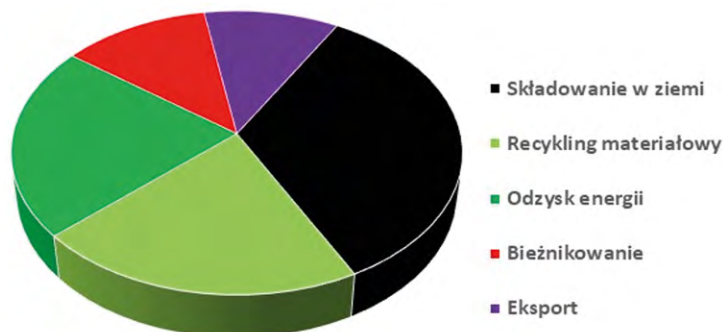
Z rysunku 5 wynika, że zużyte opony stanowią najmniejszy procent w ogólnej liczbie odpadów komunalnych, jednakże w skali całego kraju jest to już znacząca wartość. Jakóbiec i inni podają, że na całym świecie rocznie przybywa około 1 mld zużytych opon. W krajach UE ilość zużytych opon zwiększa się rocznie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

KIERUNKI ZAGOSPODAROWANIA I WYKORZYSTANIA ODPADÓW GUMOWYCH

Od ponad 100 lat prowadzone są w licznych ośrodkach naukowych badania mające na celu zagospodarowanie odpadów gumowych. Podejmowane są prace badawcze w kierunku uty-

lizacji opon poprzez regenerację, bieźnikowanie, spalanie i pirolizę oraz ich biodegradację. Jednakże problem ten nie został rozwiązany. Odpady gumowe i ich zagospodarowanie stanowią nadal istotny problem środowiskowy o skali globalnej (ponad 31 mln ton złomu gumowego). Podstawą w dążeniu do zrównoważonego rozwoju jest troska o środowisko naturalne, która powinna stanowić nierozłączną część procesu projektowania nowych rozwiązań technologicznych (technologie prośrodowiskowe) i materiałowych.

Obecnie jednym z istotnych trendów na rynku gumy i kauczuku jest trend ekologiczny, który przejawia się „w potrzebie istnienia operacyjnych i zamkniętych cykli w całym łańcuchu materiałowym”. Ideą panującego trendu jest kompatybilność ze środowiskiem naturalnym, ochrona zasobów naturalnych oraz dążenie do maksymalnej redukcji odpadów. I tak np. Grupa Synthos, która jest znaczącym producentem na globalnym rynku kauczuków syntetycznych i prowadzi intensywne badania w tym obszarze, przyjęła strategię zrównoważonego rozwoju, która przewiduje m.in. do 2030 roku redukcję o 28% emisji gazów cieplarnianych oraz całkowite odejście od węgla do 2028 roku. Działania te pozwalają na wykorzystanie kauczuku styrenowo-butadienowego, który stanowi podstawę w produkcji zaawansowanych technologicznie opon o niskich oporach toczenia, co przyczynia się do obniżenia zużycia paliwa i emisji spalin. Innym przykładem



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

ekologicznego trendu w tym obszarze są przedsięwzięcia firm Goodyear Tire & Rubber Company i Farmed Materials z Ohio, które to współpracują nad stworzeniem nowego źródła kauczuku naturalnego z określonego gatunku mniszka lekarskiego (mniszek kok-sagiz). Mniszek lekarski jest alternatywą dla kauczukowca naturalnego, można go zbierać co pół roku, natomiast kauczukowiec potrzebuje siedmiu lat, aby wytworzyć lateks. Ponadto mniszek może być uprawiany w bardziej umiarkowanym klimacie. Na ten moment badania w tym kierunku znajdują się w fazie testów, jednakże specjaliści widzą w nim potencjał i możliwość wykorzystania we wszystkich rodzajach opon [3].

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

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

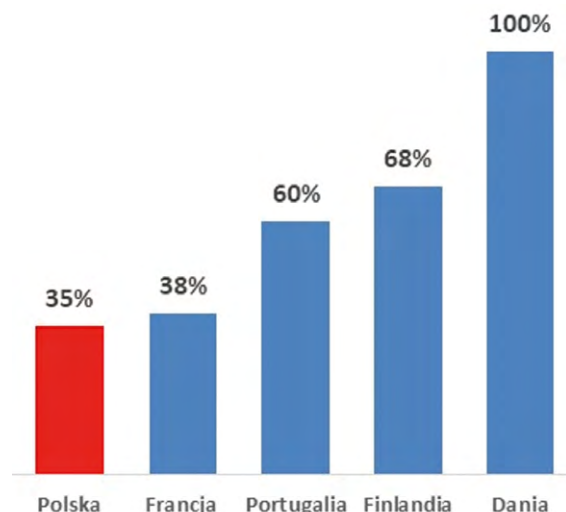
- opony częściowo zużyte, które z powodzeniem mogą być używane dalej bez konieczności renowacji,
- opony używane, nadające się do bieżnikowania, na które można nałożyć nowe bieżniki metodą wulkanizacji,
- opony zużyte, które przeznaczone są do recyklingu lub do wykorzystania jako paliwo, a także mogą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

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

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

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

Recykling materiałowy to chemiczny lub/i fizyczny proces polegający na powtórnym wykorzystaniu odpadów do wytworzenia nowego produktu, często o takim samym lub podobnym przeznaczeniu. Struktura chemiczna materiału odpadowego podczas recyklingu mechanicznego nie zmienia się, zostaje on rozdrobniony i oczyszczony w celu otrzymania recyklatu lub regranulatu o określonej jakości. Rozdrobniona guma to wartościowy suro-



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

wiec, jednakże jej właściwości uzależnione są od rodzaju gumy, stopnia rozdrobnienia, sposobu modyfikacji i gęstości.

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

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

Odzysk energetyczny zachodzi podczas termicznego rozkładu gumy, z jednoczesnym odzyskiwaniem wydzielającego się ciepła, ze względu na bardzo wysoką kaloryczność opon. W termicznych metodach utylizacji wykorzystuje się zjawiska takie jak: spalanie, piroliza i zgazowanie.

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

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



Foto by Freepik

odpowiednio przystosowanych instalacji do prowadzenia procesu spalania.

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

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

PODSUMOWANIE

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

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

LITERATURA

- [1] Raport dotyczący globalnego rynku wyrobów gumowych 2023 <https://www.researchandmarkets.com/reports/5781128/plastics-rubber-products-global-market-report#rela0-4829610> (dostęp 08.11.2023).
- [2] Światowy rynek tworzyw i gumy w latach 2019-2022 <https://imch.pl/wiadomosci/swiatowy-rynek-tworzyw-i-gumy-w-latach-2019-2022/> (dostęp 08.11.2023).
- [3] Rynek gumy i kauczuku <https://markethub.pl/rynek-gum-w-polsce/> (dostęp 08.11.2023).
- [4] Gajewski M. [1997], Chemia i technologia elastomerów, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom.
- [5] Rabek Jan F. [2013], Polimery. Otrzymywanie, metody badawcze i zastosowania, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa
- [6] Walkowska K. [2021] Produkcja ważniejszych wyrobów prze-

mysłowych w lutym 2021 roku, GUS, Warszawa.

[7] Joint Report on Management of Plastic Waste in Europe April 2022 <https://www.nik.gov.pl/plik/id,25757,vp,28530.pdf> (dostęp 08.11.2023).

[8] Raport kwartalny KPMG w Polsce i PZPM Branża motoryzacyjna. Edycja Q4/2023.

[9] Europejski rynek samochodów używanych <https://autoexpert.pl/artykuly/europejski-rynek-samochodow-uzywanych> (dostęp 08.11.2023).

[10] Sprzedaż opon na rynek na półmetku 2023 <https://autoexpert.pl/artykuly/sprzedaz-opon-na-rynek-na-polmetku-2023> (dostęp 08.11.2023).

[11] Skrzyniarz M. [2020] Cykl życia odpadów gumowych na przykładzie zużytych opon samochodowych *Gospodarka Materiałowa i Logistyka Material Economy and Logistics Journal* nr 9.

[12] Analiza stanu gospodarki odpadami komunalnymi w Gminie Miejskiej Legionowo za rok 2016 <https://legionowo.pl/a/analiza-stanu-gospodarki-odpadami-komunalnymi-w-gminie-miejskiej-legionowo-2016> (dostęp 08.11.2023).

[13] Jakóbiec, J., Żmuda, W., Budzyń, S., Wysopal, G. [2011] Recykling energetyczny zużytych opon. *Autobusy Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 10, 205-2011.

[14] Sposoby zagospodarowania odpadów gumowych <https://www.plastech.pl/wiadomosci/Sposoby-zagospodarowania-odpadow-gumowych> (dostęp 08.11.2023).

[15] Karbonizat ze zużytych opon samochodowych w procesie spiekania rud żelaza <https://www.itpe.pl/blog/2023/09/21/karbonizat-ze-zuzytych-opon-samochodowych-procesie-spiekania-rud-zelaza/> (dostęp 08.11.2023).

[16] Art. 122 ust. 1 pkt 5 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (tj.Dz.U. z 2022 r. poz. 699 ze zm.).

[17] Szlezzyngier W., Brzozowski Z. [2015] Tworzywa sztuczne Tom II, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów.

[18] Bakar M, Przybyłek M., and others, 2021 Effect of Mixing Conditions and Montmorillonite Content on the Mechanical Properties of a Chloroprene Rubber, *Mechanics of composite materials*, Volume 57, Issue 3, p.387-400.

[19] Przybyłek M., Rostkowska W, i inni, [2018] Recykling nanokompozytów elastomerowych *Przetwórstwo Tworzyw*, 5, 55-22.

[20] Aylon, E., Fernandez-Colino, M., Navarro, R., Murillo, R., Gracia, T., Mastral, A. M. [2018], Waste Tire Pyrolysis: Comparison between Fixed Bed Reactor and Moving Bed Reactor. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47.

[21] Recykling i drugie życie opon. <http://eko.org.pl> (dostęp 08.11.2023).

[22] Ćwięczek M. [2002] Wpływ procesu zgazowania odpadów gumowych na emisję zanieczyszczeń do środowiska, *Prace Naukowe GIG Górnictwo i Środowisko* 4/2002.

[23] ULOTKA- Master_Smog <https://www.ekomaster.tychy.pl> (dostęp 08.11.2023).

[24] Spalanie w Polsce i na świecie <https://spalarnie-odpadow.pl/spalarnie-w-polsce-i-na-swiecie/> (dostęp 08.11.2023).

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

dr inż. Małgorzata Przybyłek¹, dr inż. Jacek Przepiórka²

Uniwersytet Radomski im. Kazimierza Pułaskiego

1 – Wydział Chemii Stosowanej

2 – Wydział Mechaniczny

Przegląd technologii termoformowania

RODZAJE TERMOFORMOWANIA

Zrozumienie procesów termoformowania jest kluczowe przy wyborze właściwej metody dla danego zastosowania. Dominują dwie podstawowe techniki: termoformowanie próżniowe i termoformowanie ciśnieniowe. Każda ma swoje zalety, dostosowane do konkretnych wymagań i produktów.

TERMOFORMOWANIE PRÓŻNIOWE

Proces formowania próżniowego, poprzedzający wiele nowoczesnych metod obróbki plastycznej, wyróżnia się jako podstawowa i powszechnie stosowana metoda. Jej wpływ na produkty codziennego użytku jest ogromny i pozostaje integralną częścią kształtowania plastiku w trwałe i sztywne przedmioty.

Jak działa termoformowanie próżniowe:

- Arkusz z tworzywa sztucznego jest początkowo zmiękczaony poprzez kontrolowane ogrzewanie.
- Ten giętki, podgrzewany arkusz następnie układa się na określonej formie.
- Wykorzystując podciśnienie, arkusz jest ciasno dociskany do formy, co daje precyzyjną zgodność kształtu.
- Arkusz o obecnym kształcie odłącza się od formy po schłodzeniu, z zachowaniem swojej nowej formy.

Wraz z postępem technologicznym współczesne formowanie próżniowe obejmuje obecnie skomplikowane sterowniki pneumatyczne, hydrauliczne i termiczne. To wyrafinowanie przyspiesza produkcję i poprawia dokładność produktów końcowych.

TERMOFORMOWANIE CIŚNIENIOWE

Bardziej współczesna innowacja, formowanie ciśnieniowe, to wyrafinowane podejście do kształtowania tworzyw sztucznych. Proces ten różni się od formowania próżniowego nie produktem końcowym, ale techniką zastosowaną w celu jego uzyskania.

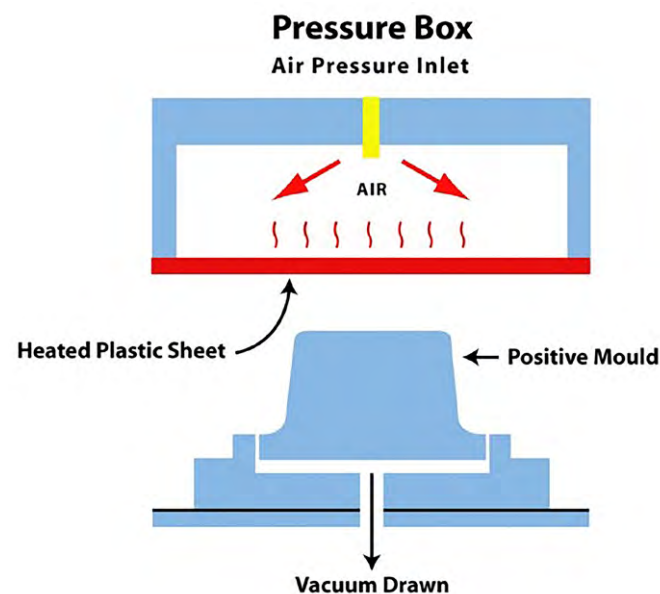
Jak działa termoformowanie ciśnieniowe:

- Jednocześnie stosowane jest podciśnienie i ciśnienie powietrza przy wciąganiu arkusza tworzywa sztucznego do formy.
- Arkusz z tworzywa sztucznego jest podgrzewany aż do osiągnięcia optymalnego stanu giętkości.

- W przeciwieństwie do formowania próżniowego, które wyciąga powietrze, formowanie ciśnieniowe wywiera ciśnienie powietrza. Dzięki temu działaniu tworzywo sztuczne zostaje mocno dociśnięte do szczegółowych konturów formy.
- Precyzyjny mechanizm stabilizujący tworzywo gwarantuje optymalną temperaturę, umożliwiając elastyczne, a zarazem precyzyjne tworzenie form.

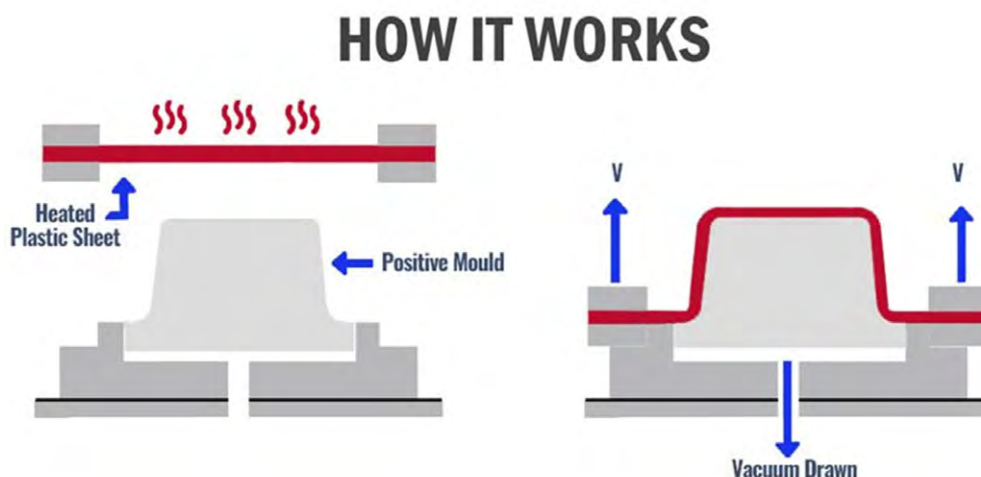
Urok termoformowania ciśnieniowego polega na jego zdolności do wytwarzania komponentów o ulepszonych szczegółach, ostrzejszych krawędziach i doskonałym ogólnym wykończeniu. Kiedy projekt wymaga złożoności i precyzji, najlepszą metodą jest termoformowanie ciśnieniowe.

Chociaż oba procesy termoformowania mają kluczowe znaczenie w branży, ich zastosowanie zależy od specyficznych wymagań produktu. Techniki te, począwszy od artykułów gospo-



Rys. 2. Schemat termoformowania ciśnieniowego ze skrzynką ciśnieniową

Rys. 1. Proces termoformowania próżniowego (źródło: waykenrm.com)





Rys. 3. Maszyna do termoformowania próżniowego w fabryce

darstwa domowego po komponenty przemysłowe, odgrywają zasadniczą rolę w dostarczaniu wysokiej jakości produktów z tworzyw sztucznych.

ZALETY TERMOFORMOWANIA

Termoformowanie, kluczowy proces w dziedzinie produkcji tworzyw sztucznych, ma kilka zalet. Te zalety sprawiają, że jest to preferowany wybór w przypadku producentów dążących do wydajnej, opłacalnej i elastycznej produkcji. Oto wgląd w wyraźne korzyści, jakie oferuje ten proces:

- **Opłacalność przy średnich seriach produkcyjnych:** Termoformowanie wyróżnia się, jeśli chodzi o produkcję dużych ilości. Jego prostota i opływowy charakter oznaczają mniej ruchomych części, co zmniejsza koszty konserwacji. Ponadto stosowane formy są stosunkowo tańsze niż te stosowane w innych procesach, co czyni je bardziej ekonomicznym wyborem w przypadku produkcji na małą i średnią skalę.
- **Szybkość produkcji:** Nieodłączna prostota procesu gwarantuje szybkie cykle produkcyjne. W porównaniu z metodami alternatywnymi, szczególnie tymi, które wymagają skomplikowanych form lub wydłużonego czasu utwardzania, termoformowanie często okazuje się szybszą opcją.
- **Elastyczność projektowania i szybkie prototypowanie:** Jedną z cech charakterystycznych termoformowania jest jego wszechstronność w projektowaniu. Producenci nie są zamknięci w sztywnych strukturach projektowych. Zamiast tego mogą szybko dostosowywać i modyfikować projekty zgodnie z wymaganiami. Elastyczność ta rozciąga się również na prototypowanie.
- **Efektywność w zakresie odpadów i zużycia energii:** Termoformowanie jest szczególnie wydajne zarówno pod względem odpadów materiałowych, jak i wykorzystania energii. Nadmiar materiału z procesu formowania można często zawrócić bezpośrednio do cyklu produkcyjnego, co zmniejsza ilość odpadów. Co więcej, energia wymagana do podgrzania arkuszy tworzyw sztucznych podczas termoformowania jest zazwyczaj niższa niż w przypadku wielu alternatywnych metod, co przyczynia się do zmniejszenia śladu węglowego i niższych kosztów operacyjnych.

OGRANICZENIA TERMOFORMOWANIA

Chociaż termoformowanie ma różne zalety, posiada również szereg ograniczeń. Rozpoznanie tych ograniczeń gwarantuje, że producenci będą mogli podejmować świadome decyzje, optymalizując swoje strategie produkcyjne.

- **Ograniczenia materiałowe:** Nie wszystkie tworzywa sztuczne nadają się do procesu termoformowania. Niektórym materiałom brakuje właściwości umożliwiających skuteczne formowanie pod wpływem ciepła i ciśnienia.
- **Złożoność projektów części:** Termoformowanie ma pewne ograniczenia, jeśli chodzi o skomplikowane elementy projektu. W przeciwieństwie do innych procesów, osiągnięcie bardzo szczegółowych lub skomplikowanych geometrii może być wyzwaniem. To ograniczenie oznacza, że produkty wymagające niezwykle szczegółowych komponentów mogą wymagać dodatkowych procesów lub alternatywnych metod produkcji.
- **Grubość i konsystencja ścianek:** Jednym z głównych wyzwań związanych z termoformowaniem jest utrzymanie jednolitej grubości ścianki, szczególnie w przypadku głębszych tłoczeń lub bardziej złożonych form. Charakter procesu może prowadzić do cieńszych ścianek w niektórych częściach uformowanego produktu. Ta niespójność może mieć wpływ na integralność strukturalną produktu i ogólną jakość.

ZASTOSOWANIA TERMOFORMOWANIA

Wszechstronny charakter termoformowania nadaje się do różnych gałęzi przemysłu, oferując rozwiązania dostosowane do konkretnych wymagań. Jego zdolność do formowania tworzyw sztucznych w różnorodne formy i struktury stanowi przełom w wielu sektorach.

PRZEMYSŁ OPAKOWANIOWY

Termoformowanie jest kluczowym procesem w sektorze opakowań. Tworzenie tacek termoformowanych zapewnia zabezpieczenie produktów podczas transportu, minimalizując potencjalne uszkodzenia. Co więcej, opakowania blistrowe, stosowane głównie w opakowaniach do żywności i farmaceutyków, są świadectwem precyzji termoformowania, ponieważ opakowania te

szczelnie otaczają poszczególne przedmioty, zapewniając ochronę i widoczność.

Zamykane opakowania, kolejny produkt termoformowany, to solidne rozwiązania opakowaniowe, szczególnie w handlu detalicznym, zabezpieczające przedmioty przed zanieczyszczeniami zewnętrznymi.

BRANŻA MOTORYZACYJNA

Przemysł motoryzacyjny szeroko wykorzystuje termoformowanie ze względu na jego niezliczone korzyści. Elementy takie jak panele drzwi i deski rozdzielcze wymagają trwałości połączonej z wyrafinowanym wykończeniem. Termoformowanie ułatwia tworzenie tych komponentów, gwarantując, że są one zarówno estetyczne, jak i funkcjonalne. W miarę ciągłego rozwoju pojazdów, w których wykorzystuje się zaawansowane technologie, wzrasta zapotrzebowanie na precyzyjnie formowane komponenty.

OPIEKA ZDROWOTNA

W branży, w której najważniejsza jest precyzja i higiena, termoformowanie odgrywa ważną rolę. W opakowaniach wyrobów medycznych, niezbędnych do utrzymania sterylności, często wykorzystuje się tworzywa termoformowane. Dzięki temu urządzenia pozostają nieskażone i gotowe do użycia w razie potrzeby.

Co więcej, tacki na narzędzia chirurgiczne, uformowane tak, aby pomieścić określone narzędzia, są przykładem precyzji termoformowania. Tace te porządkują narzędzia i ułatwiają sterylizację, podkreślając znaczenie omawianego procesu w opiece zdrowotnej.

DOBRA KONSUMPCYJNE

Od zabawek, którymi bawią się dzieci, po pojemniki używane na co dzień w gospodarstwach domowych – wpływ termoformowania na sektor dóbr konsumpcyjnych jest ogromny. Proces ten umożliwia tworzenie trwałych zabawek, które wytrzymają próbę czasu. Z drugiej strony pojemniki korzystają ze zdolności termoformowania do tworzenia szczelnych zgrzewów, utrzymujących świeżość ich zawartości. Biorąc pod uwagę różnorodność towarów konsumpcyjnych, współpraca z Xometry oferuje najlepsze zastosowanie technik termoformowania.



Rys. 4. Opakowania z termoformowanego tworzywa sztucznego



Zastosowania termoformowania obejmują różne branże, stawiając czoła różnym wyzwaniom dzięki dostosowanym rozwiązaniom. Jego zdolność adaptacji gwarantuje, że pozostaje w czołówce metod produkcyjnych.

TERMOFORMOWANIE A FORMOWANIE WTRYSKOWE

Termoformowanie i formowanie wtryskowe to kluczowe metody produkcji tworzyw sztucznych. Różnią się jednak zasadniczo podejściem i zastosowaniem.

Termoformowanie polega na podgrzewaniu arkusza tworzywa sztucznego, aż stanie się giętki. Tak zmiękczony arkusz jest następnie formowany w określonej formie. Jest to proces idealny w przypadku dużych części oraz małych i średnich serii. Jego elastyczność, niższe koszty oprzyrządowania i możliwość szybkiej adaptacji prototypu to zalety. Jednak zazwyczaj ogranicza się to do prostszych projektów i często generuje więcej odpadów materiałowych.

	Formowanie wtryskowe	Termoformowanie
Zakres ilościowy	50 – 1 000 000	> 1
Próbka	Ponad 1 miesiąc	Ponad 1 miesiąc
Prototypowanie	✓	✓
Produkcja wielkoseryjna	✓	✗
Funkcjonalność	✓	✓
Estetyka	✓	✓
Złożone geometrie	✓	✗
Kolorowe części	✓	✓

Z drugiej strony formowanie wtryskowe włącza stopione tworzywo sztuczne do formy pod wysokim ciśnieniem. Proces ten doskonale nadaje się do tworzenia skomplikowanych projektów i najlepiej nadaje się do produkcji na dużą skalę. Produkty końcowe charakteryzują się stałą jakością i wąskimi tolerancjami. Główną wadą jest wyższy początkowy koszt oprzyrządowania, co czyni go mniej ekonomicznym w przypadku mniejszych serii.

Wybierając jedną z tych metod, należy wziąć pod uwagę złożoność produktu, wielkość produkcji i ograniczenia budżetowe. Obydwa procesy mają swoje zalety, ale decyzja często zależy od konkretnych wymagań danego projektu.

Na podstawie materiałów ze strony:

<https://xometry.eu/pl/przeglad-termoformowania/>

Tajniki termoformowania

Z Maciejem Bugajem, dyrektorem zarządzającym firmy Forty Sp.j. rozmawia Katarzyna Kochan.

Katarzyna Kochan – Jak długo działają już państwo na rynku?

Maciej Bugaj – Od 1995 roku prowadzimy działalność usługową w zakresie produkcji opakowań wykonanych technologią termoformowania oraz konfekcjonowania wyrobów dostarczonych przez klienta. Pracujemy na wysokowydajnych automatach firmy ILLIG, dzięki którym jesteśmy jedną z najbardziej konkurencyjnych i najlepszych jakościowo firm w Polsce.

K.K. – Proszę opowiedzieć, co to w ogóle jest termoformowanie.

M.B. – Termoformowanie to proces technologiczny, podczas którego z płaskich folii lub płyt, podgrzanych wstępnie do określonej temperatury, formuje się produkty o określonych kształtach. Inną popularną nazwą termoformowania jest „formowanie próżniowe”. Stosunkowo tanie i wysokowydajne przetwórstwo sprawia, że termoformowanie jest powszechnie wykorzystywane zarówno do produkcji opakowań, jak i elementów technicznych – takich jak obudowy maszyn, wnętrza samochodów, wanny, brodziki, palety logistyczne do transportu międzyzakładowego i zewnętrznego itp.

K.K. – W jakich gałęziach przemysłu wykorzystuje się wyroby termoformowane?

M.B. – Technologię termoformowania wykorzystuje się niemal we wszystkich gałęziach przemysłu: od spożywczego poprzez meblowy, samochodowy, elektrotechniczny, ogrodniczy, aż po kosmetyczny, farmaceutyczny itp.

K.K. – No dobrze, a jakie są w takim razie zalety termoformowania?

M.B. – Zaletami termoformowania, które jest częstą alternatywą dla wtrysku jest szybkie uruchomienie produkcji, niski koszt oprzyrządowania (od 3000 zł) możliwość wykonania prototypu i produkcji niewielkich serii, a także możliwość produkcji elementów o dużych gabarytach. Zaletą jest też krótki czas wdrożenia w porównaniu do innych technologii (4-8 tygodni).

K.K. – Od czego zależy czas wdrożenia projektu?

M.B. – Czas realizacji projektu zależy od stopnia złożoności formowanego elementu. Posiadamy własne biuro konstrukcyjne i własną narzędziownię. Dzięki temu możemy zaprojektować produkt końcowy, narzędzie do jego wytwarzania, następnie wykonać to narzędzie nawet w 4 tygodnie. Wykonujemy elementy termoformowane wg życzenia, również na podstawie istniejącego wzoru dostarczonego przez klienta. Prowadzimy doradztwo projektowe i w zakresie doboru właściwego materiału i bardzo często realizujemy projekty na podstawie ogólnego pomysłu naszego klienta.

K.K. – W jaki sposób projektowana jest wytłoczka i narzędzie do jej produkcji?

M.B. – Nasze Biuro Konstrukcyjne wspólnie z Narzędziownią dysponują najlepszymi narzędziami na rynku. Zarówno oprogramowanie CAD/CAM, jak i obrabiarki numeryczne najwyższej

Maciej Bugaj,
dyrektor zarządzający
firmy Forty Sp.j.



klasy pozwalają nam na podejmowanie trudnych wyzwań technologicznych. Do zadań specjalnych stosujemy również technologię skanowania 3D, a także prototypowania form i wyprasek na drukarkach 3D.

K.K. – A zatem co konkretnie państwo produkują?

M.B. – Nasza dominująca produkcja to palety transportowe dla logistyki wewnętrznej i zewnętrznej, ale również obudowy maszyn, wkładki do rozmaitych pudełek (np. do gier planszowych), elementy techniczne z materiałów antystatycznych ESD, które mają zastosowanie w przemyśle elektronicznym. Produkujemy również elementy wnętrza pojazdów czy wkłady do szuflad.

K.K. – Z jakich materiałów realizujecie produkcję?

M.B. – Wykonujemy usługi termoformowania przy użyciu różnorodnych materiałów. ABS i HIPS są odporne na działanie czynników zewnętrznych, niepalne lub trudnozapalne, odporne na czynniki chemiczne, na niskie i wysokie temperatury oraz o różnej przewodności powierzchniowej prądu. Stosujemy również PET i PVS, czyli materiały wysoko transparentne, wymagane w przypadku opakowań, blistrów, tacek, wkładek czy pudełek. Z kolei materiały PP, PS i HDPE doskonale sprawdzają się jako tace i przekładki transportowe. Jak wspominałem wcześniej, przetwarzamy też materiały ESD o określonej rezystancji i materiały z barierami ochronnymi typu EVOH, a ponadto folie laminowane np. PE/PS/PE.

K.K. – Na jakich maszynach realizujecie produkcję wytłoczek?

M.B. – Do produkcji wyprasek stosujemy w naszym zakładzie ponad 40 maszyn: maszyny automatyczne firmy ILLIG do produkcji wielkoseryjnych RDKP72, RDKP54, RV53, R45, automaty ILLIG UA100 i UA150 do produkcji z płyt do grubości 16 mm, termoformierki ILLIG SB74 i SB53 w ciągu z prasami hydraulicznymi do produkcji średnio- i niskoseryjnej, zgrzewarki ILLIG HSP35 oraz G.E.A.F. do pakowania wyrobów gotowych i zgrzewania blistrów.

K.K. – Jak klienci zainteresowani państwa usługami mogą się kontaktować?

M.B. – Zapraszamy do kontaktu mailowego pod adresem: biuro@forty.com.pl lub telefonicznego pod numerem +48 22 664 97 69.

K.K. – Dziękuję za rozmowę.

M.B. – Również dziękuję i zapraszam do kontaktu.

Wiodący producent wrobów termoformowanych poleca swoje usługi:

- » BLISTRY » WKŁADKI DO PUDEŁEK » OBUDOWY I POKRYWY
» TACE DO SZUFLAD » EKSPOZYTORY » TACE TRANSPORTOWE



Produkcja kubków na porcje i pokrywek z włókna naturalnego

Kiefel, lider rynku w dziedzinie projektowania i produkcji maszyn do przetwarzania polimerów i włókien naturalnych, automatyzacji i narzędzi, jest partnerem przetwórców i właścicieli marek, którzy dążą do wydajnej produkcji zrównoważonych opakowań wykonanych z włókien naturalnych, takich jak miski, kubki, wieczka lub kapsułki z kawą. Firma niedawno rozszerzyła swoje portfolio o kolejne rozwiązania dla różnych potrzeb produkcyjnych, oferując zoptymalizowaną autonomiczną maszynę NATUREFORMER KFL 90.1, o wyższej wydajności dla szerokiej gamy opakowań z włókien naturalnych.

Nowością jest wysokowydajny system NATUREFORMER KFL 90.1, specjalnie zaprojektowany do masowej produkcji wysokiej jakości wieczek z włókna naturalnego i małych kubków do wysokości 40 mm. To liniowe rozwiązanie nadaje się do różnych zastosowań spożywczych, takich jak gorące i zimne napoje, margaryna, świeży ser, lody i wiele innych.

BEZPIECZNIE ZAPAKOWANE PRODUKTY - NIEZALEŻNIE OD TEGO, CZY SĄ GORĄCE, PŁYNNY, CZY TŁUSTE

Wykonane ze zrównoważonych włókien naturalnych pokrywki i kubki na porcje nie tylko nadają się do recyklingu lub biodegradacji, ale także są odporne na ciepło i wodę. Bez względu na rodzaj żywności lub napoju, zapobiegają rozlaniu i przeciekaniu, a ich geometrię i dopasowanie można dostosować do indywidualnych potrzeb. Ponadto wysoka jakość wykończenia powierzchni produktu zapewnia przyjemne wrażenia dotykowe i doskonały wygląd.

WYZNACZANIE NOWYCH STANDARDÓW W PRODUKCJI MASOWEJ

KFL 90.1 umożliwia klientom produkcję do 280 pokrywek na minutę, dzięki zaawansowanej technologii Kiefel przepływu pary, precyzyjnej kontroli temperatury, ulepszonemu układowi narzędzi, optymalizacji panelu HMI i szybkiej wymianie narzędzi. Ten system produkcyjny nie tylko spełnia, ale konsekwentnie przewyższa standardy jakości, dzięki swojej niezawodności i sprawdzonej wydajności. Co więcej, KFL 90.1 wyróżnia



Produkcja pokrywek na bazie włókien naturalnych z NATUREFORMER KFL 90.1. © KIEFEL GmbH

KIEFEL
TECHNOLOGIES 
A Member of Brückner Group



Pokrywki o różnych kształtach i rozmiarze, również prostokątne, produkowane z KFL 90.1. © KIEFEL GmbH

się na tle konkurencji najniższym zużyciem energii na rynku i zapewnia kompletne rozwiązanie, od przygotowania włókien, ze zintegrowanym zbiornikiem masy celulozowej, po rozwiązania do pakowania produktów końcowych, w tym rękawy i pudełka.

DOSKONAŁE WYNIKI DZIĘKI ZOPTYMALIZOWANYM NARZĘDZIOM I PROCESOM

Proces produkcji rozpoczyna się od precyzyjnego zasysania masy włóknistej do formy, po czym następuje etap wstępnego prasowania, który usuwa wodę, optymalizując wydajność energetyczną na kolejnym etapie prasowania na gorąco, gdzie produkty są jednocześnie prasowane i suszone. Nowo zaprojektowane narzędzia zapewniają bezbłędne podcięcia, które spełniają standardy rynkowe dla wieczek typu sip-lid i zapewniają doskonałe uszczelnienie i efekt zatraskiwania. Następnie produkty są przenoszone do stacji dziurkowania, gdzie są uzupełniane o takie elementy, jak otwory na napoje, wycięcia w kształcie litery C i otwory wentylacyjne, dostosowane do konkretnego projektu.

W końcowej stacji przycinania pokrywki są oddzielane od krawędzi formujących. Nadające się do recyklingu odpady z przycinania są efektywnie zarządzane i mogą być ponownie wykorzystane do nowych produktów, podczas gdy gotowe produkty opuszczają maszynę oddzielnymi kanałami, zapewniając płynny i zrównoważony proces produkcji.

Dowiedz się więcej i uzyskaj indywidualną konsultację.

KIEFEL GmbH
Sudetenstraße 3
83395 Freilassing
tel. +49 86 54 78-820
e-mail: fiber@kiefel.com

KF Technologie
Łuki Wielkie 1
02-434 Warszawa
tel. 48 602 243 310
biuro@kftechnologie.com.pl

Jedno rozwiązanie dla

POKRYWEK I PORCJOWANYCH KUBKÓW Z WŁÓKNA NATURALNEGO

Produkcja na masową skalę z NATUREFORMER KFL 90.1

- Wydajność do 280 pokrywek/min.
- Doskonała jakość produktu
- Dla produktów do różnych zastosowań (gorących, mrożonych, tłustych, płynnych)
- Najniższe zużycie energii na rynku

Poznaj system
KFL 90.1



WITTMANN z energooszczędnymi i wydajnymi technologiami wtrysku na targach Fakuma 2024

Na targach Fakuma w dniach 15-19 października na swoim stoisku 1204 w hali B1 pod hasłem Performance & Efficiency WITTMANN BATTENFELD zaprezentuje nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne łączące najwyższą wydajność z obniżonymi kosztami produkcji.

Na targi FAKUMA Wittmann i Wittmann Battenfeld przygotowały spójną prezentację, łączącą obszary technologii z konstrukcjami wtryskarek i urządzeń peryferyjnych.

Na stoisku zaprezentowana zostanie wtryskarka serwo elektryczna w wykonaniu do wtrysku wielokomponentowego SmartPower 120/350H+130S, która wyposażona zostanie w pełni elektryczną jednostkę wtryskową. Dzięki opcji elektrycznej jednostki wtryskowej maszyna łączy w sobie zalety układu zamykania serwo hydraulicznej wtryskarki SmartPower w zakresie elastycznej i dużej przestrzeni do montażu form z zaletami układu wtrysku w pełni elektrycznej wtryskarki EcoPower w zakresie wysoce dynamicznego sterowania z największą wydajnością i powtarzalnością procesu wtrysku.

Po raz pierwszy poza firmą zaprezentujemy komórkę produkcyjną zasilaną prądem stałym. Komórka złożona będzie z wtryskarki EcoPower 180/750 DC, robota WX142Dc i termostatu Tempro plus DC. Na maszynie produkowane będzie złącze HARTING Han® Lock & Light, które wykorzystywane jest do podłączania urządzeń peryferyjnych do wtryskarki zasilanej prądem stałym (600-750V)

Do zasilania systemu wykorzystywana będzie najnowocześniejsza ekologiczna technologia akumulatorów solnych zbudowanych przez firmę Innovenergy na bazie sodowo-niklowej. Bateria ma łączną pojemność 45 kWh, co jest w zupełności wystarczające do nieprzerwanej pracy maszyny przez cały 8-godzinny dzień targowy. Aby skompensować krótkotrwałe szczyty obciążenia wtryskarki, w celu uzupełnienia magazynu sodowo-niklowego, stosuje się kondensatory elektrochemiczne, tzw. super kondensatory. Robot i termostat będą zasilane bezpośrednio przez obwód pośredni wtryskarki DC EcoPower. Zarówno wtryskarka, jak i robot będą oddawać energię odzyskaną z ruchów hamowania do baterii zasilającej.

Z wykorzystaniem wtryskarki do mikro wyprasek MicroPower 15/10 zaprezentujemy nową technologię wtrysku nanostruktur. Pokazana na tej maszynie forma zostanie wykonana metodą druku 3D. Połączenie precyzji wtryskarki MicroPower z możliwością wykonania form 3D zapewnia stworzenie warunków do szybkich i korzystnych ekonomicznie nowych uruchomień.

Podczas targów zaprezentowany zostanie nowy chwytak wlewków o napędzie serwo elektrycznym WX90. Prezentacja ta stanowić będzie część większej związanej z obniżeniem kosztów eksploatacji robotów, poprzez obniżenie zużycia zapotrzebowania na pneumatykę.



W większości firm sprężone powietrze jest najdroższą formą energii, dlatego obniżenie jego zużycia jest bardzo ważnym tematem. W przypadku robotów Wittmann oferuje funkcję EcoVacuum. Funkcja ta powoduje, że po wytworzeniu podciśnienia dysza Venturiego włącza się ponownie tylko wtedy, gdy podciśnienie staje się zbyt niskie, aby bezpiecznie utrzymać odbieraną wypraskę. Wartości graniczne podciśnienia można ustawić indywidualnie dla każdego elementu, co pozwala na optymalizację parametrów. Jak kosztowne jest zapewnienie pneumatyki, można się będzie przekonać właśnie na przykładzie chwytaka wlewków WX 90. Chwytnak ten wymaga 11 m³ sprężonego powietrza na godzinę swej pracy. Koszt pneumatyki możemy wyliczyć przyjmując jej średnią cenę 0,05 euro/m³. Dla chwytaka wlewków wyniesie to 0,55 euro/h. Dla porównania chwytak o napędzie serwo elektrycznym zużywa 0,18 kWh, co przy cenie prądu 0,20 euro/kWh daje koszt 0,036 euro/h.

Nowości targowe przygotuje także dział zajmujący się podawaniem i dozowaniem materiałów. Na stoisku pokazana będzie suszarka segmentowa ATON plus wyposażona w energooszczędny napęd EcoDrive. Suszarka ta dzięki funkcji EcoMode charakteryzuje się nie tylko najmniejszym zużyciem energii, ale także utrzymaniem stabilnej i niskiej wartości punktu rosy.

Wszystkie nasze urządzenia, komunikujące się dzięki Wittmann 4.0, pokażą potęgę możliwości integracji i nadzoru nad produkcją.

WITTMANN BATTENFELD Polska Sp. z o.o.

05-825 Adamowizna

ul. Radziejowicka 108

tel. +48 22 724 38 07

info@wittmann-group.pl

https://wittmann-group.com/pl

enjoy
INNOVATION



TEMPRO plus
Temperature controllers



03-04.10.2024

Nosalowy Dwór*****, Zakopane

plast
invent
2024



Czy wiesz, że do wyznaczenia lokalizacji kompas wykorzystuje heksadecymalny, czyli szesnastkowy system liczbowy? Zbieg okoliczności? W żadnym razie! **Ruszaj na 16. edycję Konferencji Plastinvent.**

Gryfilen[®]

POLYPROPYLENE


GRUPA
AZOTY
POLYOLEFINS

POLSKI PRODUKT

dla liderów przetwórstwa
na zaawansowanych rynkach



15-19.10.2024



Friedrichshafen

Spotkajmy się!

STOISKO A4-4110

 gryfilen.com

 [linkedin.com/company/grupaazoty-polyolefins](https://www.linkedin.com/company/grupaazoty-polyolefins)



Nowoczesne metody pomiaru tworzyw sztucznych



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

Produkty te badane są pod względem różnych właściwości i cech, w tym cech fizycznych i wizualnych. Wiele z nich badane jest przy pomocy metod i sprzętów mających również zastosowanie w badaniach jakości powłok. Do nowoczesnych, specjalistycznych urządzeń należy między innymi elektromagnetyczny miernik grubości ścianek ElektroPhysik MiniTest FH, umożliwiający ciągły pomiar ścianek, nawet o bardzo skomplikowanych i nieregularnych kształtach w zakresie grubości od 0,01 do 24 mm. Nowatorska metoda, oparta na udostępnieniu magnetycznego podłoża w postaci stalowej kulki po jednej stronie materiału tworzywowego, umożliwia pomiar grubości ścianki metodą indukcji elektromagnetycznej poprzez sondę przesuwaną po jej zewnętrznej stronie. Daje to możliwość pomiaru i zapisu grubości w sposób ciągły, przemieszczając czujnik po dowolnej krzywej na powierzchni produktu.

Kolejnymi nowatorskimi urządzeniami są mierniki grubości powłok na podłożach z tworzyw sztucznych. Umożliwiają one poprzez technologię ultradźwiękową pomiar grubości powłok na materiałach niemetalowych, z możliwością rozróżnienia grubości poszczególnych warstw. Obecne na rynku mierniki DeFelsko PosiTector 200 oraz ElektroPhysik QuintSonic T pozwalają na pomiar grubości do 3-5 warstw w jednym pomiarze, w zakresie od ok. 10-20 μm do 7000 μm . Metoda ta świetnie sprawdza się w przemyśle motoryzacyjnym, jachtowym, meblarskim, przy produktach kompozytowych i wszędzie tam, gdzie tradycyjne mierniki metody indukcji elektromagnetycznej czy prądów wirowych nie mają zastosowania. Inną weryfikowaną cechą tworzyw jest twardość, której badanie odbywa się przy pomocy powszechnie stosowanych metod takich jak np. metoda Shore'a czy metoda Barcola. Dotychczas wszystkie te metody wgłębnikowe wymagały stosowania kilku różnych urządzeń, odmiennych dla pomiaru



typu Shore A, Shore D czy metody Barcola. Od pewnego czasu na rynku dostępny jest sprzęt amerykańskiej firmy DeFelsko, który w jednym mierniku pozwala w sposób wymienny stosować sondy dostosowane do każdej z tych metod. Miernik PosiTector posiada możliwość zastosowania sondy SHA do pomiaru twardości metodą Shore A, sondy SHD do pomiaru metodą Shore'a w zakresie twardości D, a także metodą wgłębnikową Barcola, przy użyciu tego samego przyrządu. Co więcej, miernik ten wyposażony w funkcję pamięci pomiarów, statystyki czy transmisji danych umożliwia zastosowanie tych funkcji w każdej z wymienionych metod pomiarowych, co jest szczególnie nowoczesne





w przypadku metody Barcola, którą pomiary przez pół wieku ze względu na zarejestrowane patenty odbywały się wyłącznie aluminiowym miernikiem ze skalą wskazówkową, nie posiadającym ani funkcji statystycznych, ani możliwości zapisu czy transferu wyniku. Przy ocenie tworzyw sztucznych, zarówno samych, jak i lakierowanych, bezsprzecznie istotnymi cechami są cechy wizualne. Na cechy te składają się przede wszystkim kolor i połysk. Zgodność kolorystyczną wyprodukowanych detali można oceniać zgodnie z normą ISO 3668, przy użyciu stanowiska do oceny wizualnej w znormalizowanym świetle. Kabinę świetlną Color-Cab pozwalają na ocenę wyglądu produktu w znormalizowanym i w pełni powtarzalnym oświetleniu, co w istotnym stop-

niu zmniejsza zmienność warunków postrzegania. Kabinę takie występują w długościach 60 i 120 cm w zależności od wymagań, jak również w postaci stanowisk oświetleniowych pozwalających na ocenę dużych elementów na liniach produkcyjnych. Kolejnymi przyrządami do pomiaru cech wizualnych są połyskomierze, kolorymetry i spektrofotometry. Urządzenia te dokonują pomiaru cech tak subiektywnych jak kolor czy połysk, zamieniając je w wartość liczbową. Na rynku występuje wiele tego typu urządzeń, jak np. połyskomierze referencyjne Sologloss i Polygloss firmy TQC Sheen, a także prostsze modele np. firmy Testan. Do pomiarów barw stosuje się spektrofotometry mierzące barwę w pełnym zakresie widma światła widzialnego, czyli od 400 do 700 nm oraz kolorymetry trójchromatyczne, które ze względu na prostszą konstrukcję stosowane są najczęściej do pomiarów różnic barw próbek zarówno w zakresie produkcji, jak i warunków użytkowania. Firma Testan oferuje zarówno spektrofotometry, jak i kolorymetry trójchromatyczne zapewniające pełny zakres parametrów wykorzystywanych przy pomiarach barw wg wymagań norm, np. ISO 7724-2, zapewniając jednocześnie akceptowalny poziom cenowy urządzeń.

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

Agencja Anticorr Gdańsk Sp.z o.o.

tel. 502 523 999

biuro@anticorr.pl, www.anticorr.com.pl

REKLAMA



**AGENCJA
ANTICORR**

Agencja Anticorr Gdańsk Sp. z o.o.

ul. Tarcice 11, 80-718 Gdańsk

tel: 58 343 25 53, 502 523 999

biuro@anticorr.pl

**Urządzenia kontrolno-pomiarowe
do badania powłok i tworzyw**

Kompleksowe wsparcie techniczne
Profesjonalne doradztwo

www.anticorr.pl

Kontrola jakości opakowań za pomocą systemów wizyjnych

Izabela Gajlewicz, Marta Lenartowicz-Klik

Najbardziej wydajny układ przetwarzania obrazów, znany pod nazwą system wizyjny, jest w naszej głowie. Twój mózg nieustannie identyfikuje, przetwarza i interpretuje to, co widzimy. To co dla nas wydaje się naturalne i łatwe, jest bardzo trudne to przełożenie na maszyny. Wszystkie konstruowane systemy wizyjne dążą do tego, aby być tak dobrym i wydajnym w swoim działaniu jak ludzki mózg. Choć nadal niemożliwe jest stworzenie systemu wizyjnego tak uniwersalnego jak ludzki mózg, w określonej, specyficznej aplikacji, to maszyny pozwalają już na większą wydajność kontroli wizyjnej, a także zapewniają większą stabilność działania systemu. System wizyjny w przeciwieństwie do ludzkiego mózgu nie straci koncentracji ani nie zmęczy się po kilku, kilkunastu minutach [2, 15]. Odpowiednio skonstruowany system wizyjny jest kluczowym elementem linii produkcyjnej przemysłu 4.0. Zapewnia wysoką jakość powytwarzanych produktów w praktycznie każdej z branż. System wizyjny sprawdzi się zarówno przy produkcji żywności, jak i jej pakowania oraz może sprawdzać obecność elementów lub dokonywać dokładnej analizy wymiarowej.

Pomiary 3D oraz rozpoznawanie znaków? W dzisiejszych czasach to bardziej kwestia zaplanowania terminu wdrożenia niż opracowania technologii. Z czego się składa system wizyjny? Głównym jego elementem są kamery wraz z obiektywem. Dlaczego te dwa elementy? Ponieważ stanowią integralną całość, tak jak oko ludzkie. Obiektyw odpowiada rogówce, natomiast kamera, a dokładniej serce kamery, czyli sensor światłoczuły – plamce żółtej [1-3, 12-16].

Widzenie komputerowe obejmuje przechwytywanie, przetwarzanie i analizowanie obrazów, ułatwiające obiektywną i nieniszczącą ocenę cech jakości wizualnej produktów spożywczych. Potencjał widzenia komputerowego w przemyśle spożywczym został doceniony już dawno i obecnie przemysł spożywczy znajduje się w pierwszej dziesiątce branż wykorzystujących tę technologię. Niedawny postęp w zakresie sprzętu i oprogramowania pomógł w tej ekspansji, zapewniając niedrogie i wydajne rozwiązania, co doprowadziło do dalszych badań nad rozwojem komputerowych systemów wizyjnych w przemyśle spożywczym. W rezultacie zautomatyzowana inspekcja wizualna znacznie się rozwija w przemyśle spożywczym ze względu na jej opłacalność, spójność, wyjątkową szybkość i dokładność. Tradycyjna wizualna kontrola jakości przeprowadzana przez ludzkich inspektorów może w wielu zadaniach zostać zastąpiona komputerowymi systemami wizyjnymi. Istnieje coraz więcej dowodów na to, że widzenie maszynowe jest stosowane na poziomie komercyjnym [11, 21, 22]. System wizyjny w rzeczywistości przemysł spożywczy czerpie wiele korzyści ze stosowania systemów wizyjnych. Kontroli wizyjnej może być poddawane zarówno jedzenie, jak i opakowania żywności. Urządzenia systemów wizyjnych pozwalają na kontrolę zgodności pomiarów z dokładnością co do mikrometrów, wykrywanie pęknięć, rys itp. w strukturze zewnętrznej produktu, sprawdzanie stanu napełnienia i obecności produktu w opakowaniu, odczytywanie kodów kreskowych jedno- i dwuwymiarowych oraz dowolnych tekstów nadrukowanych i wytłaczanych, jak i rozpoznawanie kolorów. Systemy wizyjne mogą np. oceniać świeżość mięsa, owoców, warzyw, wyszukiwać „sugar spoty” na ziemniakach, dokonywać detekcji zanieczyszczeń w dostarczonym materiale wsadowym do produkcji żywności.

Do kontroli opakowań można zaliczyć kontrolę jakości zgrze-

wu, z zakresu OCR/OCV – kontrola nadruku etykiet, systemy wizyjne sprawdzające gwint na butelkach/w nakrętkach z wykorzystaniem obiektywów perycentrycznych, dokonują analizy kompletności ułożenia produktów w kartonach lub na paletach [14, 18, 20].

ZAUTOMATYZOWANA KONTROLA WIZYJNA DLA BRANŻY OPAKOWANIOWEJ

Aplikacje do kontroli opakowań w przemyśle spożywczym mają kluczowe znaczenie dla zagwarantowania bezpieczeństwa i jakości produktów wychodzących. Wadliwe, połamane lub uszkodzone opakowanie może niekorzystnie wpłynąć na sposób, w jaki klienci i konsumenci postrzegają jakość, bezpieczeństwo i wartość produktu, a także może skutkować kosztownym wycofaniem produktu przez producenta. Typowe zastosowania kontroli wizyjnej [17-19]:

- sprawdzenie obecności/braku komponentów lub części obiektu;
- sprawdzenie dokładności wymiarowej obiektów względem tolerancji geometrycznych;
- sprawdzenie braku lub obecności obcych elementów;
- sprawdzenie jakości operacyjnej (weryfikacja poprawności działania produktów);
- kontrolowanie rozmieszczenia etykiet, zapewnienie dokładności pakowania poprzez identyfikację nieprawidłowych etykiet
- monitorowanie kolorów (dotyczy pomiaru i kontroli natężenia światła produktu oraz widma oświetlenia badanego obiektu).

WYKRYWANIE WAD OPAKOWAŃ

Branża opakowań stoi przed poważnymi wyzwaniami. Personalizacja masowej produkcji przemysłowej to jeden z najpowszechniejszych trendów w niemal każdym obszarze zastosowań. Niezależnie od branży, w której znajduje się opakowanie, czy to branża medyczna, spożywcza, kosmetyczna czy inna, wszystkie wymagają odpowiednich konfiguracji maszyn, szybkich ich zmian i adaptacji. Rola technologii wizyjnej otwiera nowe możliwości dla branży opakowaniowej i pokazuje, jak można ją wykorzystać do szybkiej i niezawodnej kontroli produktów. Ta technologia zapewnia to, co najlepsze – zautomatyzowane systemy kontroli



wizualnej do wykrywania wad opakowań o wysokiej wydajności, dostosowane zawsze do indywidualnych potrzeb klienta [2, 5, 19].

KONTROLA WIZYJNA W KONTROLI PRODUKCJI

Kontrola wizyjna to dział techniki obejmujący zagadnienia automatycznej kontroli i sterowania procesami na podstawie analizy obrazu. Rozwój, a także wzrost dostępności kamer sprawił, że kontrola wizyjna szturmem weszła do zakładów produkcyjnych. Dokładne i powtarzalne pomiary, prędkość działania oraz niezawodność to cechy, które sprawiły, że kontrola produkcji praktycznie uzależniła się od systemów wizyjnych. Zastosowania w przemyśle oraz procesie produkcji są ogromne, właściwie niemożliwym byłoby wymienić je wszystkie. Można jednak zdefiniować kilka typowych aplikacji, występujących niezależnie od sektora produkcji [8, 12].

Kontrola kompletności

Jednym z typowych zadań inspekcyjnych jest kontrola kompletności. W większości wypadków polega ona na sprawdzaniu kompletności opakowań, palet, a także na kontroli obecności jednego określonego obiektu, jak np. torebki z przyprawami w zupce chińskiej. Jeśli kamera obserwująca pole robocze wykryje brak któregoś z elementów, zgłaszany jest alarm lub dany obiekt jest automatycznie odrzucany. Kontrola kompletności może być realizowana za pomocą kamer inteligentnych, jak też i z wykorzystaniem systemów PC-based. W przypadku gdy inspekcji podlega, np. paleta, gdzie produkty ustawiane są jeden na drugim, zwykła kamera może nie dawać obrazu umożliwiającego wykrycie wady (przy widoku z góry możemy zobaczyć element będący w niższej warstwie i uznać go za ten z wyższej). W takim wypadku pomocne są kamery ToF (Time-of-Flight), czyli urządzenia mierzące czas przelotu wiązki światła od źródła do obiektu. Obraz z kamery ToF da pełną informację, czy obserwowana warstwa jest kompletna czy też nie. Często, obok kontroli kompletności, jest też wykonywane zliczanie elementów [6-8, 16-19].

Kontrola pozycji

Innym parametrem poddawanym kontroli w procesie produkcji jest pozycja obiektów. W przeciwieństwie do analizy wymiarowej, która jest najczęściej elementem kontroli jakości, ustalanie pozycji obiektów jest wykorzystywane w procesie sterowania produkcją. Dzięki ustaleniu orientacji losowo ułożonych elementów przemieszczających się na taśmie produkcyjnej, ramię robota może je w zaplanowany sposób chwycić i ułożyć w opakowaniu. Analiza pozycji obiektu jest także wykonywana w celu sprawdzenia, czy dane elementy są odpowiednio ustawione przed przejściem do dalszego etapu produkcyjnego. Przykład wykorzystania analizy pozycji to np. losowo ułożone obiekty są detektowane przez system wizyjny, a następnie układane na palecie za pomocą robota przemysłowego [8-10, 18].

Rozkład temperatury

Systemy wizyjne wykorzystujące termowizję pozwalają na monitorowanie temperatury, rozkładu temperatury obiektów, a także detekcję lokalnych obszarów o wskazanych parametrach (np. strefy kumulacji ciepła). Zaletą takich systemów jest to, że pomiar przebiega bezkontaktowo, dzięki czemu nie wpływa on na parametry obiektu, a także istnieje możliwość jednoczesnego przeprowadzania inspekcji i obserwowania całej powierzchni badanego elementu. Termowizja jest również często wykorzystywana w różnego rodzaju systemach bezpieczeństwa, np. przy wykrywaniu pożarów, kontroli temperatury wrażliwych elementów itp. Kamery termowizyjne umożliwiają wczesne wykrycie niepożądanych zjawisk i szybką reakcję, podnosząc tym samym bezpieczeństwo pracowników i chroniąc zakłady przed długimi i kosztownymi przestojami. Co ważne termowizja spełnia swoje zadania także w warunkach niedostatecznej widoczności, dzięki czemu może pracować nawet na zapyłonych halach [3, 7, 17-20].

OCR/OCV

Kolejną często stosowaną techniką analizy wizyjnej jest OCR, czyli konwersja obrazów rastrowych tekstu maszynowego na informację elektroniczną. OCR jest stosowane przy odczytywaniu

różnych informacji z etykiet (daty ważności, nr serii), odczytywaniu dokumentów, identyfikacji tabliczek znamionowych itd. Aktualnie, niektóre algorytmy OCR są na tyle zaawansowane, że potrafią identyfikować nawet pismo ręczne. Bardzo podobną techniką jest OCV, czyli optyczna weryfikacja znaków. Tak jak oprogramowanie OCR służy tylko do odczytywania tekstu, OCV będzie sprawdzało jeszcze poprawność informacji oraz jakość i czytelność tekstu. Metoda ta jest najczęściej używana w celu sprawdzenia, czy nadrukowane kody, daty, serie są wystarczająco wyraźne i będą czytelne dla użytkownika. Jeśli chodzi o systemy wizyjne, to obecnie w przemyśle spożywczym są one elementem niemal niezbędnym. Dzięki nim możliwe jest odczytywanie kodów i etykiet, liczenie oraz sortowanie produktów, kontrola pozycji i obecności, a także wykrywanie jednostek z defektami produkcyjnymi. Systemy te zapewniają w produkcji nową możliwość, która pomaga firmom zwiększyć zdolności produkcyjne. Nowoczesne kamery zintegrowane z układami automatyki mogą umożliwić szybką eliminację wadliwych produktów, weryfikację poprawności pakowania produktów oraz zapewnić śledzenie i przechwytywanie informacji na temat produktów na każdym etapie procesu. Wynikiem ich zastosowania jest mniejsza liczba błędów w produkcji, obniżka kosztów i wzrost satysfakcji odbiorców produktów, przy zapewnieniu pełnej identyfikowalności, niezależnie od miejsca pojawienia się problemu w łańcuchu dostaw. Rozwój systemów wizyjnych zmierza w kierunku wprowadzenia systemów wizyjnych 3D, które są w stanie rozpoznawać złożone i skomplikowane kształty oraz eliminują konieczność rozładunku produktów z pojemników transportowych [11, 14-16, 19-21].

Porcjowanie żywności za pomocą systemów wizyjnych 3D

Technologie 3D w systemach wizyjnych pozwalają na zmianę podejścia do porcjowania czy ważenia gotowego produktu. W krajach skandynawskich technologia 3D od dawna stosowana jest przy dzieleniu ryb na porcje o określonej gramaturze. Dzięki zastosowaniu triangulacji laserowej możliwe jest wyliczenie objętości ryby przejeżdżającej pod kamerą, a znajomość ciężaru właściwego pozwala na wirtualny podział jej na kawałki o określonej masie. Linie cięcia wyznaczone są przez specjalistyczne oprogramowanie wizyjne i wysłane do automatycznych noży, które tną rybę w określonych miejscach. W Polsce takie rozwiązanie może z powodzeniem znaleźć zastosowanie w przemyśle mleczarskim, gdzie porcuje się różnego rodzaju sery i masło. Pozwala ono zmniejszyć ilość odpadów oraz przyspieszyć proces pakowania, bez konieczności ważenia każdej porcji.

Drugim sposobem wykorzystania technologii 3D w przemyśle spożywczym jest pomiar objętości (masy) produktów już porcjowanych. Zamiast tradycyjnie je ważyć, można je zeskanować, używając systemu wizyjnego 3D, a dane o masie zostaną wysłane do drukarki przygotowującej etykiety. Pozwala to zachować ciągłość produkcji, ponieważ nie jest konieczne zatrzymywanie linii produkcyjnej na czas ważenia produktu. Rozwiązanie to może być wdrożone nie tylko w przemyśle mleczarskim, ale także w mięsnym.

Innym ciekawym zastosowaniem systemów wizyjnych 3D w przemyśle spożywczym jest kontrola wielkości, grubości i kształtu w piekarstwie. Możliwy jest pomiar ilości ciasta, kształtu pieczywa czy grubości placka przed załadunkiem do pieca, co pozwala wyeliminować produkty, które nie spełniają wymagań norm i zaoszczędzić zarówno surowiec, jak i energię potrzebną do przygotowania pieczywa.

Niektóre firmy używają technologii 3D także do optymalizacji procesu produkcji, wykorzystując skanery 3D w pętli zwrotnej z dozownikami surowca. Produkcja ciastek, gumy do żucia czy

cukierków w polewie może zostać poddana kontroli. Pomiar ciastek przed i po zalaniu polewą czekoladową umożliwia określenie ilości zużywanej czekolady (grubości warstwy polewy), a co za tym idzie sterowanie dozowaniem tak, aby zużycie czekolady było optymalne. Pozwala to zaoszczędzić znaczną ilość surowca i przynosi wymierne korzyści. Dzięki temu, że pomiar odbywa się w czasie rzeczywistym, możliwe jest bieżące sterowanie dozowaniem, co przekłada się na zmniejszenie ilości surowca zużywanego podczas produkcji. Tak samo wytwarzanie gumy do żucia i podobnych produktów produkowanych w milionach sztuk pozwala na dokładniejsze dozowanie ilości surowca i niesie ze sobą realne oszczędności [3-6, 11-15].

Wypełnianie i dozowanie w przypadku porcjowania mięsa

Istotą procesu pakowania jest zgodne z wymaganiami wypełnienie opakowań. W aplikacjach, które umożliwiają policzenie detali w prosty sposób, a następnie ich dozowanie do pojemnika nie sprawia to trudności. Jednak najbardziej zaawansowane systemy pozwalają na dozowanie produktu, który ma niejednorodny kształt lub wymagane jest odpowiednie jego umiejscowienie w opakowaniach wielokomorowych. Przykładem pakowania produktów o niejednorodnych kształtach, z wymogiem uzyskania tej samej masy, jest porcjowanie mięsa.

Tak działa też system, który porcuje rybę, uzyskując zawsze 200 g w jednym kawałku – skaner został sparametryzowany w taki sposób, że pozyskuje kolejne profile przekroju w ściśle określonych wartościach przesunięcia i wyznacza w ten sposób objętość. Następnie w zaimplementowanym podprogramie oblicza masę, wykorzystując rzeczywistą wartość gęstości masy ryby. Dzięki temu jest możliwe wysłanie sygnału do piły tnącej, tak aby odcięta odpowiednią porcją ryby zgodnie z wymaganiami [12-16].

Produkcja opakowań tekturowych wymusza wdrożenie systemów opartych na technologiach 3D. Wynika to głównie z szybkości produkcji oraz wymiarów obiektów i wymagań technicznych. W niektórych aplikacjach stosuje się inteligentne skanery, umożliwiające kontrolę jakości i geometryczną analizę szablonów wyciętych z tektury, tzn. wymiarów liniowych, obecności otworów i wycięć, ewentualnych braków, a także odchyień grubości materiału. Ich zadaniem jest także identyfikacja położenia i rotacji obiektu, tak by możliwe było odpowiednieysterowanie manipulatora pozycjonującego przed kolejnym etapem produkcji. W kolejnym etapie na tej samej linii produkcyjnej nakładany był klej, a następnie formowano szablon tektury, tworząc opakowanie. Na tym odcinku produkcji pojawiał się problem odpowiedniego dozowania kleju, a jego brak albo za mała lub za duża ilość sprawiały, że produkt stawał się brakiem. W tym celu opracowano system kontroli jakości i sterowania dyszami dozującymi. Analiza za pomocą inteligentnych skanerów umożliwiła szybszą identyfikację błędów i wyzwolenie alarmu lub przesterowanie parametrów dysz, tak aby możliwe było dozowanie odpowiedniej ilości kleju i tym samym uniknięcie strat finansowych wynikających z błędów produkcyjnych. Głowica skanera, wykonując wbudowaną aplikację analizy, oblicza objętość kleju i komunikuje się ze sterownikiem PLC, umożliwiając sterowanie dyszami. Wdrożenie takiej aplikacji zapewnia zmniejszenie kosztów produkcyjnych i najwyższą jakość końcowych wyrobów [1, 9-11, 21-22].

Podczas produkcji opakowań najczęściej dąży się do zapewnienia estetycznego wyglądu opakowania, odpowiednich wymiarów i cech geometrycznych, ale również identyfikacji wtrąceń i defektów lub pozostałości poprodukcyjnych produkowanych elementów. Ciekawym przykładem jest kontrola jakości walcowych pojemników stosowanych do pakowania gum, jogurtów, lodów

itp. Takie analizy bazują najczęściej na technologii 2D. Architektura systemu polega na odpowiednim zintegrowaniu komponentów, tj. kamery, obiektywu i oświetlacza, tak aby uzyskać całkowity obraz obiektu. Zestaw takich obrazów jest wysyłany do komputera, a następnie analizowany za pomocą środowiska programistycznego, co umożliwi identyfikację zabrudzeń i wtrąceń, a także kontrolę parametrów geometrycznych i wiele innych cech.

Spektrum zastosowania systemów wizyjnych jest bardzo szerokie, ponieważ obejmuje wiele gałęzi przemysłu. Ważnym tematem jest praca systemów wizyjnych w przemyśle spożywczym, np. na liniach butelkowania. W szczególności wykrywane są defekty takie jak mikropęknięcia, pęknięcia czy zgniecenia. Systemów wizyjnych nie brakuje w punktach kontrolnych, gdzie wykrywane są zanieczyszczenia w butelkach. Jest możliwe zliczanie puszek, butelek, a także kontrolowanie zawartości i stanu opakowań oraz terminów przydatności. Systemy wizyjne czytają kody z butelki, po czym dane są wprowadzane do bazy danych. Są również aplikacje bazujące na systemach wizyjnych odpowiedzialnych za kontrolowanie obecności i jakości wydruku. Sprawdzany jest stan zamknięcia oraz wykrywana jest rdza na metalowych zamknięciach [9, 15-18].

ZALETY SYSTEMÓW WIZYJNYCH W PRODUKCJI

Jako zalety należy wymienić stuprocentową kontrolę jakości. Nie mniej istotną pozostaje możliwość wykonywania szybkich pomiarów bez konieczności zatrzymywania linii produkcyjnej. Dzięki współpracy systemu wizyjnego z aplikacjami komputerowymi w automatyczny sposób tworzone są bazy danych oraz statystyki dotyczące jakości. Aplikacje komputerowe, bazując na

informacjach pozyskanych z systemów wizyjnych, są w stanie dokumentować kontrolę zgodnie z przyjętymi kryteriami. Nowoczesne czujniki wizyjne przede wszystkim cechują się intuicyjnością obsługi, a także elastycznością pracy, dzięki której w zależności od potrzeby mogą być definiowane podstawowe parametry użytkownika, tj. odległość i przestrzeń działania. Czujniki wizyjne stwarzają projektantom możliwość użycia narzędzi analitycznych służących do kontroli jakości, porównywania kontrastu, liczenia krawędzi, porównywania szerokości, rozpoznawania obiektów wzorcowych, a także do kontroli konturu i pozycji. Systemy pakowania, etykietowania i kontroli wizualnej odgrywają kluczową rolę w bezpieczeństwie żywności. System kontroli znajduje niedoskonałości w pakowaniu i etykietowaniu, przeprowadzając kluczowe kontrole, które zapobiegają zanieczyszczeniu żywności i zapewniają czytelność etykiet w celu zapewnienia identyfikowalności. Opakowania na żywność są zwykle zamykane przy użyciu systemów wykorzystujących ciepło, a uszczelnienia te mają kluczowe znaczenie dla jakości i bezpieczeństwa opakowanego produktu. Nieszczelności opakowań powodują zanieczyszczenie żywności, utratę składników odżywczych i aromatu, przedwczesne psucie się, utratę postrzeganej jakości i marki oraz zanieczyszczenie innych produktów. Umiejętność czytania etykiet jest niezbędna do identyfikowalności. Jeśli etykiety nie przylegają prawidłowo do opakowania lub są z jakiegokolwiek powodu nieczytelne, może to mieć wpływ na identyfikowalność produktu w przypadku wystąpienia problemu, takiego jak wycofanie produktu z rynku [19-22, 16, 22].

Wady niezauważalne przez ludzkie oko, dzięki rozwiązaniu wizyjnym, można wykryć w mniej niż sekundę. Skutkuje to poprawą jakości produktów, wyższą wydajnością i niższymi kosztami produkcji, a także generowaniem zautomatyzowanych raportów.

Kontrola jakości opakowań to niezwykle istotna składowa procesu produkcji. Usterki w kapslach, nakrętkach, czy zgrzewach mogą prowadzić do wylania, wysypania lub innego uszkodzenia opakowanych produktów. Inwestycja w zautomatyzowane wizyjne systemy kontroli jakości pozwoli skontrolować opakowania wszystkich produktów, które schodzą z linii produkcyjnej – ich szczelności, prawidłowości i braku uszkodzeń zawartości. Kontrola opakowań to absolutna konieczność, przy dostarczaniu produktów o najwyższej jakości, nieszkodzonych i posiadających wszystkie deklarowane właściwości. Szczególnie istotna kontrola jakości opakowań jest w branżach, które regulowane są obowiązującymi przepisami prawa. W pakowanych produktach po prostu nie może być zabrudzeń, uszkodzeń, wycieków. Opakowania muszą być szczelne oraz bardzo istotne jest też to, by na każdym opakowaniu, w miejscu do tego przeznaczonym, widniała data ważności produktu. No i oczywiście wewnątrz opakowania nie może znajdować się żadne obce ciało, a zawartość powinna zgadzać się z gramaturą podaną na etykiecie i w specyfikacji produktu [18-21].

Jakość opakowań do żywności ma ogromny wpływ na jakość i bezpieczeństwo żywności, zgodność i efektywność procesów łańcucha dostaw. Do produktów spożywczych stosuje się wiele rodzajów opakowań, ale wszystkie mają ten sam cel: konserwację żywności, dostarczanie informacji o produkcie, nadawanie mu atrakcyjnego wyglądu i zapewnianie wydajnych procesów na całej długości łańcucha dostaw [17].

Rynkowe rozwiązania w zakresie kontroli wizyjnej do kontroli jakości różnych typów opakowań do żywności umożliwiają producentom z różnych sektorów spożywczych kontrolę ich opakowań i upewniają się, że spełniają one pożądaną poziom jakości [15].



Foto by Freepik

PODSUMOWANIE

Automatyczna kontrola jakości opakowań przez nowoczesne systemy wizyjne to przyszłość przemysłu spożywczego i nie tylko. W miarę jak świat radzi sobie z kryzysem zdrowotnym i gospodarczym, projekty opakowań ulegną zmianie. Marki muszą na nowo przemyśleć projekty opakowań, wykraczając poza podstawy, takie jak koszty, wygoda i wydajność. W nowym opakowaniu trzeba będzie uwzględnić bezpieczeństwo konsumenta, zaprojektowane z myślą o modelach handlu elektronicznego i dystrybucji bezpośredniej do konsumentów, w miarę jak coraz więcej osób będzie dokonywać zakupów spożywczych w Internecie.

Systemy kontroli wizualnej odgrywają integralną rolę w zapewnianiu prawidłowego pakowania żywności i jej identyfikowalności. Systemy kontroli muszą być łatwe w obsłudze i wystarczająco elastyczne, aby można je było dostosować do nowych wymagań bez dodatkowego szkolenia lub inżynierii, ponieważ bezpieczeństwo żywności, etykietowanie i identyfikowalność stają się ważniejsze niż kiedykolwiek wcześniej.

Najważniejszą zaletą wizyjnych systemów kontroli jakości jest stuprocentowa kontrola jakości produkcji. Pomiar wykonywany jest przy tym szybko i nie trzeba zatrzymywać linii technologicznej. Ważna jest przy tym elastyczna praca i intuicyjna obsługa łącznie z definiowaniem kluczowych parametrów pracy systemu – np. odległość czy przestrzeń działania. Nie można zapomnieć o budowie modułowej, dzięki czemu system można łatwo rozbudować dodając kolejne narzędzia kontrolne i dodatkowe elementy.

Kontrola wizyjna w zakładach produkcyjnych staje się coraz powszechniejsza i nic nie wskazuje na to, aby ten trend miał ulec zmianie. Branże takie jak elektronika, farmaceutyka czy przemysł spożywczy to sektory, które już teraz są uzależnione od kontroli wizyjnej. Postęp techniki oraz rozwój oprogramowania pozwalają pokonywać kolejne problemy występujące podczas procesu produkcyjnego i tworzyć jeszcze bardziej zaawansowane i niezawodne systemy. Dobrze przemyślany i zaprojektowany system pozwala zminimalizować ilość wadliwych produktów, czyniąc produkcję bardziej opłacalną i wydajną. Trudno byłoby nie zauważyć, że przyszłość należy do takich właśnie rozwiązań.

LITERATURA

- [1] Borowczak D. 2016. Trzeci wymiar kontroli jakości w sektorze opakowań oraz procesie pakowania. *Automatyka* 9.
- [2] Cabral J. D. D., S. A. de Araújo. 2015. An intelligent vision system for detecting defects in glass products for packaging and domestic use. *Int J Adv Manuf Technol* 77:485–494 DOI 10.1007/s00170-014-6442-y.
- [3] Cabral J. D. D., S. A. de Araújo. 2012. Computer Vision System for Automatic Quality Inspection of Glass Products Used for Food Packaging. *Agricultural and Food Sciences, Engineering, Environmental Science*, ID7.1-10.
- [4] Cavalla D. P., M. Cefola, B. Pace, A. F. Logrieco, G. Attolico. 2018. Non-destructive automatic quality evaluation of fresh-cut iceberg lettuce through packaging material. *Journal of Food Engineering* 223(4):46-52. DOI:/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.042.
- [5] Dold J., H. Ch. Langowski. 2022. Optical measurement systems in the food packaging sector and research for the non-destructive evaluation of product quality. *Food Packaging and Shelf Life* 31 (3): 100814. DOI:/10.1016/j.fpsl.2022.100814.
- [6] Dold J., C. Kehr, C. Hollmann. H. Ch. Langowski. 2021. Non-Destructive Measuring Systems for the Evaluation of High Oxygen Stored Poultry: Development of Headspace Gas Composition, Sensory and Microbiological Spoilage. *Foods*, 11, 592.

DOI:10.3390/foods11040592.

- [7] E shkevari M., M. J. Rezaee, M. Zarinbal, H. Izadbakhsh. 2021. Automatic dimensional defect detection for glass vials based on machine vision: A heuristic segmentation method. *Journal of Manufacturing Processes* 68: 973–989. DOI:10.1016/j.jmapro.2021.06.018.
- [8] Ismail N., O. A. Malik. 2022. Real-time visual inspection system for grading fruits using computer vision and deep learning techniques. *Information Processing in Agriculture* 9(1):24-37. DOI:10.1016/j.inpa.2021.01.005.
- [9] Palumbo M., M. Cefola, B. Pace, G. Attolico, G. Colelli. 2023. Computer vision system based on conventional imaging for non-destructively evaluating quality attributes in fresh and packaged fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 200(6):112332. DOI:10.1016/j.postharvbio.2023.112332.
- [10] Reichensteina T., T. Raffina, Ch, Sandb, J. Frankea 2022. Implementation of Machine Vision based Quality Inspection in Production: An Approach for the Accelerated Execution of Case Studies. *Procedia CIRP* 112: 596–601.
- [11] Tadhg B., Da-Wen Sun. 2004. Improving quality inspection of food products by computer vision – a review. *Journal of Food Engineering* 61 (1): 3-16 DOI:/10.1016/S0260-8774(03).
- [12] <https://amister.pl/systemy-wizyjne-w-przemysle-wsparcie-kontroli-jakosci/>
- [13] <https://automatykab2b.pl/temat-miesiaca/43529-przemysl-opakowaniowy-czesc-1-transport-i-robotyzacja> [dostęp: 12.02.2024].
- [14] <https://automatykab2b.pl/temat-miesiaca/43585-przemysl-opakowaniowy-czesc-2-kontrola-jakosci-integracja-linii-pakowania> [dostęp: 12.02.2024].
- [15] <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Pomiary/Trzeci-wymiar-kontroli-jakosci-w-sektorze-opakowanoraz-procesie-pakowania> [dostęp: 05.02.2024].
- [16] <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Systemy-wizyjne-i-R-FID/Porcjowanie-zywnosci-za-pomocsystemow-wizyjnych-3D> [dostęp: 05.02.2024].
- [17] <https://automatykaonline.pl/Artykuly/Systemy-wizyjne-i-R-FID/Porcjowanie-zywnosci-za-pomocsystemow-wizyjnych-3D> [dostęp: 5.02.2024].
- [18] <https://gloswielkopolski.pl/kontrola-jakosci-opakowan-sprawdz-jak-skorzystasz-na-automatycznych-systemach-wizyjnych/ar/c15-16996711> [dostęp: 5.02.2024].
- [19] <https://trivision.dk/packaging-inspection/> [dostęp: 04.02.2024].
- [20] Raport z analizy wielkości i udziału w rynku opakowań do żywności, 2030 (www.grandviewresearch.com.) [dostęp: 08.02.2024].
- [21] <https://www.sciencedirect.com/search?q=visual%20inspection%20of%20packaging%20during%20production> [dostęp: 05.02.2024].
- [22] <https://www.visionxinc.com/visiongauge-machine-vision-software/applications/packaging-verification-inspection> [dostęp: 06.02.2024].

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Spożywczy”, tom 78, marzec 2024, s. 36-40.

mgr inż. Izabela Gajlewicz,
mgr inż. Marta Lenartowicz-Klik

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Poli-
merowych i Barwników, Toruń

Plastpol. Łączy międzynarodową branżę przetwórstwa tworzyw sztucznych, kształtuje przyszłość!

Współpraca i wymiana najnowszej myśli technologicznej, które są kluczowe dla rozwoju światowej branży, to esencja Międzynarodowych Targów Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumi Plastpol. W Targach Kielce setki firm z 31 krajów Europy, Azji i Bliskiego Wschodu nawiązują relacje obfitujące kontraktami. Podjęcie biznesowych decyzji ułatwia obserwacja maszyn pracujących na żywo. Przygotowania do 29. edycji wydarzenia, które potrwa od 20 do 23 maja 2025, już w toku.

– Polska jest centrum przetwórstwa tworzyw sztucznych w Europie Środkowej, dlatego obecność globalnej firmy Engel w Targach Kielce jest obowiązkowa. Cała impreza tętni życiem, jest mnóstwo zwiedzających, a nastrój wprost świetny. Wiele firm odczuwa ożywienie rynku, wchodzimy na kolejną korzystną zieloną ścieżkę – zaznaczało wielu przedstawicieli z 603 firm.

Ofertę wystawców poznało ponad 15 tysięcy branżowych zwiedzających z różnych stron świata. – Międzynarodowość służy tworzeniu nowych łańcuchów dostaw, negocjowaniu umów, nawiązywaniu kontaktów, które przekuwane są w kontrakty. Ostatni Plastpol obfitował w umowy, które rozwijają firmy i całą branżę. 29. edycja zapowiada się równie imponująco – podkreśla Kamil Perz, dyrektor projektu.

INNOWACYJNE WTRYSKARKI I WYTŁACZARKI NA TARGACH PLASTPOL

Od 20 do 23 maja 2025 Targi Kielce znów staną się pracującą fabryką. Na targach Plastpol zaprezentowane zostaną najnowsze technologie. Maszyny do przetwórstwa tworzyw sztucznych, takie jak innowacyjne wtryskarki, wytłaczarki, rozdmuchiarki, linie do recyklingu, do produkcji opakowań z tworzyw sztucznych będą pracować na żywo. - Trend zmierza do zwiększania precyzji, oszczędności energii oraz integracji z inteligentnymi systemami zarządzania. Nowości ostatnio prezentowane wyróżniają się tymi cechami. Kolejnych premierowych pokazów maszyn na pewno nie braknie. To także domena Plastpolu – zapowiada Kamil Perz.

GRANULAT I DODATKI DO TWORZYW SZTUCZNYCH NA TARGACH W KIELCACH

Plastpol to też prezentacja firm zajmujących się produkcją i dystrybucją innowacyjnych surowców. Na stoiskach zwiedza-



jący poznają gamy granulatów polietylenowych i polipropylenowych, regranulatów, a także różnorodnych barwników i dodatków do tworzyw sztucznych – także ekologicznych. Propozycje odpowiadają na rosnące zapotrzebowanie na zrównoważone rozwiązania.

DYSKUSJE O ZRÓWNOWAŻONYM ROZWOJU W TARGACH KIELCE

Cztery dni prezentacji technologii, surowców oraz biznesowych spotkań wzbogacają konferencje poświęcone m.in. zrównoważonemu rozwojowi i recyklingowi w branży tworzyw sztucznych. Do wydarzeń towarzyszących w harmonogram targów przetwórstwa tworzyw sztucznych wpisała się Konferencja organizowana przez Fundację PlasticsEurope Polska. Ekspertsi podejmują kluczowe dla branży zagadnienia, prezentowany jest najnowszy raport o rynku. Z kolei Seminarium Techniczne Plastech Info z udziałem przedstawicieli ważnych na światowym rynku przedsiębiorstw ponownie przeprowadzi serwis tworzywa.pl we współpracy z Targami Kielce. Wraz z serwisem zostanie zorganizowany także konkurs Omniplast dla wystawców. Przedsięwzięcie znacząco wpływa na popularyzację wiedzy na temat nowoczesnych technologii przetwarzania tworzyw.

- Te wszystkie składowe lokują Plastpol na arenie europejskiej jako miejsce innowacji, wymiany doświadczeń wiedzy, a przede wszystkim zawierania międzynarodowych kooperacji w branży tworzyw sztucznych i gumy kształtujących rozwój firm i branży – podkreśla Kamil Perz, dyrektor projektu.

XXIX Międzynarodowe Targi Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumi PLASTPOL odbędą się od 20 do 23 maja 2025 roku w Targach Kielce.

<https://www.targikielce.pl/>



Laabs Art Gallery na Targach Plastpol: wyjątkowa prezentacja sztuki i technologii

Podczas targów Plastpol w Kielcach, które odbyły się w dniach 21–24 maja 2024 roku, miało miejsce bezprecedensowe wydarzenie – pierwsza w historii tych targów tak duża wystawa sztuki. Laabs Art Gallery, prowadzona przez dr Magdalenę Laabs i inż. Adama Laabs, we współpracy z Targami Kielce, zorganizowała wyjątkową ekspozycję, prezentując około 100 obrazów olejnych autorstwa rodziny Laabs: dr Magdaleny Laabs, inż. Adama Laabs, Victorii Laabs oraz Alexandry Laabs, a także zaprzyjaźnionych malarzy: Jolanty Kurzeli, Beaty Filek, Anny Beaty Kanieckiej. Dodatkowo, na wystawie można było podziwiać rzeźby wykonane z tworzyw sztucznych przez Toma Diericka z firmy BEGRA. Stoisko o imponujących wymiarach 24x8 metrów było poświęcone wyłącznie ich twórczości, stanowiąc unikalne połączenie sztuki i technologii, które przyciągnęło uwagę uczestników targów.

PIERWSZA TAKA WYSTAWA NA PLASTPOL

Wystawa była pierwszym tego rodzaju wydarzeniem w historii targów Plastpol, co podkreśla jej unikalny charakter. Dzięki współpracy z Targami Kielce, Laabs Art Gallery zyskała przestrzeń, która umożliwiła zaprezentowanie szerokiego wachlarza dzieł sztuki, od malarstwa surrealistycznego po realistyczne portrety. Wystawa stała się miejscem, gdzie sztuka spotkała się z nowoczesnymi technologiami, a obrazy olejne rodziny Laabs były nie tylko estetycznym doznaniem, ale także formą refleksji nad wyzwaniem, z jakimi mierzy się współczesny świat, w tym tematami ekologicznymi.

SZTUKA W DIALOGU Z TECHNOLOGIĄ

Rodzina Laabs, z jej interdyscyplinarnym podejściem, łączy technologię z artystyczną wrażliwością. Magdalena Laabs, jako współzałożycielka Rolbatch, firmy specjalizującej się w przetwórstwie i recyklingu tworzyw sztucznych, przenosi swoje doświadczenie z branży na płótno. Prace, takie jak portret Kubańczyka myjącego butelki PET, namalowany w 2024 roku na podstawie zdjęcia z 2016, symbolizują jej zaangażowanie w ochronę środowiska i rozwój technologii związanych z recyklingiem.

SUKCESY ARTYSTYCZNE I UZNANIE MIĘDZYNARODOWE

Wystawa na targach Plastpol była kolejnym sukcesem w bogatym dorobku Laabs Art Gallery. Magdalena i Adam Laabs w ostatnich latach zdobyli prestiżowe nagrody, w tym Artista d'Europa w Mediolanie, a ich prace były wystawiane w takich miejscach jak Paryż, Warszawa czy Świnoujście. Te osiągnięcia podkreślają ich rosnące znaczenie na międzynarodowej scenie artystycznej i wpływ ich dzieł na współczesną sztukę.

NAGRODA EKO FILARY 2024

W czerwcu 2024 roku Magdalena Laabs została uhonorowana na prestiżową nagrodą EKO FILARY, przyznawaną za innowacyj-



ne działania na rzecz zrównoważonego rozwoju. Nagroda wyróżnia jej wkład w rozwój technologii recyklingu butelek PET, a także współpracę z Axtora Energy, która zajmuje się odzyskiem ciepła odpadowego w zakładach przetwórstwa tworzyw sztucznych i jego przekształcaniem w energię oraz wdrażaniem inteligentnych systemów kontroli zużycia energii opartych na sztucznej inteligencji AI. Dzięki połączeniu technologii i sztuki, Laabs tworzy nowoczesne rozwiązania, które pomagają firmom redukować koszty operacyjne i zmniejszać ślad węglowy, jednocześnie promując estetyczne wartości.

SZTUKA JAKO INWESTYCJA W PRZYSZŁOŚĆ

W czasach, gdy tradycyjne formy inwestycji tracą na wartości, sztuka staje się coraz atrakcyjniejszą formą ochrony kapitału. Laabs Art Gallery oferuje oryginalne obrazy olejne, które nie tylko wzbogacają wnętrza, ale także stanowią trwałe zabezpieczenie kapitału. Dzieła te, ze względu na swoją unikalność i wartość artystyczną, zyskują na wartości, oferując stabilność i długoterminowy wzrost w zmieniających się warunkach ekonomicznych.

<https://laabsartgallery.com/pl-eng>

Tworzywa,
które kształtują jutro



PLASTPOL

XXIX Międzynarodowe Targi
Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy

20-23 | 05 | 2025

Kielce



plastpol.com



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



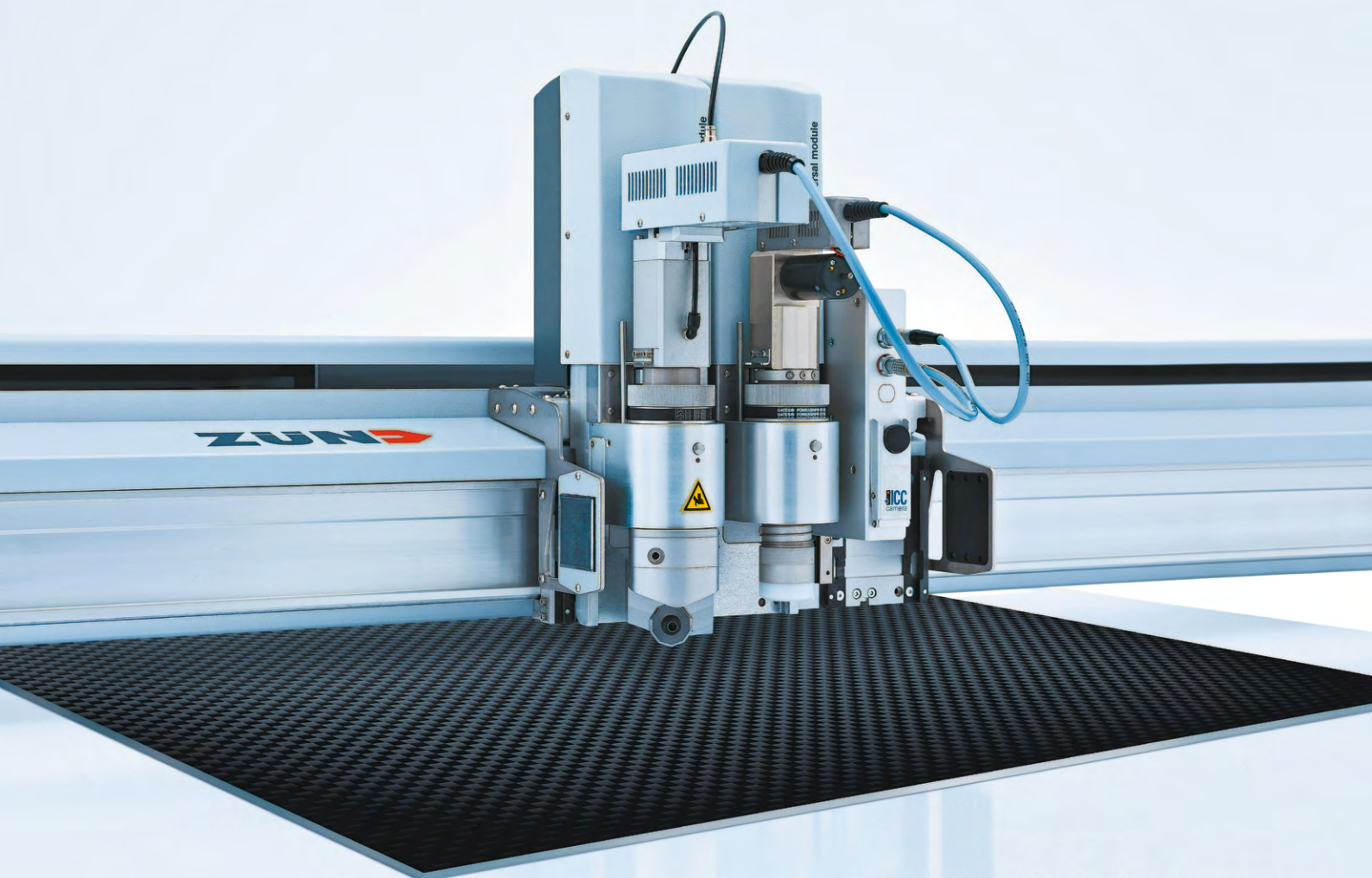
[/PlastpolFair](https://www.facebook.com/PlastpolFair)



Kanał: Plastpol 4.0.

KSM

your partner in digital cutting



KSM Cutting & Consulting Sp. z o.o.

ul. Szewska 12, 34-400 Nowy Targ,

tel. +48 18 264 97 20, biuro@zund.pl

ZUND
swiss cutting systems

Authorized
Reseller

www.zund.pl