

# Tworzywa Sztuczne Przemysle

ISSN 2082-6877

DWUMIESIĘCZNIK

TWORZYWA POLIMEROWE W NAUCE I PRAKTYCE

Do zobaczenia na targach K'2019 w Düsseldorfie

**AKPOL**

PRODUCENT  
REGRANULATÓW  
HDPE PP LDPE

hala 8B, stoisko A30



**Bagsik**®

[www.bagsik.net](http://www.bagsik.net)

hala 9, stoisko A67



**HÜRMAK**®  
P O I S K A

hala 11, stoisko B25-06

SPA  
**magic**  
MP  
MECCANICHE E STAMPE  
PER MASCHERE IN INIEZIONE

hala 14, stoisko 33

**majumi**   
chemicals™

hala 5, stoisko F33

Many thanks for  
participating in K 2016.

See you next time

**2019**  
16-23 October



**ARBURG**

hala 13, stoisko A13

**FANUC**

hala 14, stoisko A60

Foto: Messe Düsseldorf

- **Największe na świecie targi kauczuku i tworzyw sztucznych**
- **Środki barwiące w przemyśle tworzyw sztucznych**
- **Metody wytwarzania materiałów wsadowych w postaci granulatu**
- **Właściwości dźwiękochłonne i zastosowanie granulatów gumowych**
- **Funkcjonalność zgrzewarek**

# SPIS TREŚCI

WRZESIEŃ/PAŹDZIERNIK 2019 r.

## TARGI K' 2019

- 3** Największe na świecie targi kauczuku i tworzyw sztucznych
- 4** Pomiar ciśnienia wewnętrznego formy w celu zwiększenia wydajności formowania wtryskowego
- 6** Lider na rynku

## INFORMACJA PRASOWA

- 5** DIC przejmie globalny dział pigmentów BASF

## ŚRODKI BARWIĄCE

- 7** Środki barwiące w przemyśle tworzyw sztucznych

## GRANULATY I MASZYNY

- 11** Urządzenia peryferyjne do przetwórstwa tworzyw
- 14** Magazyny tworzyw sztucznych
- 16** Urządzenia firmy Huzap
- 20** Metody wytwarzania materiałów wsadowych w postaci granulatu
- 26** Magazynowanie, suszenie, dozowanie i transport pneumatyczny
- 28** Właściwości dźwiękochłonne i zastosowanie granulatów gumowych
- 34** Modyfikatory przetwarzania w przemyśle tworzyw sztucznych
- 35** Ecoviny® – producent granulatów PVC
- 37** Precyzyjne podawanie proszków, granulatów, barwników, ziaren
- 38** Maszyny do odlewania rotacyjnego
- 41** Anwil wyprodukował już 7 mln ton PVC
- 42** Funkcjonalność zgrzewarek

## PREPARATY CHEMICZNE

- 45** Preparaty chemiczne bez gazu pędnego – ekonomiczne rozwiązanie dla oszczędnych

## TWORZYWA W MEDYCYNIE

- 46** Materiały stosowane do wytwarzania implantów kości
- 50** Hydrożele – innowacyjne materiały opatrunkowe – cz. 1

## RECYKLING I TECHNIKI ODZYSKU

- 52** Biodegradowalne elastomery termoplastyczne z udziałem polilaktydu
- 57** Biopolimery z odpadów spożywczych
- 59** Biodegradowalna folia na targach Plastpol 2019
- 60** Modyfikacja biodegradowalnych poliestrów alifatycznych za pomocą inicjatorów nadtlenkowych

## ELASTOMERY

- 63** Bezpieczeństwo wyrobów gumowych
- 65** Elastomery i kauczuki

## TECHNOLOGIE

- 66** Parametry wpływające na giętkość kabli niskiego napięcia
- 74** Badanie klasy palności tworzyw sztucznych – cz. 2

## NORMY I PRZEPISY

- 79** Nowe Polskie Normy – cz. 2

## TARGI

- 80** Premierowa edycja Targów Przemysłu Tworzyw PLASTmeeting

**Tworzywa Sztuczne**  
Przemysle

[www.tworzywasztuczne.biz](http://www.tworzywasztuczne.biz)

### Redaktor naczelna

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

### Dyrektor marketingu i reklamy

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

### Dział prenumeraty

prenumerata@tworzywasztuczne.biz

### Redaktor techniczny:

Lucyna Franczyk

**Korekta:** Barbara Sput

### Wydawca

Media Tech s.c.  
mediatech@tworzywasztuczne.biz

### Adres redakcji

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

[www.tworzywasztuczne.biz](http://www.tworzywasztuczne.biz)

### Rada Programowa

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

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

Druk: Mdruk, Dąbrowa Górnicza

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

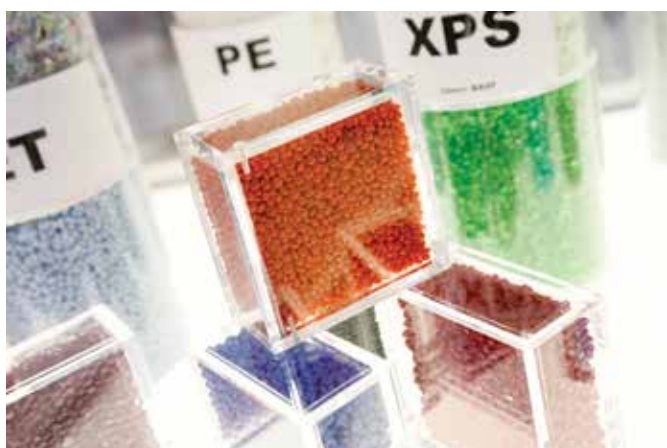


# Największe na świecie targi kauczuku i tworzyw sztucznych

Najbliższa edycja Międzynarodowych Targów Tworzyw Sztucznych i Kauczuku K 2019 odbędzie się w Düsseldorfie/Niemcy w dniach od 16 do 23 października 2019 r.

**T**argi K w Düsseldorfie to w sektorze przetwórstwa tworzyw sztucznych największa impreza targowa na świecie. To również punkt spotkań fachowców ze wszystkich zakątków ziemi, doskonale oddający trendy globalizacji. Na targach K znajdują Państwo najnowsze technologie, techniki produkcji, metody konstrukcyjne oraz spotykają potencjalnych klientów i dostawców. Targi K są najważniejszą na świecie giełdą kontaktów nie tylko dla całego przemysłu tworzyw sztucznych i kauczuku, ale także dla zainteresowanych użytkowników z innych branż.

Co trzy lata eksperci z przemysłu samochodowego, opakowań, elektrotechniki, elektroniki i komunikacji, budownictwa i techniki medycznej oraz z lotnictwa i astronautyki mają jedyną i niepowtarzalną okazję do zapoznania się z pełną ofertą i aktualnymi możliwościami zastosowań kauczuku i tworzyw sztucznych oraz trendami na przyszłość.



Podczas poprzedniej edycji, w 2016 r. w targach K wzięło udział 3293 firm z 61 krajów, prezentując najwyższej jakości maszyny, urządzenia, wyposażenie i rozwiązania wykonane i przygotowane przy wykorzystaniu najbardziej zaawansowanych technologii. Wszystko to dla 232 053 zwiedzających targi z całego świata, wśród których liczną grupę stanowią przedstawiciele każdej branży, w której zastosowanie mają tworzywa sztuczne.

Foto: Messe Düsseldorf  
[www.expovortal.com.pl](http://www.expovortal.com.pl)

# Pomiar ciśnienia wewnętrznego formy w celu zwiększenia wydajności formowania wtryskowego

**meusburger**

Firma Meusburger zgodnie z mottem „wszystko z jednej ręki” oferuje, poza normaliami do kontroli temperatury i pozycji końcowej, również czujniki do pomiaru ciśnienia wewnętrznego formy. Są one kompatybilne z wszystkimi dostępnymi na rynku piezoelektrycznymi czujnikami ciśnienia i urządzeniami peryferyjnymi. Oferta obejmuje dwa typy czujników do wykonywania pomiarów bezpośrednich i pośrednich, jak również odpowiednie akcesoria montażowe i kable przyłączeniowe – są one dostępne (jak zawsze) prosto z magazynu i można je zamówić w sklepie online Meusburger, gdzie pobrać można również odpowiednie dane CAD.

**C**ięnienie wewnętrzne formy wtryskowej to ważny parametr monitorowania procesu formowania wtryskowego tworzyw sztucznych. Nie można sobie już wyobrazić kompleksowego monitorowania formy bez czujników ciśnienia. Zastosowanie wysokiej jakości czujników piezoelektrycznych pomaga w osiągnięciu optymalnej jakości procesu i podnosi długofalowo jakość produktu.

## ZASADA DZIAŁANIA I OBSZARY ZASTOSOWANIA CZUJNIKÓW CIŚNIENIA WEWNĘTRZNEGO FORMY

Czujniki ciśnienia wewnętrznego formy wykorzystują zjawisko piezoelektryczne i umożliwiają przekształcenie ciśnienia wewnętrznego występującego w strefie kawitacji formy na ładunek, który można zmierzyć. Czujniki takie wyposażone są w kryształy kwarcowe o wysokiej precyzji (z kwarcu  $\text{SiO}_2$  lub  $\alpha$ ), które generują ładunek pod wpływem ciśnienia lub działającej siły. Ładunek taki, po wzmocnieniu przez wzmacniacz ładunkowy, pozwala na uzyskanie dokładnej informacji o wartości ciśnienia działającego na czujnik i umożliwia dokładną kontrolę ciśnienia wewnętrznego formy podczas procesu formowania wtryskowego. Wybór pozycji instalacji czujnika w formie zależy od rodzaju zastosowania. Przykładowo w celu ogólnego monitorowania i optymalizacji procesu czujnik należy zainstalować jak najbliżej wlewu lub przy ścianie o znacznej grubości. Innymi typowymi obszarami zastosowania jest kontrola wytrzymałości, kontrola lub regulowanie lepkości, kompresji i kurczenia się.

## BEZPOŚREDNIE I POŚREDNIE CZUJNIKI CIŚNIENIA WEWNĘTRZNEGO FORMY

Niezależnie od rodzaju zastosowania rozróżniamy bezpośrednie i pośrednie czujniki ciśnienia, wykorzystywane do bezpośredniego i pośredniego pomiaru ciśnienia.

### E 6740 – Czujnik ciśnienia wewnętrznego formy do pomiarów bezpośrednich firmy Meusburger

Podczas pomiaru bezpośredniego czujnik ciśnienia umieszczony jest bezpośrednio w strefie kawitacji, co umożliwia bezpośredni pomiar wewnętrznego ciśnienia formy w wybranym obszarze. W wyniku zadziaływania ciśnienia na czujnik, generuje on ładunek elektryczny w jednostce pC (pikokulomb), który dzięki określonej czułości czujnika (pC/bar) może być przekształcony w odpowiednią wartość zmiany ciśnienia (w barach).

### E 6750 – Czujnik ciśnienia wewnętrznego formy do pomiarów pośrednich firmy Meusburger

Pomiar pośredni ciśnienia wewnętrznego formy realizowany jest przez czujnik siły, który znajduje się poza strefą kawitacji



Czujnik ciśnienia wewnętrznego formy do pomiarów bezpośrednich firmy Meusburger E 6740.  
Źródło: Meusburger, publikacja bezpłatna

i uruchamiany jest pośrednio przez działającą siłę. Inaczej niż w przypadku czujników bezpośrednich, ciśnienie wewnętrzne formy działa jako siła na czujnik za pośrednictwem wypychacza. Pod wpływem działania siły czujnik generuje ładunek elektryczny, który można przeliczyć na wartość zmiany siły (N) dzięki określonej czułości czujnika (pC/N). Po uwzględnieniu powierzchni wypychacza, obliczyć można zaistniałą wartość zmiany ciśnienia.



Czujnik ciśnienia wewnętrznego formy do pomiarów pośrednich firmy Meusburger E 6750.  
Zdjęcie: Meusburger, publikacja bezpłatna

[www.meusburger.com](http://www.meusburger.com)



# ZWIĘKSZENIE KONTROLI PROCESU I POPRAWA WYDAJNOŚCI

**meusbürger**  
SETTING STANDARDS



16. - 23.10.2019  
Hala 1, Stoisko C30

INFORMACJA PRASOWA

## **DIC przejmie globalny dział pigmentów BASF**

**B**ASF i firma DIC z branży chemikaliów wysokowartościowych porozumiały się w sprawie przejęcia globalnego działu pigmentów BASF. Cenę zakupu przy założeniu zerowego poziomu zadłużenia i gotówki ustalono na 1,15 mld euro. Finalizację tej transakcji przewiduje się na czwarty kwartał 2020 r. Zbycie działu pigmentów wymaga jeszcze zatwierdzenia przez odpowiednie organy ochrony konkurencji.

– Osiągnęliśmy nasz cel znalezienia właściciela, który traktuje pigmenty jako strategiczną domenę swojej działalności - mówi dr Markus Kamieth, członek Zarządu BASF SE, odpowiedzialny za segment rozwiązań dla przemysłu. – DIC realizuje ambitne plany wzrostu i zapowiada dalszy rozwój działalności w najbliższych latach. Jesteśmy przekonani, że dział pigmentów będzie mógł nadal rozwijać swój potencjał w ramach DIC.

DIC jest japońską spółką notowaną na Giełdzie Papierów Wartościowych w Tokio i zatrudnia około 20 000 pracowników na całym świecie. Firma z siedzibą w Tokio, założona w 1908 r., działa w ponad 60 krajach, a w 2018 r. odnotowała wpływy ze sprzedaży w wysokości około 800 mld jenów (tj. ok. 6,8 mld euro). Pod hasłem „Color & Comfort” DIC jest aktywna w trzech segmentach: opakowania i grafika, produkty funkcjonalne oraz kolor i wyświetlacze. Segment koloru i wyświetlaczy obejmuje portfolio pigmentów.

– Nakreśliliśmy precyzyjną ścieżkę wzrostu dla DIC, w tym zwiększenie przychodów ze sprzedaży do 1 bln jenów (tj. ok. 8 mld euro) do 2025 r. W tym kontekście portfolio pigmentów

BASF jest ważnym strategicznym uzupełnieniem, które pomoże nam szybciej osiągnąć wyznaczone cele. Pozwoli nam rozszerzyć pozycję firmy jako jednego z czołowych globalnych dostawców pigmentów oraz zaoferować klientom jeszcze więcej wszechstronnych rozwiązań - tak zawartą umowę skomentował Kaoru Iino, prezes i dyrektor generalny DIC.

Dla dr. Alexandra Haunschilda, starszego wiceprezesa i dyrektora zarządzającego spółki BASF Colors & Effects odpowiedzialnej za pigmenty w ramach BASF, umowa jest szansą na kontynuację ścieżki rozwoju rozpoczętej w 2016 r. – Postrzegamy DIC jako właściciela gotowego inwestować, przychylnego innowacjom oraz zainteresowanego długofalowym sukcesem działu – mówi Haunschild.

– Jako wieloletni kontrahent BASF cenimy fachowość i zaangażowanie pracowników BASF zatrudnionych w dziale pigmentów. Łącząc nasze biznesy, DIC/Sun potwierdza ambicję osiągnięcia statusu jednego z najbardziej innowacyjnych dostawców pigmentów w skali globalnej - dodaje Myron Petruch, członek Zarządu DIC i dyrektor generalny należącej do grupy DIC spółki Sun Chemical działającej na rynku pigmentów.

Dział pigmentów firmy BASF, zatrudniający około 2600 pracowników na całym świecie, w 2018 r. wygenerował około 1 miliarda euro przychodów ze sprzedaży.

**Źródło: BASF**

# Lider na rynku

# COMAC

Firma TOP Technik oferuje maszyny i urządzenia do wytłaczania tworzyw sztucznych, recyklingu, kompandowania i produkcji masterbaczy, malowania i dekoracji tworzyw oraz chłodnictwa przemysłowego i termoregulacji.

Firma TOP Technik reprezentuje w Polsce renomowane firmy z Unii Europejskiej i USA, m.in.: **AMUT GROUP; AMUT COMI; COMAC; SORBINI; COREMA.**

Firma COMAC, z siedzibą w Cerro Maggiore k. Mediolanu, od 40 lat zajmuje się projektowaniem i produkcją dwuślimakowych wytłaczarek współbieżnych przeznaczonych do linii do kompandowania i produkcji masterbaczy. Należy do liderów w swojej branży.

Dostarczane maszyny charakteryzują się wysoką jakością, innowacyjnością i trwałością zgodnie z rosnącymi potrzebami i wymaganiami rynku.

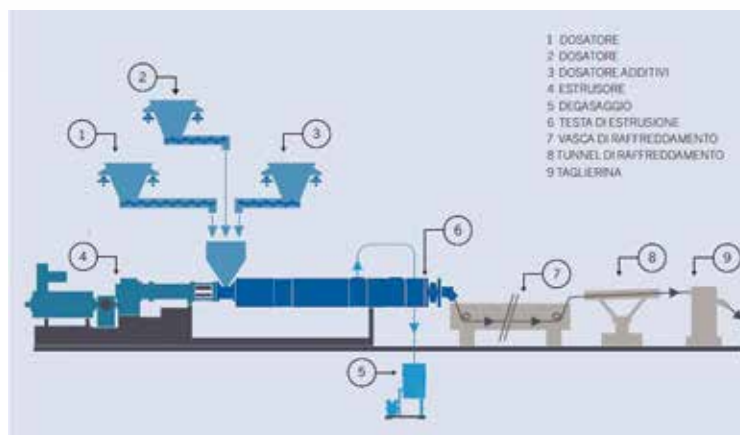
W swoim portfolio firma posiada:

- linie do kompandowania;
- linie do produkcji masterbaczy barwiących;
- wytłaczarki dwuślimakowe współbieżne;
- wytłaczarki laboratoryjne;
- wytłaczarki do zastosowań specjalnych.

W oparciu o swoje konkretne doświadczenia uzyskane dzięki znacznym inwestycjom w badania i rozwój oraz dzięki owocnej współpracy z klientami/partnerami o międzynarodowej renomie, COMAC osiągnął pozycję lidera nie tylko jako producent sprzętu do produkcji masterbaczy i kompaundów, lecz również jako dostawca wytłaczarek połączonych z kolejnymi sekcjami produkcyjnymi w formie zintegrowanych linii przeznaczonych do różnych zastosowań, włącznie ze szkłem sztucznym, jednoetapową produkcją ciągłą włókien surwoych, arkuszy termoformowanych, rur, profili z mieszanin; często w połączeniu z recyklingiem odpadów takich jak płatki z butelek, z wykorzystaniem sprawdzonych rozwiązań do wytłaczania PET bez użycia wstępnego suszenia (PET dryer less extrusion).

Wytłaczarki COMAC, o dużej objętości (o współczynniku przenikania 1,65), łączą doskonałą jakość produktu z wydajnością wyjściową.

Profil samoczyszczący minimalizuje przestoje maszyny.



Zmieniacze sit i głowice wytłaczające są zaprojektowane w ten sposób, aby umożliwić szybkie otwieranie i szybką zmianę koloru.

COMAC jest firmą specjalizującą się w projektowaniu i produkcji wytłaczarek dwuślimakowych dla przemysłu tworzyw sztucznych.

Partnerstwo z klientami sprzyja powstawaniu przełomowych rozwiązań, zaprojektowanych na potrzeby szybko rozwijającego się rynku.

Podejście COMAC skoncentrowane jest zarówno na jakości surowców, jak i na zdolności do projektowania i produkcji maszyn w niezwykle elastyczny sposób.

Dzięki aktualnej wiedzy technologicznej oraz współpracy z uznanymi centrami badawczymi firma jest w stanie ulepszać swoje wyroby również w zakresie systemów monitorowania jakości wdrożonych w wytwarzanych maszynach.

**Zapraszamy do spotkania się z nami podczas zbliżających się targów K 2019 na stoisku D42 w hali 16.**

**TOP Technik**  
ul. Toszecka 101, 44-100 Gliwice  
tel. 32 335 40 02  
biuro@topteknik.pl





**Metody otrzymywania oraz perspektywy zastosowań barwnych układów organiczno-nieorganicznych w tworzywach sztucznych**

# Środki barwiące w przemyśle tworzyw sztucznych

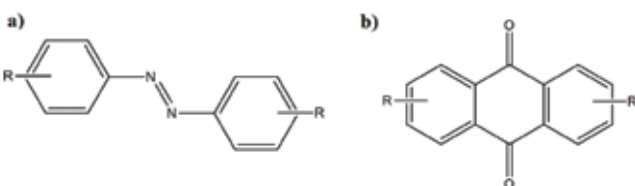
Bolesław Szadkowski, Anna Marzec, Marian Zaborski

Środki barwiące powszechnie są stosowane w wielu gałęziach gospodarki, przede wszystkim w przemyśle tworzyw sztucznych oraz do produkcji farb i lakierów. W ostatnich latach interesującym rozwiązaniem okazało się otrzymywanie organiczno-nieorganicznych kompozytów pigmentowych łączących w sobie zalety związków organicznych (intensywna barwa, szeroka gama kolorystyczna) oraz nieorganicznych, które charakteryzują się wysoką stabilnością termiczną oraz chemiczną. W pracy omówiono główne rodzaje barwnych kompozycji hybrydowych, jak również aspekty dotyczące ich syntezy oraz charakterystyki fizykochemicznej. Ponadto, przedstawiono szeroki potencjał aplikacyjny pigmentów hybrydowych, wynikający z ich struktury oraz wysokiej odporności na działanie czynników zewnętrznych.

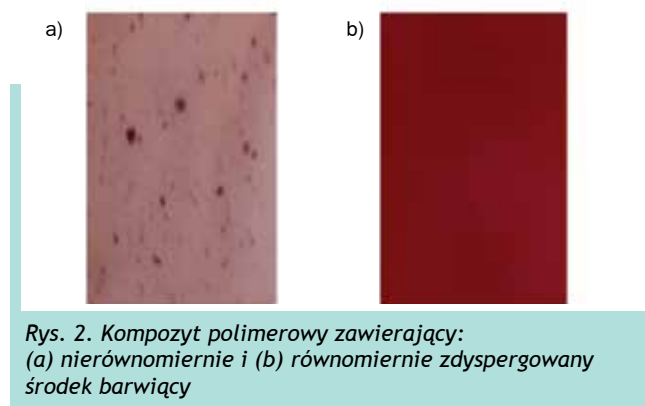
Wysokie wymagania rynku tworzyw sztucznych przyczyniły się do intensywniejszych prac, dotyczących syntezy i produkcji nowych dodatków, między innymi środków barwiących. Wyroby z tworzyw sztucznych, oprócz swojej podstawowej funkcji oraz atrakcyjnej ceny, powinny również charakteryzować się atrakcyjnymi walorami estetycznymi. Z tego powodu duży nacisk kładzie się na aspekt kolorystyczny finalnych produktów. Najpopularniejszymi środkami barwiącymi stosowanymi w przemyśle tworzyw sztucznych są barwniki organiczne oraz pigmenty, które odznaczają się bardzo szeroką gamą kolorystyczną, a w przypadku pigmentów także dużą siłą krycia [1–3]. Najlichnieszą grupę środków barwiących stanowią związki zawierające chromofory azowe i antrachinonowe (rys. 1) [4].

Zarówno pigmenty, jak i barwniki stosowane w przemyśle tworzyw sztucznych muszą spełniać szereg rygorystycznych wymagań [5, 6]. W wielu przypadkach wymagane jest, aby wykazywały wysoką stabilność termiczną (stabilność koloru), odporność chemiczną (odporność na rozpuszczalniki organiczne, niską reaktywność wobec innych składników kompozycji polimerowej), a także relatywnie dobrą odporność na działanie niekorzystnych czynników atmosferycznych, przede wszystkim promieniowania słonecznego. Zastosowane do barwienia, powinny charakteryzować się dobrą dyspersywalnością w tworzywie, w celu zapewnienia jednolitego zabarwienia materiału (rys. 2).

Ponadto, substancje barwiące nie powinny ulegać migracji i tworzyć tzw. „wykwitów” na powierzchni barwionych materiałów. Spełnienie tych wszystkich wymagań w wielu przypadkach jest trudne, dlatego też coraz większą uwagę w ostatnich latach poświęcono koncepcji organiczno-nieorganicznych kompozytów pigmentowych, które omówiono poniżej.



Rys. 1. Chromofor (a) azowy i (b) antrachinonowy. Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Kompozyt polimerowy zawierający: (a) nierównomiernie i (b) równomiernie zdyspergowany środek barwiący

## ORGANICZNO – NIEORGANICZNE KOMPOZYTY PIGMENTOWE

Już pod koniec dziewiętnastego wieku powstała koncepcja otrzymywania organiczno-nieorganicznych pigmentów, zwanych inaczej „lakami”. W wyniku osadzania organicznego chromoforu na nieorganicznym nośniku (np. wodorotlenkach glinowych) otrzymywano układy organiczno-nieorganiczne charakteryzujące się zwiększoną stabilnością termiczną i odpornością na działanie promieniowania UV oraz ograniczoną rozpuszczalnością. Barwniki organiczne można modyfikować za pomocą metali soli nieorganicznych, w wyniku czego dochodzi do wypierania pojedynczego jonu metalu. Proces ten powszechnie określany jest mianem lakowania. Laki pigmentowe otrzymuje się poprzez zastąpienie jonów  $\text{Na}^+$  jonami metali o większej wartościowości jak np.  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  bądź też ich mieszaninami. Jony  $\text{Na}^+$  zazwyczaj zwiększają rozpuszczalność w wodzie barwników anionowych, dlatego też, zastąpienie ich umożliwiłoby uzyskanie środków barwiących o wysokiej nierozpuszczalności przy zachowaniu bogatych walorów kolorystycznych [7–9].

W ostatnich latach coraz więcej uwagi poświęca się pigmentom hybrydowym, które łączą w sobie zalety części organicznej, jak i nieorganicznego nośnika (rys. 3).

Otrzymywanie pigmentów hybrydowych okazało się efektywnym sposobem na rozwiązanie problemów, związanych ze słabą dyspersją, niską stabilnością termiczną czy słabą odpornością ▶

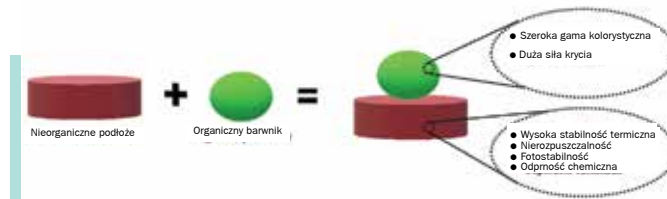
Tabela 1. Przykładowe metody otrzymywania pigmentów hybrydowych

Nieorganiczny nośnik	Środek sprzęgający	Barwnik organiczny	Metoda	Literatura
Krzemionka	N-2-(aminoetylo) -3aminopropyltrimetoksylan	C.I. Reactive Blue 19	adsorpcja	[20]
	N-2-(aminoetylo) -3aminopropyltrimetoksylan	C.I. Acid Red 18	adsorpcja	[21]
	N-2-(aminoetylo) -3aminopropyltrimetoksylan	C.I. Mordant Red 11 i 3	adsorpcja	[14, 22]
	-	C.I. Pigment Yellow 109	enkapsulacja	[23]
	-	C.I. Pigment Yellow 113	enkapsulacja	[13]
	-	Błękit ftalocyjanianowy i zieleń ftalocyjanowa	mielenie mechaniczne	[19]
	N-2-(aminoetylo) -3aminopropyltrimetoksylan	C.I. Direct Red 81	adsorpcja	[24]
Ditlenek tytanu	-	C.I. Pigment Yellow 13 i 83	modyfikacja bezpośrednia	[25]
	N-2-(aminoetylo) -3aminopropyltrimetoksylan, oraz 3-aminopropyltrietoksylian	C.I. Acid Orange 7 i C.I. Reactive Blue 19	adsorpcja	[26]
Montmorylonit	bromek oktylotrimetyloamoniowy oraz dodecylotrimetyloamoniowy surfaktanty „Gemini”	C.I. Natural Orange 4	interkalacja	[27]
	-	Oranż metylowy	adsorpcja	[28]
	-	Basic Green 5 i Basic Violet 10	adsorpcja	[29]
Sepiolit	-	C.I. Pigment Red 21	modyfikacja bezpośrednia	[17]
	-	Acid Red 57	adsorpcja	[30]
Kaolinit	-	Reactive Blue 221	adsorpcja	[31]
Bentonit	-	Acid Orange 10	adsorpcja	[32]
Tlenek glinu	-	Purpuryna, Alizaryna, Kurkumina	adsorpcja	[33]
Wermikulit	-	C.I. Basic Red 9	adsorpcja	[34]
Wodorotlenek glinowo-magnezowy	-	Acid Red 1, Congo Red, Reactive Red	adsorpcja	[35]
	-	Oranż metylowy, Oranż II, Oranż G	adsorpcja	[36]
	-	Oranż metylowy	adsorpcja	[37]
Wodorotlenek cynkowo -magnezowy	-	C.I. Mordant Yellow 10	interkalacja	[38]
	-	C.I. Mordant Yellow 3	interkalacja	[16]
	-	Evans Blue, Chicago sky Blue, Niagara Blue	adsorpcja/interkalacja	[39]
	-	Annato, Kwas karminowy	interkalacja	[40]

na działanie promieniowania. W literaturze znane są trzy podstawowe metody syntezy pigmentów hybrydowych:

- enkapsulacja pigmentu organicznego za pomocą materiałów nieorganicznych [10–13];
- adsorpcja barwników na nośnikach nieorganicznych [14–16];
- modyfikacja bezpośrednia materiału nieorganicznego podczas syntezy pigmentu [17–19].

Enkapsulację pigmentu organicznego materiałami nieorganicznymi przeprowadza się zazwyczaj za pomocą techniki zol-żel, reakcji hydrolizy, bądź też nakładania warstwowego (*layer-by-layer assembly technique*). Yuan i wsp. [10, 11] w swoich pracach zastosowali technikę enkapsulacji nanokrzemionki oraz ditlenku tytanu na powierzchni C. I. Pigment Yellow 109, w wyniku czego otrzymali pigment hybrydowy, wykazujący zwiększoną stabilność termiczną oraz lepszą odporność chemiczną. Adsorpcję barwników na podłożach nieorganicznych prowadzi się zazwyczaj przy użyciu odpowiednich odczynników sprzęgających (zazwyczaj silanów). Jesionowski i wsp. [14, 20–22] sporządzili serię pigmentów hybrydowych poprzez adsorpcję szeregu zasadowych oraz kwasowych barwników organicznych na powierzchni krzemionki uaktywnionej przy użyciu silanów, zawierających ugrupowania aminowe. Ostatnia metoda otrzymywania pigmentów hybrydowych jest znacznie prostsza w porównaniu do enkapsulacji czy adsorpcji, ponieważ może być przeprowadzona bezpośrednio w procesie otrzymywania



Rys. 3. Schemat organiczno-nieorganicznego kompozytu pigmentowego.

Źródło: opracowanie własne

pigmentu organicznego. Cao i wsp. [17] z powodzeniem otrzymali pigment hybrydowy na bazie sepiolitu jako nośnika nieorganicznego, dodając go bezpośrednio w trakcie syntezy pigmentu organicznego. Sporządzony organiczno-nieorganiczny pigment wykazywał znacznie wyższą termo- oraz fotostabilność. Obecnie w literaturze można znaleźć wiele prac poświęconych otrzymywaniu pigmentów hybrydowych wymienionymi technikami (tab. 1).

### BARWNE NAPEŁNIACZE TWORZYW SZTUCZNYCH

Szeroki wachlarz właściwości, wynikający z różnorodnej struktury sprawia, iż pigmenty hybrydowe mogą znaleźć zastosowanie w wielu gałęziach gospodarki. Jednym z głównych kierunków aplikacyjnych hybrydowych środków barwiących może być przemysł tworzyw sztucznych. Wynika to z faktu, iż dodatek orga-



niczno-nieorganicznego pigmentu, wprowadzonego do matrycy polimerowej, zapewnia wysokie walory estetyczne końcowego produktu polimerowego, spełniając przy tym dodatkowe funkcje, np. ograniczając palność produktu. W zależności od rodzaju chromoforu, a także ilości użytego pigmentu, łatwo manipulować barwą oraz intensywnością koloru w barwionym materiale. Ponadto, organiczno-nieorganiczne pigmenty wykazują znacznie wyższą odporność chemiczną, a także lepszą dyspergowalność w kompozytach polimerowych, w porównaniu do organicznych związków barwiących.

Równomierność rozprowadzenia cząstek napełniacza w matrycy polimerowej jest niezwykle istotna z punktu widzenia użytkowego. Aglomeracja cząstek barwnika w kompozycie prowadzi do pogorszenia właściwości mechanicznych polimeru (wytrzymałość na rozciąganie, wytrzymałość na rozdzielanie, twardość itp.), a także estetycznych (brak równomiernego zabarwienia materiału).

Możliwość osadzania chromoforów organicznych na różnorodnych nośnikach zwiększa spektrum zastosowań pigmentów hybrydowych. Dlatego też, oprócz nadawania określonej barwy, mogą one w istotny sposób wpływać na właściwości użytkowe kompozytów polimerowych. Przykładowo – zastosowanie jako nośnika minerałów warstwowych takich, jak np. montmorylonit, czy podwójne wodorotlenki glinowo-magnezowe (LDH) może skutkować poprawą właściwości barierowych, czy obniżeniem palności kompozytów polimerowych. Wynika to z faktu posiadania struktury warstwowej otrzymanego pigmentu, który będzie „zachowywać się” w kompozytach analogicznie do napełniaczy warstwowych. Napełniacze o strukturze warstwowej wykazują tendencję do formowania tzw. „labiryntów”, utrudniając tym samym migrację gazów w głąb matrycy polimerowej. Kang i wsp. [41] zaobserwowali, iż zastosowanie organiczno-nieorganicznych pigmentów otrzymanych w wyniku interkalacji soli barwników azowych Acid Yellow 36 oraz Acid Red 88 do wodorotlenków glinowo-magnezowych, w znaczącym stopniu sprzyja obniżeniu palności polipropylenu. W innej pracy Kutlu i wsp. [42] wykazali pozytywny wpływ pigmentów hybrydowych opartych na LDH na stabilność termiczną oraz odporność na działanie promieniowania UV kompozytów polipropylenowych. Ponadto Hajibeygi wraz z Omidi-Ghallemohamadim [43] zastosowali w swoich badaniach pigmenty hybrydowe na bazie barwników azowych oraz wodorotlenku glinowo-magnezowego jako napełniaczy nadających barwę i jednocześnie poprawiających właściwości termiczne poliamidu. W literaturze dostępnych jest również wiele innych przykładów aplikacji pigmentów hybrydowych jako nowych barwnych napełniaczy m.in. w polistyrenie [44] czy poli(alkoholu winylowym) [45, 46]. Wykazano, że mogą one wpływać, zarówno na barwę, jak i na stabilność termiczną, fotostabilność oraz właściwości mechaniczne kompozytów polimerowych.

#### PODSUMOWANIE

Widoczny wzrost wymagań estetycznych, jak i użytkowych środków barwiących w przemyśle farbiarskim oraz materiałów polimerowych, przyczynił się do znacznego postępu w preparatyce oraz charakterystyce nowych organiczno-nieorganicznych kompozytów pigmentowych. Liczne prace badawcze dowiodły, iż pigmenty hybrydowe, łączące w sobie zalety, zarówno części nieorganicznej, jak i organicznego chromoforu, w dużej mierze przewyższają konwencjonalne środki barwiące pod względem stabilności termicznej, świetlnej, oraz odporności chemicznej. Wykazano również, że organiczno-nieorganiczne pigmenty mogą pełnić rolę nowych barwnych napełniaczy tworzyw sztucznych, wpływających na ich właściwości użytkowe (barierowość, pal-

ność, właściwości mechaniczne, stabilność termiczną oraz świetlną) oraz na ich walory kolorystyczne. Dotychczas poświęcono jednak niewiele uwagi wpływowi, dyspersji oraz mechanizmowi działania pigmentów hybrydowych, pełniących rolę nowych napełniaczy kompozytów polimerowych.

#### LITERATURA

- [1] W. Herbst, K. Hunger: Industrial Organic Pigments, Wiley-VCH, Weinheim, 2004.
- [2] S. Guo, D. Li, W. Zhang, P. Min, D. Evans, X. Duan: Preparation of an anionic azo pigment-pillared layered double hydroxide and the thermo- and photostability of resulting intercalated material, *Journal of Solid State Chemistry*, 177, 2004, str. 4597-4604.
- [3] E. Clarke, R. Anliker: Organic dyes and pigments, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1980.
- [4] D. Waring, G. Hallas: The chemistry and application of dyes, Springer Science & Business Media, New York, 2013.
- [5] R. Christie: Plastics Additives, Springer, Dordrecht, 1998.
- [6] I. Christensen: Developments in colorants for plastics, Smithers Rapha Press, Shawbury, 2003.
- [7] K. Hunger, W. Herbst: Pigments organic, Wiley-VCH, Weinheim, 2012.
- [8] A. Mahmud-Ali, Ch. Fitz-Binder, T. Bechtold: Aluminium based dye lakes from plant extracts for textile coloration, *Dyes and Pigments*, 94, 2012, str. 533-540.
- [9] A. Dobrowolski: Chemia i technologia laków i pigmentów, PWT, Warszawa, 1953.
- [10] J. Yuan, W. Xing, G. Gu, L. Wu: The properties of organic pigment encapsulated with nano-silica via layer-by-layer assembly technique, *Dyes and Pigments*, 76, 2008, str. 463-469.
- [11] J. Yuan, S. Zhou, L. Wu, B. You: Organic pigment particles coated with titania via sol-gel process, *Journal of Physical Chemistry B*, 110, 2006, str. 388-394.
- [12] E. Fabian, A.S. Skapin, L. Skrlep, P. Zivec, M. Ceh, M. Garscek: Protection of organic pigments against photocatalysis by encapsulation, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 62, 2012, str. 65-74.
- [13] Z. Wen, Y. Feng, X. Li, Y. Bai, Q. Tang, Y. Gao: Fabrication of diarylide yellow pigments/modified SiO<sub>2</sub> core-shell hybrid composite particles for electrophoretic displays, *Current Applied Physics*, 12, 2012, str. 259-265.
- [14] T. Jesionowski, A. Przybylska, B. Kurc, F. Ciesielczyk: Hybrid pigments preparation via adsorption of C. I. Mordant Red 3 on both unmodified and aminosilane-functionalised silica supports, *Dyes and Pigments*, 89, 2011, str. 127-136.
- [15] P. Tang, Y. Feng, D. Li: Facile synthesis of multicolor organic-inorganic hybrid pigments based on layered double hydroxides, *Dyes and Pigments*, 104, 2014, str. 131-136.
- [16] P. Tang, F. Deng, Y. Feng, D. Li: Mordant yellow 3 anions intercalated layered double hydroxides: preparation, thermo- and photostability, *Industrial and Engineering Chemistry*, 51, 2012, str. 10542-10545.
- [17] L. Cao, X. Fei, T. Zhang, L. Yu, Y. Gu, B. Zhang: Modification of C. I. Pigment Red 21 with sepiolite and lithopone in its preparation process, *Industrial and Engineering Chemistry*, 53, 2014, str. 31-37.
- [18] X. Fei, T. Zhang, C. Zhou: Modification study involving a naphthol as red pigments, *Dyes and Pigments*, 44, 2000, str. 75-80.
- [19] S. Horiouchi, S. Horie, K. Ichimura: Core-shell structures of silica-organic pigment nanohybrids visualized by electron spec-

- troscopic imaging, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 1, 2009, str. 977-981.
- [20] T. Jesionowski: Synthesis of organic-inorganic hybrids via adsorption of dye on an aminosilane-functionalised silica surface, *Dyes and Pigments*, 55, 2002, str. 133-141.
- [21] T. Jesionowski: Influence of aminosilane surface modification and dye adsorption on zeta potential of spherical silica particles formed in emulsion system, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 222, 2003, str. 87-94.
- [22] T. Jesionowski, A. Przybylska, B. Kurc, F. Ciesielczyk: The preparation of pigment composites by adsorption of C.I. Mordant Red 11 and 9-aminoacridine on both unmodified and aminosilane-grafted silica supports, *Dyes and Pigments*, 88, 2011, str. 116-124.
- [23] J. Yuan, S. Zhou, B. You, L. Wu: Organic pigment particles coated with colloidal nano-silica particles via layer-by-layer assembly, *Chemistry of Materials*, 17, 2005, str. 3587-3594.
- [24] S. Binkowski, T. Jesionowski, A. Krysztalkiewicz: Preparation of pigments on modified precipitated silicas, *Dyes and Pigments*, 47, 2000, str. 247-257.
- [25] L. Cao, X. Fei, H. Zhao, Y. Gu: Inorganic-organic hybrid pigment fabricated in the preparation process of organic pigment: preparation and characterization, *Dyes and Pigments*, 119, 2015, str. 75-83.
- [26] A. Andrzejewska, A. Krysztalkiewicz, T. Jesionowski: Adsorption of organic dyes on the aminosilane modified TiO<sub>2</sub> surface, *Dyes and Pigments*, 62, 2004, str. 121-130.
- [27] Y. Kohno, M. Inagawa, S. Ikoma, M. Shibata, R. Matsushima, C. Fukuhara, Y. Tomita, Y. Maeda, K. Kobayashi: Stabilization of a hydrophobic natural dye by intercalation into organo-montmorillonite, *Applied Clay Science*, 54, 2011, str. 202-205.
- [28] Z. Luo, M. Gao, S. Ye: Modification of reduced-charge montmorillonites by a series of Gemini surfactants: characterization and application in methyl orange removal, *Applied Surface Science*, 324, 2015, str. 807-816.
- [29] C. Wang, L. Juang, T. Hsu, C. Lee, J. Lee, F. Huang: Adsorption of basic dyes onto montmorillonite, *Journal of Colloid and Interface Science*, 273, 2004, str. 80-86.
- [30] M. Alkan, Ö. Demirbaş, S. Çelikçapa, M. Doğan: Sorption of acid red 57 from aqueous solution onto sepiolite, *Journal of Hazardous Materials*, 116, 2004, str. 135-145.
- [31] M. Karaoğlu, M. Doğan, M. Alkan: Kinetic analysis of reactive blue 221 adsorption on kaolinite, *Desalination*, 256, 2010, str. 154-165.
- [32] N. Jović-Jovičić, A. Milutinović-Nikolić, P. Banković, Z. Mojić, M. Žunić, I. Gržetić, D. Jovanović: Organo-inorganic bentonite for simultaneous adsorption of Acid Orange 10 and lead ions, *Applied Clay Science*, 47, 2010, str. 452-456.
- [33] E. Pérez, I. Ibarra, A. Guzmán, E. Lima: Hybrid pigments resulting from several guest dyes onto -alumina host: A spectroscopic analysis, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 172, 2017, str. 174-181.
- [34] O. Duman, S. Tunç, T. Polat: Determination of adsorptive properties of expanded vermiculite for the removal of CI Basic Red 9 from aqueous solution: kinetic, isotherm and thermodynamic studies, *Applied Clay Science*, 109, 2015, str. 22-32.
- [35] R. Shan, L. Yan, Y. Yang, K. Yang, S. Yu, H. Yu, B. Zhu, B. Du: Highly efficient removal of three red dyes by adsorption onto Mg-Al-layered double hydroxide, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 21, 2015, str. 561-568.
- [36] G. Darmograi, B. Prelot, G. Layrac, D. Tichit, G. Martin-Gassin, F. Salles, J. Zając: Study of adsorption and intercalation of orange-type dyes into Mg-Al layered double hydroxide, *The Journal of Physical Chemistry C*, 119, 2015, str. 23388-23397.
- [37] H. Laguna, S. Loera, I. Ibarra, E. Lima, M. Vera, V. Lara: Azoic dyes hosted on hydrotalcite-like compounds: Non-toxic hybrid pigments, *Microporous and Mesoporous Materials*, 98, 2007, str. 234-241.
- [38] P. Tamg, X. Xu, Y. Lin, D. Li: Enhancement of the thermo- and photostability of an anionic dye by intercalation in a zanic-aluminum layered double hydroxide host, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 47, 2008, str. 2478-2483.
- [39] R. Marangoni, M. Bouhent, C. Taviot-Guého, F. Wypych, F. Leroux: Zn<sub>2</sub>Al layered double hydroxide intercalated and adsorbed with anionic blue dyes: A physico-chemical characterization, *Journal of Colloid and Interface Science*, 333, 2009, str. 120-127.
- [40] Y. Kohno, K. Totsuka, S. Ikoma, K. Yoda, M. Shibata, R. Matsushima, Y. Tomita, Y. Maeda, K. Kobayashi: Photostability enhancement of anionic natural dye by intercalation into hydrotalcite, *Journal of Colloid and Interface Science*, 337, 2009, str. 117-121.
- [41] N. Kang, D. Wang, B. Kutlu, P. Zhao, A. Leuteritz, U. Wagenknecht, G. Heinrich: A new approach to reducing the flammability of layered double hydroxide (LDH)-based polymer composites: preparation and characterization of dye structure-intercalated LDH and its effect on the flammability of polypropylene-grafted maleic anhydride/d-LDH composites, *ACS Applied Materials and Interfaces*, 5, 2013, str. 8991-8997.
- [42] B. Kutlu, A. Leuteritz, L. Häußler, U. Oertel, G. Heinrich: Stabilization of polypropylene using dye modified layered double hydroxides, *Polymer Degradation and Stability*, 102, 2014, 9-14.
- [43] M. Hajibeygi, M. Omid-Ghallemohamadi: One-step synthesized azo-dye modified Mg-Al-LDH reinforced biobased semi-aromatic polyamide containing naphthalene ring; study on thermal stability and optical properties, *Journal of Polymer Research*, 24, 2017, str. 61-71.
- [44] R. Marangoni, C. Taviot-Guého, A. Illaik, F. Wypych, F. Leroux: Organic inorganic dye filler for polymer: Blue-coloured layered double hydroxides into polystyrene, *Journal of Colloid and Interface Science*, 326, 2008, str. 366-373.
- [45] M. da Silva, R. Marangoni, A. Cursino, W. Schreiner, F. Wypych: Colorful and transparent poly(vinyl alcohol) composite films filled with layered zinc hydroxide salts, intercalated with anionic orange azo dyes (methyl orange and orange II), *Materials Chemistry and Physics*, 134, 2012, str. 392-398.
- [46] R. Marangoni, L. Ramos, F. Wypych: New multifunctional materials obtained by the intercalation of anionic dyes into layered zinc hydroxide nitrate followed by dispersion into poly(vinyl alcohol)(PVA), *Journal of Colloid and Interface Science*, 330, 2009, str. 303-309.

---

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Technologia i Jakość Wyrobów”, 63, 2018.

---

**mgr inż. Bolesław Szadkowski**

**dr inż. Anna Marzec**

**prof. dr hab. inż. Marian Zaborski**

Instytut Technologii Polimerów i Barwników

Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

ul. Stefanowskiego 12/16, 90-924 Łódź



# Urządzenia peryferyjne do przetwórstwa tworzyw



VGT Polska jest kompleksowym dostawcą urządzeń peryferyjnych, dodatków procesowych do przetwórstwa tworzyw sztucznych. Nasze produkty wyróżniają się wysoką innowacyjnością oraz najnowszymi rozwiązaniami technicznymi gwarantującymi redukcję kosztów produkcji.

## SUSZARKI NA PODCZERWIĘĆ IRD KREYENBORG

Nowa generacja suszarek wykorzystująca promieniowanie IR. Umożliwiają znaczne skrócenie czasu suszenia tworzyw higroskopijnych (np. przy PET z 5 godzin do 1 godziny). Dzięki czemu oszczędzamy również znaczną ilość energii elektrycznej.



## SUSZARKI MOLEKULARNE SOMOS

Somos® RDM suszarki mobilne o pojemności zbiorników suszących 30l, 50l, 100l, 200l, 300l, 400l, temperatury suszenia 40–200°C. Najoszczędniejsze na rynku suszarki mobilne z sitem molekularnym. Oszczędności dzięki opatentowanemu wyjątkowemu systemowi regeneracji sita molekularnego „Super SOMOS”.



Somos® RDC – osuszacze z karuzelowym sitem molekularnym i ilością powietrza (od 200m<sup>3</sup>/h do 4 200 m<sup>3</sup>/h) do instalacji z wieloma zbiornikami. Jedyny na rynku produkt z opatentowanym systemem sit karuzelowych. Oszczędność energii do 50% w porównaniu do urządzeń konkurencji.

## PODAJNIKI PNEUMATYCZNE SOMOS

- pojedyncze urządzenia podające do granulatów, przemiałów tworzyw i materiałów w postaci proszku, do załadunku zasobników wag, mieszalników, suszarek, dozowników oraz bezpośrednio do maszyn.
- systemy centralnego podawania surowca.



## DOZOWNIKI WOLUMETRYCZNE I GRAWIMETRYCZNE SOMOS

SOMOS Batchmix, dozowniki grawimetryczne dozujące porcjami:

- grawimetryczne dozowanie porcjami, do 12 składników;
- automatyczne mieszanie komponentów.

SOMOS Gramix – grawimetryczne ciągłe dozowanie do 9 składników.

SOMOS MiniMix – grawimetryczne lub wolumetryczne dozowanie do 3 składników.

SOMOS Volmix – wolumetryczne dozowanie ciągłe.



**REGULATORY GORĄCYCH KANAŁÓW GAMMAFLUX®**

Gammaflux LEC - regulacja 2-48 stref, z funkcją Mold Doctor®.  
Gammaflux G24 – regulacja do 480 stref, z funkcją Mold Doctor®.

Zalety techniki regulacji gorących kanałów Gammaflux:

- sterowanie (PID) – napięcie stale podane na zaciski grzałek;
- okres użytkowania elementów grzejnych wydłuża się stokrotnie;
- gwarancja na przyrządy regulujące Gammaflux wynosi 5 lat;
- w przypadku uszkodzenia czujnika temperatury, można produkować dalej w trybie nastawczym (dane %);
- funkcja Mold Doctor® diagnostyka termodynamiczna form.

**SUSZARKI NA SPRĘŻONE POWIETRZE RDX AUSTRIACKIEGO PRODUCENTA BLUE AIR SYSTEMS**

Dla niewielkich wydajności (do 60 kg/h) można stosować bezpośrednio na zasypie urządzenia przetwórczego. Energooszczędne urządzenia do suszenia nawet najbardziej wymagających tworzyw.

**SUSZARKI RDL NA SPRĘŻONE POWIETRZE**

do dużych wydajności suszenia oraz do PET z odzyskiem sprężonego powietrza rozdmuchowego. Pozwalają znacznie zaoszczędzić koszty energii, gdyż wykorzystują tracone powietrze sprężone do rozdmuchu jako czynnik osuszający.

**OSUSZACZE STREFY WTRYSKU I ROZDMUCHU MSP BLUE AIR SYSTEMS**

Pozwalają na maksymalną wydajność urządzenia przetwórczego bez efektu rosznienia formy. Generują powietrze z obniżonym punktem rosy (poniżej 10°C), zabezpieczając formy wtryskowe i rozdmuchowe przed efektem rosznienia.

**CHILLERY DO ROZDMUCHU OPAKOWAŃ CAC BLUE AIR SYSTEMS**

Przyspieszają proces produkcyjny opakowań metodą rozdmuchu nawet do 50%, wykorzystując sprężone, suche powietrze o bardzo niskiej temperaturze (do -35°C).

**TERMOSTATY/TERMOREGULATORY E.BRAUN DO FORM**

Regulatory temperatury form:

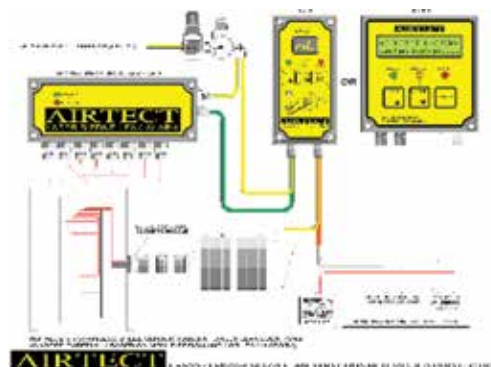
- wodne dla temperatur do 160°C;
- olejowe dla temperatur do 300°C;
- dynamiczne Variotherm do szybkiej zmiany temperatur w znacznym zakresie. Do zastosowania przy spienianiu fizycznym, wysokim połysku powierzchni, skracaniu czasu cyklu.

**URZĄDZENIA BAUER WATERTechnology DO BEZCHEMICZNEGO UZDATNIANIA WODY CHŁODZĄCEJ I GRZEWOCZEJ**

Systemy Bauer zapewniają uzdatnianie fizyczne wody w układach chłodzenia i ogrzewania, dzięki czemu eliminujemy wszystkie problemy typu kamień kotłowy, korozja, biofilm, szlam i nie stosujemy środków chemicznych. Problemy, które już się pojawiły, są również usuwane i wyłukiwane z rurociągów.

**ZABEZPIECZENIE FORM GORĄCOKANAŁOWYCH PRZED ZALANIEM – AIRTECT**

Urządzenia zabezpieczające formy gorącokanałowe oraz dysze wtryskarek przed zalaniem roztopionym tworzywem. Dzięki Airtect często unikamy bardzo drogiej naprawy systemów gorących kanałów i systemów grzewczych wtryskarek.



Zapraszamy klientów do współpracy. Zapewniamy indywidualne podejście do każdego tematu. Klient zadowolony ze współpracy z nami jest dla nas najważniejszy.

VGT Polska Sp. z o.o.

ul. Powstańców 66, 31-670 Kraków

tel. 12 281 34 87(88), fax 12 281 34 89

www.vgt.com.pl, info@vgt.com.pl



KREYENBORG <sup>☆☆</sup>



SUSZARKI IRD



S2 SOMOS®

PODAJNIKI PNEUMATYCZNE



VOLMIX



GRAMIX



MMB

DOZOWNIKI GRAWIMETRYCZNE I WOLUMERYCZNE

Blue Air SYSTEMS



OSUSZACZE STREFY WTRYSKU I ROZDMUCHU



CHILLERY DO ROZDMUCHU CAC

PLEXPERT



SYSTEM TERMOWIZYJNY

AIRTECT



ZABEZPIECZENIE FORM PRZED ZALANIEM

bauer water technology



URZĄDZENIA DO UZDATNIANIA WODY CHŁODZĄCEJ

S2 SOMOS®



SUSZARKI MOLEKULARNE RDM

Gammflux

REGULATORY TEMPERATURY WYKORZYSTUJĄCYCH KANAŁÓW



BRAUN



TERMOSTATY OLEJOWE I WODNE VARIO THERM

Blue Air SYSTEMS



SUSZARKI NA SPRĘŻONE POWIETRZE

VG Polska Sp. z o.o.  
Powstańców 66  
670 Kraków

E-mail: info@vgt.com.pl  
Adres WWW: www.vgt.com.pl

facebook: /VGTPolska  
twitter: /VGT\_1

+48 12 281-34-87  
ub +48 12 281-34-88  
s +48 12 281-34-89



MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

# Magazyny tworzyw sztucznych

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

**G**łównymi produktami oferowanymi przez Agremo dla branży tworzyw sztucznych są silosy z lejem zsywowym typu ZT. Oferowane w szerokim zakresie pojemności – od 5 do ponad 1300 m<sup>3</sup> – mogą być wykonane zarówno ze stali ocynkowanych, jak i kwasoodpornych. Dostępnych jest wiele elementów wyposażenia opcjonalnego, takich jak zasowy, systemy załadunku, filtry, czy obudowy leja zsywowego. Pozwala to na dowolne skonfigurowanie magazynu, w zależności od potrzeb inwestora.

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

W ofercie Agremo znajdziemy również różnego rodzaju systemy kontrolno – pomiarowe, związane z magazynowaniem i transportem surowców. W zależności od potrzeb możemy wyposażyć



silosy w pomiar temperatury, systemy ważenia czy sygnalizatory poziomu. Agremo realizuje zarówno proste układy sterowania, pracujące w trybie włącz/wyłącz, jak i zaawansowane systemy oparte o sterowniki PLC oraz komputery PC. Indywidualnie zaprojektowane szafy sterownicze wraz z oprogramowaniem gwarantują optymalne wykorzystanie urządzeń oraz sprawne i niemal bezobsługowe sterowanie procesami.

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



**Agremo Sp. z o.o.**  
ul. Parkowa 7, 49-318 Skarbimierz Osiedle  
tel. 77 40-29-460, 77 41-62-683  
agremo@agremo.pl  
www.agremo.pl, www.silosy.com





# agremo

B A Z E G



**Firma AGREMO oferuje:**

- silosy z lejem zsywowym o poj. od 5 do 1336 m<sup>3</sup>;
- systemy transportu pneumatycznego ● przenośniki pionowe i poziome
- zbiorniki ekspedycyjne ● automatyka i sterowanie
- systemy kontrolno-pomiarowe.

Agremo Sp. z o.o.

ul. Parkowa 7 ● 49-318 Skarbimierz-Osiedle ● tel. 77 40-29-460, 77 41-62-683

**[agremo@agremo.pl](mailto:agremo@agremo.pl) ● [www.agremo.pl](http://www.agremo.pl)**  
**[www.silosy.com](http://www.silosy.com)**



# Urządzenia firmy Huzap



Firma HUZAP powstała w oparciu o przeszło 20-letnie doświadczenia swoich założycieli w dziedzinie budowy wag, maszyn pakujących i instalacji przemysłowych na rynkach zachodnich.

Program dostaw obejmuje: całkowicie zautomatyzowane maszyny pakujące dla małych i dużych opakowań, zespoły transportowe, dozujące i ważące wraz ze sterowaniem i automatyką. Dodatkowo Huzap dostarcza również części, urządzenia i podzespoły prawie wszystkich zachodnich i krajowych producentów, dla takich komórek, jak biura konstrukcyjne, firmy budowy maszyn, służby utrzymania ruchu, czy inne służby techniczne.

## WYJĄTKOWOŚĆ FIRMY HUZAP

Firma oferuje nie tylko dogodną cenę, ale przede wszystkim służy fachowym, technicznym doradztwem. Wynika to z faktu, że nie jest uzależnionym przedstawicielem jakiegoś producenta, tylko jego partnerem w niezależnej współpracy. Odbiorcami produktów i usług są: przemysł chemiczny, gumowy, budowlany, tworzyw sztucznych, spożywczy i paszowy. Dobrze wykształceni i zaangażowani pracownicy doradzają przy planowaniu i realizacji projektów. Za swój cel w Polsce przyjęto partnerskie relacje z klientami, doradztwo techniczne i realne ceny rynkowe. W nadreńskim Hennef znajdują się działy planowania i sprzedaży, z kolei przygotowanie produkcji oraz sama produkcja umiejscowiona jest w Bytomiu. Podział ten zapewnia wysoki stopień elastyczności wobec różnorodnych wymagań klienta, z drugiej strony gwarantuje atrakcyjny poziom cenowy z zachowaniem wysokiej jakości produktu.

– Wyjątkowość firmy Huzap polega na tym, że staramy się dostarczać klientom instalacje takie, jakie oni sobie wyobrażają, a nie takie, jakie my sobie wyobrażamy. Nasze urządzenia powstają często jednorazowo i różnią się od pozostałych istotnymi szczegółami. Gwoli ścisłości, w naszej ofercie istnieją tzw. standardowe maszyny, które klient może zobaczyć choćby w naszych prospektach. Inaczej nie moglibyśmy w pełni przedstawić oferty klientowi, który jeszcze nie zna naszych urządzeń. Urządzeniami standardowymi nazywamy instalacje, które zbudowaliśmy wiele razy w podobnym wykonaniu dla wielu klientów z tej samej branży, posiadających ten sam lub zbliżony produkt. Jednak najczęściej spotykamy się z wyzwaniami stawianymi przez klienta, którym to jesteśmy w stanie podołać m.in. ze względu na wieloletnie zawodowe doświadczenie naszych pracowników – powiedział Martin Schkrobel, prezes firmy Huzap GmbH.

Cały proces rozpoczyna się od opracowania schematu, który określa wymogi instalacji. Później następuje faza inżynierska,

w trakcie której zostaje opracowany projekt urządzenia, a dopiero po przeprowadzeniu szczegółowej analizy i optymalizacji projektu rozpoczyna się produkcja. Ostatnim etapem jest montaż i uruchomienie u klienta. *Know-how* firmy wykorzystywany jest do opracowania specyficznych rozwiązań, których odbiorcami są klienci na całym świecie.

## INNOWACYJNOŚĆ TO KLUCZ DO SUKCESU FIRMY

Różnorakie rozwiązania, które powstają w odpowiedzi na życzenia klienta, są szczegółowo analizowane i często uwzględniane później w rozwiązaniach standardowych. Oprócz stałego rozwijania palety urządzeń pracownicy firmy skupiają się również na wewnętrznych procesach organizacyjnych i marketingowych, stale poprawiając jakość działania z uwzględnieniem dynamiki zmian rynkowych. Obecnie w 80% zaopatrywany jest rynek przemysłu samochodowego w Indiach. Oprócz tego firma zajmuje się opracowaniem projektów bardzo rozbudowanych instalacji dla kilku klientów na polskim rynku. Huzap cały czas się rozwija i wprowadza wiele nowych rozwiązań technologicznych. Dodatkowo skupia się na optymalizacji wewnętrznych procesów produkcyjnych i strukturalnych. W siedzibie firmy w Niemczech, ze względu na dużą liczbę zamówień, powiększono stan załogi, głównie w biurze konstrukcyjnym i na hali montażowej. Ma to dodatkowo na celu wykształcenie nowych sił kierowniczych, które w ciągu 2–3 lat zastąpią pracowników odchodzących na emeryturę. Dodatkowo w firmie przyjęto 18-letniego uchodźcę z Afganistanu, który będzie kolejne trzy lata uczył się zawodu mechanika przemysłowego. Firma ma swój wkład w pomoc uchodźcom z regionów objętych wojną.

## PORTFEL ZAMÓWIEŃ NA TEN ROK I NASTĘPNE LATA

– Nasze księgi zamówień o szerszym zakresie dostawy są wypełnione do kwietnia 2020 r., niemniej potrafimy jeszcze pomiędzy tymi instalacjami dostarczyć mniejsze urządzenia. Wnioskując po wpływających do nas obecnie zapytaniach, zauważamy spowolnienie rynku – podsumował Martin Schkrobel.

**HUZAP Sp. z o.o.**

**ul. Konstytucji 61, 41-905 Bytom**

**tel. 32 388 03 00, fax 32 282 97 52**

**huzap@huzap.pl, www.huzap.pl**





2019  
16-23 October  
Düsseldorf  
Germany  
Zapraszamy do odwiedzenia  
naszego stoiska  
Hala 9 / D36

# huzap

**HUZAP GMBH**

## „Być z Klientem w ciągłym dialogu”

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



### Program dostaw firmy Huzap GmbH obejmuje:

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

### Obsługa Klienta i części zamienne Zakład produkcyjny

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

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







WIRTUALNA PLATFORMA - PRAWDZIWIY BIZNES



**WORTAL**

TWORZYW SZTUCZNYCH  
I OPAKOWAŃ



**KATALOG**  
FIRM



**OFERTY**  
B2B



**TARGI**  
WYDARZENIA



**NAJNOWSZE**  
WIADOMOŚCI



**CENY**  
TWORZYW



**FORUM**  
DYSKUSYJNE

**WWW.PLASTECH.PL**



# GRANPOL

Sp. z o.o.

®

Od 1992 roku producent granulatów

**GRANWIN /PVC/****GRANTER /SBS/****GRANSEB /SEBS/**

dla obuwnictwa i zastosowań technicznych

## Dlaczego my?

Ponieważ:

- ✓ wciąż ulepszamy nasze wyroby
- ✓ nasze wyroby dostosowujemy do indywidualnych potrzeb klienta
- ✓ jesteśmy otwarci na konstruktywne sugestie
- ✓ działamy według norm ISO 9001:2015

Diaament  
miesięcznika  
**Forbes**  
2016

Wyróżnienie  
w rankingu miesięcznika Forbes  
DIAMENTY FORBESA 2016

**CWB**  
2015

ZAPRASZAMY DO WSPÓLPRACY



ul. Jana Pawła II 2A, Nowa Wieś k. Włocławka, 87-853 Kruszyn  
tel. 54 252 83 88, tel./fax 54 252 83 24, tel.kom. 609 640 808  
e-mail: [biuro@granpol.com.pl](mailto:biuro@granpol.com.pl), [www.granpol.com.pl](http://www.granpol.com.pl)

REKLAMA

## Tworzywa Sztuczne Przemysle

10 lat na rynku.

Informacje o nowościach,  
sprawdzonych produktach i technologiach  
oraz o liderach w branży tworzyw sztucznych.  
Wprowadzona cyfrowa wersja czasopisma  
zwiększyła zasięg do 18 tys. przedsiębiorców.



Zamów prenumeratę  
[www.tworzywasztuczne.biz](http://www.tworzywasztuczne.biz)

- Magazyn
- Dodatki tematyczne
- E-wydania



**Opracowanie metody wytwarzania ograniczonej ilości wysokiej jakości materiałów wsadowych w postaci granulatu o założonym składzie chemicznym**

# Metody wytwarzania materiałów wsadowych w postaci granulatu

Waldemar Uhl

Zasadniczym celem pracy było uzyskanie granulatu tworzyw wysokostopowych. W pracy sprawdzono wiele możliwości otrzymania granulatu przy wykorzystaniu stosownych metod. Wstępne próby z wykorzystaniem małych jednostek topiących, jak również różne sposoby uzyskiwania granulatu (wibracje, różnego rodzaju filtry itp.) pozwoliły ukierunkować dalszy przebieg działań. Skonstruowano i dobrano elementy stanowiska do otrzymywania granulatu metalowego o kształcie zbliżonym do globularnego. Wytypowano rodzaje filtrów, przez które należy przelewać stopiony metal dla uzyskania założonych efektów tzn. o określonych frakcjach (np. odpowiednia wysokość, z jakiej spada zalewany przez filtr metal, przekroje oczek w filtrach, rodzaj chłodziwa). Efektem końcowym było otrzymanie określonej ilości granulatu, o ujednoliconym kształcie.

Z dostępnych informacji wynika, że w kraju nie ma stanowiska produkcyjnego do wykonywania ograniczonych ilości granulatu wysokojakościowych stopów żelaza, niklu bądź kobaltu, a w związku z tym nie wytwarza się granulatu metalowego, mogącego być materiałem wsadowym do wykonywania odlewów na małą skalę o zadanim składzie chemicznym.

Odlewnie krajowe zainteresowane tego typu materiałem wsadowym sprowadzają go z zagranicy, głównie spoza UE. Granulat powinien charakteryzować się składem chemicznym, który powinien być ściśle określony i dostosowany do wymagań zamawiającego, nie powinien zawierać zanieczyszczeń, które należałoby usunąć oraz jego kształt ma dać gwarancję szybkiego procesu przetapiania.

Prowadzenie wytopów z zastosowaniem granulatu metalowego o atestowanym składzie chemicznym umożliwia skrócenie czasu topienia (postać wsadu), co przekłada się na znaczny wzrost wydajności i oszczędność energii w odlewni. Dzięki zastosowaniu granulatu jako wsadu metalowego możliwe jest w prosty sposób uzyskiwanie stopów o wysokiej czystości. Materiał posiada certyfikat z analizą składu chemicznego, a zatem nie trzeba już dodatkowo przeprowadzać analizy chemicznej kąpielii metalowej i sprawdzać, czy jej skład jest właściwy. Tradycyjne materiały wsadowe w wielu przypadkach zawierają wiele zanieczyszczeń, których pozbawiony jest granulat.

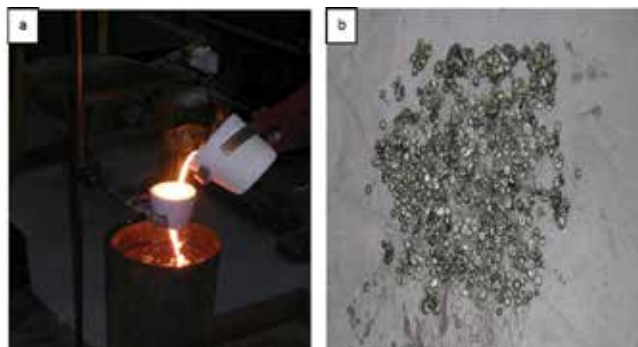
Stosowanie takiego materiału wsadowego umożliwi uzyskanie odlewów o wyższej jakości i o lepszych właściwościach użytkowych. W procesie topienia zauważa się mniejszy zgar, mniejszą ilość żużla, co nie pozostaje bez wpływu na trwałość eksploatacyjną jednostek topiących. Przekłada się to na mniejsze koszty związane z zakupem materiałów ogniotrwałych stosowanych na wymurówki pieców i kadzi odlewniczych. Stosowanie granulatu jako materiału wsadowego pozwala racjonalnie prowadzić gospodarkę materiałową w odlewni.

## WSTĘPNE PRACE Z WYKORZYSTANIEM MAŁEJ JEDNOSTKI TOPIĄCEJ

Prace związane z realizacją tematu rozpoczęto od wytypowania jednostek piecowych, w których miałyby być przetapiane tworzywa wytypowane do prób. Z uwagi na to, że wstępne działania miały dotyczyć niewielkich ilości stopu przeznaczonych do granulowania skorzystano z pieca indukcyjnego UltraMelt S10-SP o pojemności do 5 kg.

Przetapianymi stopami były gatunki staliwa GXCrNi18-10 i GX-CrNi25-1. Schemat przebiegu przetopów był następujący: złom danego staliwa przetapiany był w tyglu pieca i po osiągnięciu właściwej temperatury i odtlenieniu, zawartość wylewano do łyżki rozlewniczej. Kolejną czynnością było przelewanie stopionego metalu przez filtry umieszczone na stojakach do naczyń z wodą lub z wodą z dodatkiem 20% polimeru polihartenolu (próba otrzymania drobniejszego granulatu). Zestawienie przeprowadzonych prób przedstawiono w tabeli 1 oraz na rysunku 1.

W wyniku powyższych działań uzyskano granulat w postaci odrębnych granulek oraz granulatu w formie skleionej. Wibracja spowodowała poprawę uzysku. Zastosowanie dodatku polimeru do wody nie spowodowało rozdrobnienia granulatu.



Rys. 1. Proces przelewania ciekłego metalu z małej jednostki piecowej przez filtr (a) oraz uzyskany granulat (b)



Tabela 1. Schemat przebiegu procesu otrzymywania granulatu przy zastosowaniu małej jednostki piecowej

Nr wytopu	Rodzaj staliwa	Masa wsadu, g	Temp. zalewania, °C	Rodzaj filtra	Wysokość zalewania, mm	Ilość cieczy chłodzącej, l	Ilość kadzi	Rodzaj cieczy chłodzącej	Ilość otrzymanego granulatu, g	Ilość sklejonego granulatu, g	Czas wytopu, h	Uzysk <sup>*</sup> , %
1	GXCr-Ni18-10	750	1580	odlewniczy	115	5	1	woda + 20% poli-hartenolu	37	700	0,5	5
2	GXCr-Ni18-10	1500	1585	odlewniczy	110	10	1	woda	780	400	0,8	66
3	GXCr-Ni25-1	1013	1590	przeponka o $\phi$ 1,2 mm	110	10	1	woda wprawiona w stan wibracji	807	130	0,7	86

\* uzysk - udział masy niesklejonego granulatu do całej masy otrzymanego granulatu

### PRÓBY Z WYKORZYSTANIEM WIĘKSZEJ JEDNOSTKI TOPIĄCEJ

Po otrzymaniu zachęcających wyników ze wstępnych prób uzyskania granulatu na małej jednostce piecowej kontynuowano próby z wykorzystaniem dotychczasowych doświadczeń na większej jednostce topiącej. Przetapianie wsadu odbywało się w piecu indukcyjnym średniej częstotliwości typu Radyne w tyglu o pojemności 40 kg. Wsadem był żel staliowy odpowiadający gatunkowi staliwa GXCrNiMo18-10-2 oraz GXCrNi18-10. Przebieg

operacji otrzymywania granulatu był następujący: po roztopieniu i sprawdzeniu składu chemicznego, stop odleniano FeCaSi, po sprawdzeniu temperatury stopiony metal przelewano do kadzi, a następnie przez filtry umocowane w otulinach egzotermicznych umieszczonych na konstrukcji stalowej nad pojemnikiem z wodą (tab. 2, rys. 2).

Efektom przeprowadzonych działań było otrzymanie gruboziarnistego granulatu o niejedolitym kształcie przeznaczonych do dalszych prób. Podczas prób z wykorzystaniem większej jednostki piecowej czas przetopów wynosił około 1,5 godziny.

### PRÓBY UZYSKANIA GRANULATU O GLOBULARNYM KSZTAŁCIE

Dla osiągnięcia założonego celu dla staliwa wysokostopowego zmodyfikowano dotychczas stosowaną technologię umożliwiającą otrzymywanie granulatu przez:

- powiększenie odległości zamocowanego w otulinie filtra, przez który przelewany był stopiony stop od lustra wody z dotychczasowych 210 mm do 630 mm (rys. 3);



Rys. 2. Proces przelewania ciekłego metalu z większej jednostki piecowej przez filtr (a) oraz uzyskany granulat (b)

Tabela 2. Schemat przebiegu procesu otrzymywania granulatu przy wykorzystaniu większej jednostki piecowej

Nr wytopu	Rodzaj staliwa	Masa wsadu, kg	Temp. zalewania, °C	Rodzaj filtra	Wysokość zalewania, mm	Ilość cieczy chłodzącej, l	Liczba kadzi	Rodzaj cieczy chłodzącej	Ilość otrzymanego granulatu, g	Ilość sklejonego granulatu, g	Czas wytopu, h	Uzysk <sup>*</sup> , % <sup>x</sup>
4	GXCrNi-Mo18-10-2	26,8	1580	odlewniczy ceramiczny <sup>1</sup>	210	240	1 1	woda + spręż. powietrze	8,2	8,2 8,4	0,8 0,6	91 93
5	GXCr-Ni18-10	26,8	1580	odlewniczy ceramiczny <sup>1</sup>	210	240	1	woda + spręż. powietrze	24,5	1,5	1,3	94
6	GXCrNi-Mo18-10-2	26,8	1580	podwójny z wielokarbem <sup>2</sup>	630	240	1	woda + spręż. powietrze	23,8	1,8	1,5	93

<sup>1</sup> filtr ceramiczny FCF-2 - 109 ppi 3Q o wymiarach  $\phi$  5 × 20 mm; <sup>2</sup> podwójny filtr z wielokarbem Z-3 (przeponka  $\phi$  101 × 55 mm);

\* uzysk - udział masy niesklejonego granulatu do całej masy otrzymanego granulatu.



Rys. 3. Zmodyfikowana konstrukcja do granulacji stopów



Rys. 4. Ceramiczne przeponki

- zastosowanie jako filtra dwóch ceramicznych przeponek odlewniczych o wymiarach  $\varnothing 100 \times 6$  mm i otworach  $2 \times 2$  mm (rys. 4);
- wykorzystanie dodatkowego chłodzenia spadającego do wody ciekłego metalu, pomiędzy filtrem a lustrem wody wprowadzono kołnierz z otuliny ZTA-4 z tuleją wewnętrzną z masy izolującej pokrytej – w celu zwiększenia wytrzymałości – pokryciem cyrkonowym Arcopal, do którego doprowadzono



Rys. 5. Kołnierz z otuliny ZTA-4 z tuleją wewnętrzną z doprowadzeniem sprężonego powietrza



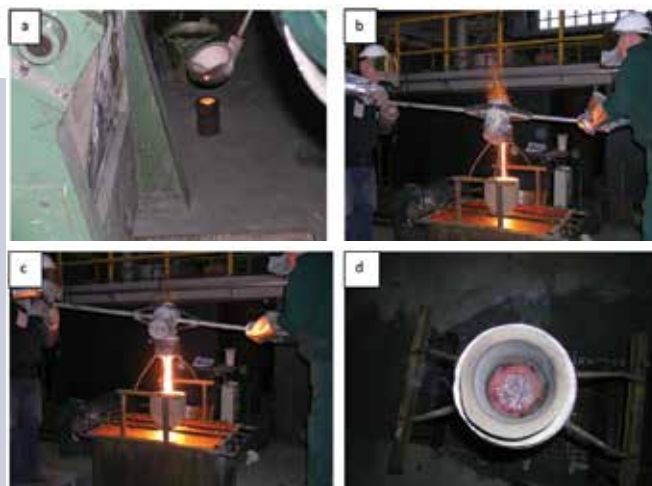
Rys. 7. Ceramiczny filtr odlewniczy zamocowany w tulei, przez który przelewany był stopiony metal

sprężone powietrze wypływające przez otwory o średnicy 6 mm (rys. 5).

Użyty do prób stopem było staliwo wysokostopowe GX-CrNiMo18-10-2 w postaci granulatu grubego z poprzednich wytopów. Jedynym zabiegiem, jaki był wykonywany w ciekłym metalu było, podobnie jak w poprzednich próbach, odtlenianie 0,1% FeCaSi-75%. Przetopy przeprowadzono również w pie-



Rys. 6. Uzyskany granulaty o kształcie zbliżonym do globularnego



Rys. 8. Etapy procesu otrzymywania granulatu z wykorzystaniem ceramicznego filtra odlewniczego, a-pobieranie próbki do badań składu chemicznego, b-proces przelewania stopionego stopu przez filtr, c-stan filtra po zakończeniu procesu

Tabela 3. Zestawienie schematów przebiegu procesu otrzymywania granulatu przy wykorzystaniu małej i większej jednostki piecowej

Nr wytopu	Rodzaj staliwa	Masa wsadu, g	Temp. zalewania, °C	Rodzaj filtra	Wysokość zalewania, mm	Ilość cieczy chłodzącej, l	Ilość kadzi	Rodzaj cieczy chłodzącej	Ilość otrzymanego granulatu, g	Ilość sklejonego granulatu, g	Czas wytopu, h	Uzysk <sup>*</sup> , %
1	GXCrNi18-10	750	1580	odlewniczy	115	5	1	woda + 20% polihartenolu	37	700	0,5	5
2	GXCrNi18-10	1500	1585	odlewniczy	110	10	1	woda	780	400	0,8	66
3	GXCrNi25-1	1013	1590	przeponka o $\varnothing 1,2$ mm	110	10	1	woda wprowadzona w stan wibracji	807	130	0,7	86
4	GXCrNi-Mo18-10-2	26,8	1580	odlewniczy ceramiczny <sup>1</sup>	210	240	1	1	woda + spręż. powietrze	8,2 8,4	0,8 1,5	91 93
5	GXCrNi18-10	26,8	1580	odlewniczy ceramiczny <sup>1</sup>	210	240	1	woda + spręż. powietrze	24,5	1,5	1,3	94
6	GXCrNi-Mo18-10-2	26,8	1580	podwójny z wielokarbem <sup>2</sup>	630	240	1	woda + spręż. powietrze	23,8	1,8	1,5	93

<sup>1</sup> filtr ceramiczny FCF-2 - 109 ppi 3Q o wymiarach  $\varnothing 5 \times 20$  mm; <sup>2</sup> podwójny filtr z wielokarbem Z-3 (przeponka  $\varnothing 101 \times 55$  mm),  
\* uzysk - udział masy niesklejonego granulatu do całej masy otrzymanego granulatu.



cu typu Radyne o pojemności tygla 40 kg. Roztopiony metal o temperaturze 1580°C, po pobraniu próbki do zbadania składu chemicznego, przelewano do kadzi o pojemności 10 kg o wyłożeniu obojętnym. Ciekły stop przelewano przez filtr – podwójne przeponki. Po przejściu przez filtr spadający metal schładzany był, jak już wspomiano, dodatkowo sprężonym powietrzem. Krople metalu wpadały do pojemnika z wodą. W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano granulaty o kształcie zbliżonym do globularnego (rys. 6).

Następnie przeprowadzono eksperyment z wykorzystaniem identycznego zestawu urządzeń, z tym, że zamiast przeponek, przez które przelewany był stopiony metal, zastosowano ceramiczny filtr odlewniczy (rys. 7).

Przetapianym stopem było również staliwo GXCrNiMo18-10-2.

Stopiony metal o temperaturze 1580°C, po pobraniu próbki do zbadania składu chemicznego, przelewano do kadzi o pojemności 10 kg o wyłożeniu obojętnym.

Ciekły stop przelewano przez filtr o średnicy 54 mm i otworach o średnicy 2,8 mm. Zamocowanie filtra i dodatkowe chłodzenie przefiltrowanego ciekłego metalu było identyczne jak w poprzedniej próbie. Krople metalu wpadały do pojemnika z wodą (cały proces uzyskiwania granulatu przedstawiono na rys. 8). Czas, w którym przeprowadzane były próby, to około 1 godziny.

W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano granulaty o kształcie zbliżonym do globularnego (rys. 9).

Zestawienie wszystkich przeprowadzonych prób przedstawiono w tabeli 3.

#### BADANIA GRANULATU

Przeprowadzono badania składu chemicznego granulatu z dwóch przetopów staliwa GXCrNiMo18-10-2 dla potwierdzenia



Rys. 9. Granulat staliwa GXCrNiMo18-10-2 uzyskany w wyniku zastosowania ceramicznego filtra odlewniczego

ich zgodności z polską normą PN-EN 10213+A1:2016-08 [1] przy zastosowaniu dwóch rodzajów filtrów: podwójnej przeponki i filtra odlewniczego – tabela 4.

Stwierdzono zgodność składu chemicznego uzyskanego granulatu z polską normą PN-EN 10213+A1:2016-08 [1].

Dla oceny jakości otrzymanego granulatu wykonano badania rentgenowskie. Badano granulaty uzyskane przez przelewanie przez dwa rodzaje filtrów z obydwu wymienionych sposobów otrzymywania, a efekty tych działań przedstawiono na rysunku 10 dla granulatu uzyskanego przez przelewanie stopu przez przeponki i na rysunku 11 dla granulatu przelewającego przez filtr odlewniczy.

Tabela 4. Skład chemiczny granulatu

Rodzaj zastosowanego filtra	Zawartość pierwiastka, % wag.									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	V
Podwójne przeponki	0,12	0,88	0,70	0,017	0,017	17,50	10,20	2,00	0,38	0,01
Filtr odlewniczy	0,13	1,05	0,66	0,021	0,022	17,15	9,70	2,04	0,35	0,01
Zgodnie z normą PN-EN 10213+A1:2016-08	max. 0,15	max. 1,50	max. 2,00	max. 0,035	max. 0,035	17,00 19,00	9,0 11,00	2,00 2,50	- -	- -

REKLAMA



## HD-DOZOWNIKI

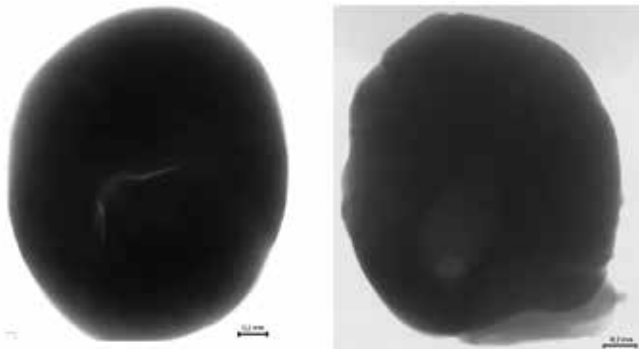


W ofercie między innymi:

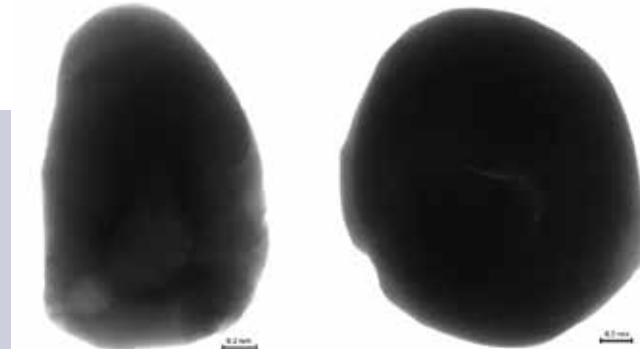
- Dozowniki granulatów;
- Dozowniki proszków;
- Transport podciśnieniowy;
- Separatory cząstek;
- Manipulatory przemysłowe;
- Grawimetryczne linie dozujące.

HD-DOZOWNIKI S. J. • ul. Pionierów 10 • 85-886 Bydgoszcz • tel. 52 333 19 79 • [biuro@hd-dozowniki.pl](mailto:biuro@hd-dozowniki.pl)





Rys. 10. Zdjęcia rentgenowskie granulek wykonanych z zastosowaniem przeponek



Rys. 11. Zdjęcia rentgenowskie granulek wykonanych z zastosowaniem ceramicznego filtra odlewniczego

Zaprezentowane przykładowe zdjęcia rentgenowskie są świadectwem dobrej jakości granulatu zawierającego tylko niewielkie ilości zanieczyszczeń (jasne plamki).

#### WNIOSKI KOŃCOWE

Z przeprowadzonych prób można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Możliwe jest uzyskanie granulatu staliwa wysokostopowego o kształcie zbliżonym do globularnego, przy stosunkowo niskich kosztach.
2. Wykorzystywanie do procesu topienia granulatu powoduje skrócenie czasu przetopu z około 1,5 godziny w przypadku topienia kwalifikowanego złomu do około 1 godziny przy zastosowaniu granulatu, czyli obniżenie kosztów energii o około 30%.
3. W wyniku przeprowadzonych prób uzyskano dobrą jakość granulatu (zgodność składu chemicznego i mała ilość zanieczyszczeń).

4. Zastosowanie jako materiału wsadowego granulatu zmniejsza ilości żużla powstałego podczas przetopu w porównaniu z przetopem złomu.

5. Stosowanie granulatu powoduje zmniejszenie uszkodzeń tygla pieca indukcyjnego, a więc obniża koszty jego naprawy.

#### LITERATURA

- [1] PN-EN 10213+A1:2016-08 Odlewy staliwne do pracy pod ciśnieniem.

Podziękowania: Niniejsza praca powstała w ramach projektu statutowego przeprowadzonego w Instytucie Odlewnictwa w Krakowie i została sfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (nr zlec. 7004/00).

Artykuł został opublikowany w Pracach Instytutu Odlewnictwa nr 2/2018, s. 133–142.

**mgr inż. Waldemar Uhl**

Instytut Odlewnictwa  
ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków

REKLAMA



tworzywa.org

Portal branży tworzyw

kontaktuj się z nami:

www.tworzywa.org

e-mail: redakcja@tworzywa.org

ul. Przemysłowa 8C

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

**VERTICA.PL**  
Technologie internetowe



Plastyfikatory  
Specjalistyczne



# Adoflex®

ZAWSZE TAM, GDZIE NAPRAWDĘ GO POTRZEBUJESZ



Grupa Azoty ZAK S.A.  
ul. Mostowa 30 A  
47-220 Kędzierzyn-Koźle  
tel.: +48 77 481 20 00  
e-mail: oxoplast@grupaazoty.com

**Adoflex®** to wysokiej jakości adypinian bis(2-etyloheksylu), który ze względu na bardzo dobre właściwości plastykujące (również w aplikacjach niskotemperaturowych) oraz bezpieczny profil toksykologiczny, rekomendowany jest w produkcji materiałów do kontaktu z żywnością, w szczególności w produkcji folii spożywczych z PCW.

Adoflex® znajduje również zastosowanie w produkcji węży ogrodowych, kabli oraz tkanin powlekanych. W zależności od aplikacji, może być stosowany jako plastyfikator główny lub funkcyjny wraz z Oxoviflex®. Poza przetwórstwem PCW, Adoflex® jest rekomendowany jako rozpuszczalnik w branży kosmetycznej, plastyfikacji nitrocelulozy, syntetycznego kauczuku oraz produkcji lakierów.

PLASTICIZERS  
SINCE 1954

OXO  
ALCOHOLS  
SINCE 1986

ZAK  
QUALITY

[Oxoplast.com/plastyfikatory/adoflex](http://Oxoplast.com/plastyfikatory/adoflex)

GRUPA  
AZOTY



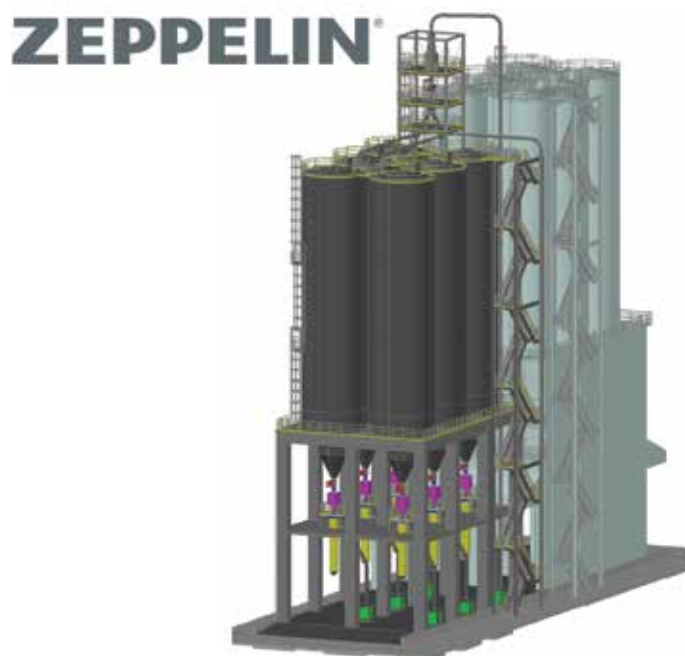


# Magazynowanie, suszenie, dozowanie i transport pneumatyczny



## SILOSY MAGAZYNUJĄCE I MIESZAJĄCE DO TWORZYWA

ZEPPELIN produkuje aluminiowe silosy zewnętrzne (jedno- lub wielokomorowe o pojemnościach od 26 m<sup>3</sup> do 310m<sup>3</sup>) oraz elastyczne silosy do montażu wewnątrz hali (zakres pojemności od 3 m<sup>3</sup> do 75 m<sup>3</sup>).



Dostępne są również zbiorniki dzienne (o pojemności od 60 litrów do 4800 litrów). Kontrolę ilości tworzywa zapewniają objętościowe oraz wagowe systemy pomiarowe. W przypadku magazynowania tworzyw higroskopijnych stosowany jest nadmuch suchego powietrza z osuszaczy do górnej części silosów. To rozwiązanie skutecznie izoluje granulaty od zawilgoconego powietrza atmosferycznego.

Przetwarzanie surowca dostarczanego w autocysternie z przeładunkiem do silosów zapewnia oszczędność czasu oraz redukuje koszty logistyki wewnątrz zakładu.

Uzupełnienie instalacji o stacje przeładunkowe daje pełną elastyczność, jeśli tworzywo dostarczane jest w bigbagach, octabinach lub workach.

## TRANSPORT PNEUMATYCZNY, DOZOWANIE I SUSZENIE GRANULATU

Systemy transportu nadciśnieniowego stosowane są głównie przy transporcie o wysokiej wydajności (powyżej 2–3 ton/h) najczęściej do załadunku silosów lub zbiorników. Natomiast centralne systemy transportu podciśnieniowego wykorzystywane są przeważnie do zasypu maszyn przetwórczych, tj. wtryskarek i wy-

tlaczarek. Gwarantują automatyczną pracę, oszczędność miejsca i zmniejszenie udziału pracy w procesie dystrybucji surowca.

Dozowanie granulatu można realizować wagowo lub objętościowo. Dozowanie objętościowe to prostsza metoda, którą stosuje się najczęściej do odmierzania ilości barwników na wtryskarkach. Ich zaletą jest prosta konstrukcja oraz niskie koszty zakupu. Po stronie wad należy zaliczyć konieczność przeprowadzania kalibracji. Dozowniki wagowe pozwalają na bardzo precyzyjne porcjowanie w oparciu o pomiar wagi. Standardowo wyposażone są w mieszadła zapewniające wysoki poziom homogenizacji przygotowanych mieszanek. Wartości wszystkich odmierzonych porcji mogą być archiwizowane i zgrywane na zewnętrzne nośniki danych. Dozowniki wagowe wymagają większej ilości miejsca na lub



przy maszynach przetwórczych, a ich zakup wiąże się z większymi nakładami finansowymi.

Suszarki KOCH TECHNIK dostępne są w 3 dopasowanych do aplikacji grupach. Podstawowe parametry suszenia zapewniają suszarki gorącego powietrza z serii WL. Kolejną grupą to suszarki FASTI wykorzystujące sprężone powietrze i membrany osuszające. Znajdują one zastosowanie przy suszeniu mniejszych ilości tworzywa lub do podtrzymywania suchości tworzywa bezpośrednio na maszynie przetwórczej. Ostatnią grupę stanowią suszarki adsorbcyjne. Suszarki te zapewniają najwyższą wydajność suszenia oraz najniższy punkt rosy. W zależności od wielkości i konkretnego wyposażenia składają się na nie urządzenia z serii KKT, CKT oraz EKO.

**ELBI-Wrocław Sp. z o.o.**  
**ul. Muchoborska 4a, 54-424 Wrocław**  
**tel. 71 333 00 33**  
**elbi@elbi.com.pl, www.elbi.com.pl**



# ZEPPELIN®



ELBI-Wrocław Sp. z o.o.  
ul. Muchoborska 4a  
54-424 Wrocław  
tel.: +48 71 333 00 33  
e-mail: elbi@elbi.com.pl  
www.elbi.com.pl

## **DOŚWIADCZENIE:**

ELBI Wrocław wspólnie w firmą ZEPPELIN oddaje do Państwa dyspozycji swoje bogate doświadczenie w dziedzinie magazynowania i przeładunku surowców.

Od ponad dwudziestu lat doradzamy i rozwiązujemy Państwa problemy z zakresu magazynowania tworzyw sztucznych.

## **ELASTYCZNOŚĆ:**

Oferujemy podstawowe zbiorniki magazynujące oraz wyspecjalizowane silosy z funkcjami ważenia i mieszania granulatów.

Budujemy również magazyny wewnętrzne oparte na metodzie składanych silosów elastycznych.

Kompleksowo zaprojektowane instalacje wyposażamy w wydajne systemy przesyłu.

## **KONTROLA I BEZPIECZENSTWO:**

Dla usprawnienia wewnętrznej logistyki oferujemy systemy zarządzania surowcem, które na bieżąco monitorują stany magazynowe różnych tworzyw oraz ich zużycie na poszczególnych stanowiskach produkcyjnych. Praca w środowisku sieciowym

pozwala na podgląd oraz zdalną kontrolę układu przez internet. Linie przesyłu tworzywa posiadają zabezpieczenie przed podłączeniem niezgodnym z wprowadzonym uprzednio planem produkcji.

## **OSZCZĘDNOŚĆ:**

Korzystając z silosów i instalacji przesyłowych można znacznie zredukować czas i koszty związane z obsługą i przeładunkiem tworzywa. Oszczędniejsze jest też wykorzystanie przestrzeni magazynowej, a ryzyko rozsypania i zabrudzenia tworzywa zredukowane do minimum.

## **PROFESJONALIZM:**

Dziesiątki niezawodnie pracujących instalacji na terenie Polski świadczą o solidności konstrukcji, profesjonalnym montażu i serwisie.



# Właściwości dźwiękochłonne i zastosowanie granulatów gumowych

Jan Sikora, Jadwiga Turkiewicz

W artykule przedstawiono wyniki rozszerzonego programu badań właściwości dźwiękochłonnych granulatów gumowych, które przeprowadzono w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki w latach 2008–2011. Materiałami ziarnistymi w swej naturalnej postaci oraz granulatai powstałymi z przetworzonych technologicznie substancji stałych autorzy zajmują się od kilku lat. Upatrują w nich możliwy do stosowania rdzeń dźwiękochłonny w ściankach zabezpieczeń ograniczających nadmierną aktywność akustyczną źródeł hałasu wewnętrznego i zewnętrznego. Opublikowane w 2007 r. artykuły z wynikami wstępnych badań materiałów ziarnistych zainteresowały producentów ekranów akustycznych.

C oraz częściej jako rdzeń dźwiękochłonny w przegrodach dwuściennych stosuje się otrzymany w wyniku recyklingu granulaty gumowy. Nowe badania dowodzą, że materiał ten może mieć charakterystykę pochłaniania dźwięku podobną do wełny mineralnej. Zwiększa to możliwości jego zastosowania i sprawia, że staje się on atrakcyjny dla producentów ekranów akustycznych.

W projektowaniu i doborze przegród dźwiękoizolacyjnych, dźwiękochłonno-izolacyjnych oraz materiałów dźwiękochłonnych w nich występujących od wielu lat uwzględnia się warstwy gumowe w postaci gumy pełnej i porowatej. Badania nad określeniem własności dźwiękochłonnych materiałów ziarnistych i nad możliwościami ich stosowania w przegrodach dźwiękochłonno-izolacyjnych wykazały przydatność m.in. granulatów gumowych. Granulaty gumowe mają dobre własności pochłaniania dźwięku i mogą być stosowane jako rdzenie dźwiękochłonne w przegrodach dwuściennych.

## ZASTOSOWANIE WARSTW GUMOWYCH

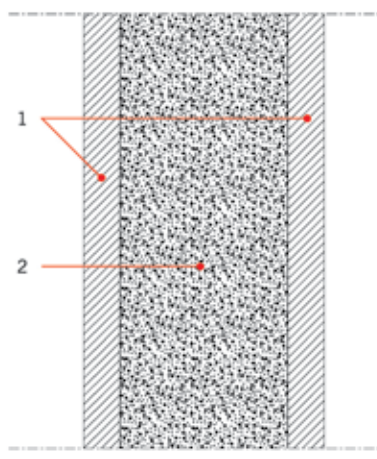
Warstwy gumowe stosuje się w przegrodach dźwiękochłonno-izolacyjnych z dwóch powodów [1]: ze względu na dobre własności dźwiękoizolacyjne oraz zdolność do tłumienia drgań materiałowych przegrody. Zastosowane w układach warstwowych z płytami metalowymi minimalizują zjawisko rezonansu akustycznego

i zapobiegają powstawaniu w przegrodzie sztywnej zjawiska koincydencji, które wpływa na obniżenie izolacyjności akustycznej. W przegrodach dźwiękochłonno-izolacyjnych będących elementami ściennymi zabezpieczeń wibroakustycznych warstwy gumowe wykorzystuje się jako warstwy dźwiękoizolacyjne, dźwiękochłonne i jako rdzenie dźwiękochłonne.

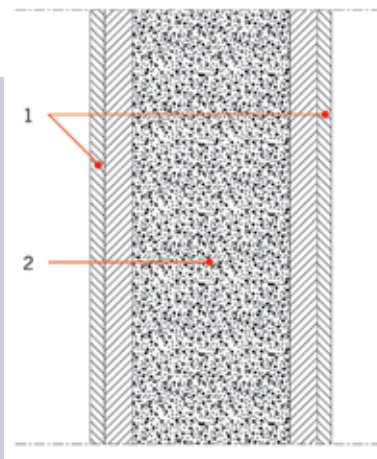
Z wymagań stawianych warstwom dźwiękoizolacyjnym wynika, iż najlepszym izolatorem dźwięku jest guma o następujących własnościach: lita, gładka, odznaczająca się dużą masą objętościową, dużym tłumieniem oraz małą porowatością.

Guma jako warstwa dźwiękoizolacyjna stosowana jest dość często w przegrodach będących ściankami klasycznych obudów dźwiękochłonno-izolacyjnych (całkowicie zamkniętych i częściowo zamkniętych), w panelach i ścianach ekranów akustycznych, a także w rozwiązaniach elementów ściennych zintegrowanych obudów. Używa się jej w celu zwiększenia izolacyjności przegród oraz minimalizacji drgań materiałowych, które występują szczególnie w obudowach całkowicie zamkniętych.

Guma o własnościach dźwiękochłonnych, podobnie jak za warta w przegrodach guma będąca warstwą dźwiękoizolacyjną, może występować jako warstwa pojedyncza (płyta z granulatu spojonego lepiszczem lub płyta z gumy porowatej) albo być jedną z warstw dźwiękochłonnych w układach warstwowych przegród pojedynczych i podwójnych.



Rys. 1. Schemat poprzeczny przekroju przegrody podwójnej (dwuściennej) o ściankach jednorodnych z rdzeniem dźwiękochłonnym: 1 - ścianki z przegród jednorodnych; 2 - rdzeń dźwiękochłonny z granulatu gumowego lub gumy porowatej. Archiwa autorów



Rys. 2. Schemat poprzeczny przekroju przegrody podwójnej (dwuściennej) o ściankach niejednorodnych: 1 - ścianki z przegród niejednorodnych warstwowych; 2 - rdzeń dźwiękochłonny z granulatu gumowego lub gumy porowatej. Archiwa autorów





Fot. 1. Granulat gumowy I - gęstość objętościowa: 460 kg/m<sup>3</sup>, frakcja ziarna: 1×2-4 mm, kształt ziarna: wiórki, nieregularne, typ „miął”. Archiwa autorów

Fot. 2. Granulat gumowy II - gęstość objętościowa: 458 kg/m<sup>3</sup>, frakcja ziarna: 2-4 mm, kształt ziarna: płatki nieregularne, typ „drobnoziarnisty”. Archiwa autorów

Fot. 3. Granulat gumowy III - gęstość objętościowa: 460 kg/m<sup>3</sup>, frakcja ziarna: od 2×2 mm do 5×10 mm, kształt ziarna: płatki, nieregularne, typ „gruboziarnisty”. Archiwa autorów

Fot. 4. Granulat gumowy IV - gęstość objętościowa: 510 kg/m<sup>3</sup>, frakcja ziarna: o 4×4 mm do 8×8 mm, kształt ziarna: płatki, nieregularne, typ „gruboziarnisty”. Archiwa autorów

Fot. 5. Granulat V - gęstość objętościowa: 340 kg/m<sup>3</sup>, frakcja ziarna: od 2×2 mm do 3×3 mm, zanieczyszczony kłaczkami z włókna bawełnianego, typ „drobnoziarnisty” tkaninowo-gumowy. Archiwa autorów

Stosowanie przegród wielokrotnych ze szczeliną powietrzną (najczęściej dwuciennych) poprawia izolacyjność akustyczną przegrody. Przestrzeń powietrza między przegrodami składowymi może jednak zmniejszać jej izolacyjność w pewnych wypadkach zależnych od częstotliwości rezonansowej przegrody. Wypełnienie przestrzeni powietrznej materiałem dźwiękochłonnym (rdzeniem dźwiękochłonnym) zwiększa izolacyjność przegrody i wyrównuje zaniżenie izolacyjności spowodowane wzmożonym przekazywaniem energii akustycznej w obszarze częstotliwości rezonansowych przestrzeni powietrznej.

#### RDZENIE DŹWIEKOCHOŁNNE Z GRANULATÓW GUMOWYCH

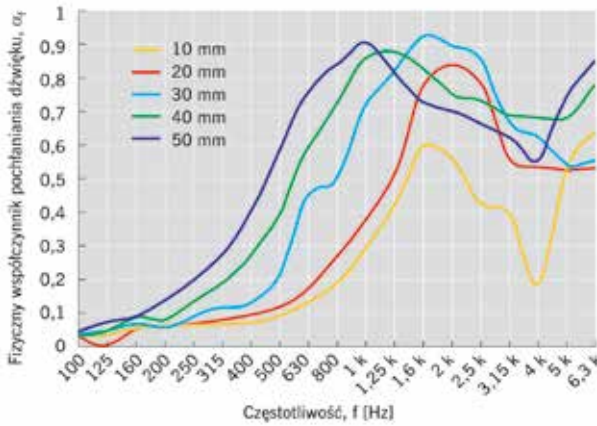
Praktyka projektowania rozwiązań przegród dwuciennych pokazuje, że rdzeniem dźwiękochłonnym mogą być nie tylko warstwy gumy porowatej, lecz także granulaty wytworzone z różnych tworzyw [2, 3]. Charakteryzują się one bardzo dobrymi własnościami pochłaniania dźwięku. Zaliczają się do nich granulaty gumowe, które pochłaniają dźwięk lepiej od płyt gumowych porowatych.

Granulaty gumowe powstają w wyniku rozdrobnienia odpadów gumowych: bieżników opon, ochraniaczy, membran, uszczeltek, wyływek itp. Mają postać ziaren o regularnych bądź nieregularnych kształtach i czarnej barwie. Materiały te o różnych frakcjach ziaren mają dobre własności dźwiękochłonne ze względu na strukturę warstwy, podobną do porowatej lub włóknistej, w której pochłanianie energii dźwiękowej odbywa się przez wnikiwanie jej w utworzone pory i kanaliki powietrzne.

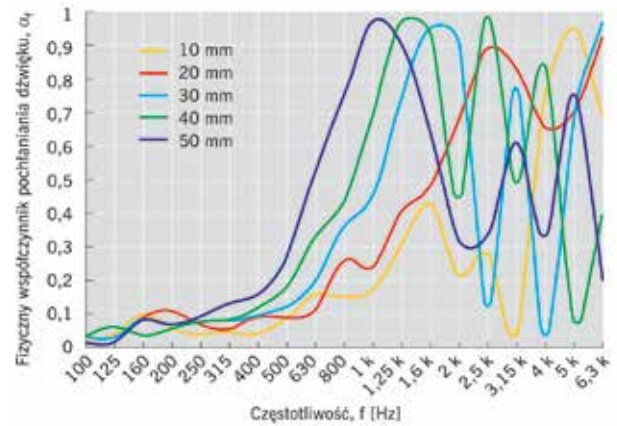
Zastosowanie materiałów gumowych o właściwościach dźwiękochłonnych jako wypełnienia przestrzeni powietrznej między

Tabela 1. Wartości współczynnika pochłaniania dźwięku  $\alpha_f$  granulatu gumowego I w pięciu grubościach warstwy

Granulat gumowy I 460 kg/m <sup>3</sup>	Grubość warstwy [mm]						
	10	20	30	40	50		
Fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha_f$	Częstotliwość f [Hz]	100	0,04	0,04	0,03	0,04	0,06
		125	0,04	0,04	0,03	0,04	0,06
		160	0,06	0,06	0,05	0,02	0,08
		200	0,05	0,06	0,05	0,06	0,08
		250	0,06	0,06	0,06	0,05	0,1
		315	0,05	0,06	0,06	0,1	0,12
		400	0,05	0,06	0,07	0,1	0,14
		500	0,06	0,07	0,08	0,14	0,2
		630	0,08	0,1	0,11	0,21	0,35
		800	0,11	0,09	0,2	0,37	0,58
		1000	0,17	0,2	0,32	0,73	0,88
		1250	0,2	0,25	0,41	0,9	0,97
		1600	0,24	0,35	0,84	0,9	0,83
		2000	0,29	0,63	0,99	0,71	0,47
		2500	0,28	0,92	0,96	0,41	0,44
3150	0,48	0,67	0,82	0,18	0,65		
4000	0,47	0,61	0,42	0,75	0,93		
5000	0,86	0,42	0,63	0,97	0,61		
6300	0,36	0,27	0,97	0,11	0,46		
$\alpha_f$ śr		0,21	0,26	0,37	0,36	0,42	



Rys. 3. Porównanie charakterystyk pochłaniania dźwięku pięciu grubości warstwy granulatu gumowego I. Archiwa autorów

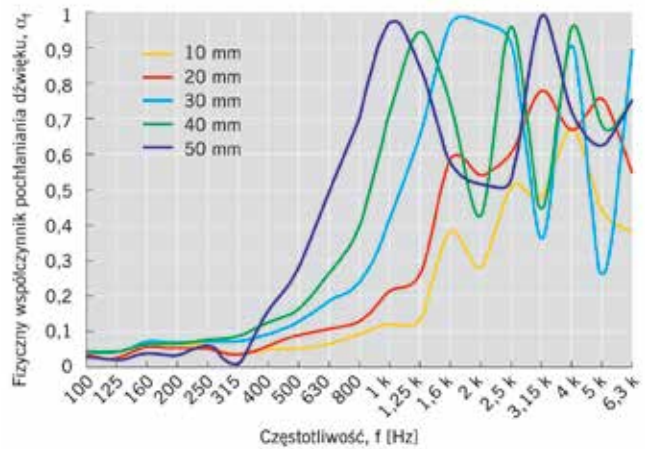


Rys. 4. Porównanie charakterystyk pochłaniania dźwięku pięciu grubości warstwy granulatu gumowego II. Archiwa autorów

przegrodami dwuciennymi pozwala zmniejszyć ich grubość bez straty właściwości izolacji akustycznej. Jest to nie bez znaczenia w konstruowaniu zintegrowanych obudów dźwiękochłonoizolacyjnych [3]. Zintegrowane obudowy stosowane do maszyn wymagających ciągłej i bezpośredniej obsługi powinny być zbudowane ze ścianek charakteryzujących się dwoma podstawowymi parametrami: akustycznym, zapewniającym bardzo dobrą izolacyjność akustyczną, oraz technicznym, ograniczającym jej grubość do niezbędnego minimum, aby nie spowodować zwiększenia gabarytów obudowanej maszyny lub urządzenia. Schematy przekrojów (rys. 1–2) ilustrują rdzenie dźwiękochłonne z warstwami gumowymi stosowane w przegrodach podwójnych (dwuciennych) o ścianach jednorodnych i niejednorodnych.

**WŁASNOŚCI DŹWIĘKOCHŁONNE GRANULATÓW GUMOWYCH**

Badania własności dźwiękochłonnych granulatu gumowych polegały na określeniu fizycznego współczynnika pochł...



Rys. 5. Porównanie charakterystyk pochłaniania dźwięku pięciu grubości warstwy granulatu gumowego III. Archiwa autorów

Tabela 2. Wartości współczynnika pochłaniania dźwięku αf granulatu gumowego II w pięciu grubościach warstwy

Granulat gumowy II 458 kg/m³	Częstotliwość f [Hz]	Grubość warstwy [mm]				
		10	20	30	40	50
	100	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01
	125	0,04	0,03	0,03	0,06	0,01
	160	0,1	0,08	0,08	0,04	0,08
	200	0,06	0,11	0,07	0,06	0,07
	250	0,04	0,06	0,08	0,08	0,09
	315	0,05	0,06	0,08	0,08	0,13
	400	0,04	0,09	0,1	0,12	0,16
	500	0,09	0,09	0,12	0,18	0,26
	630	0,16	0,11	0,2	0,33	0,52
	800	0,15	0,26	0,36	0,43	0,74
	1000	0,17	0,24	0,45	0,69	0,97
	1250	0,3	0,41	0,74	0,97	0,9
	1600	0,43	0,48	0,95	0,94	0,65
	2000	0,22	0,68	0,92	0,44	0,32
	2500	0,28	0,89	0,12	0,99	0,33
	3150	0,04	0,83	0,78	0,49	0,61
	4000	0,75	0,66	0,03	0,84	0,33
	5000	0,95	0,7	0,68	0,09	0,76
	6300	0,69	0,92	0,98	0,4	0,2
αf śr		0,24	0,35	0,36	0,38	0,38

Tabela 3. Wartości współczynnika pochłaniania dźwięku αf granulatu gumowego III w pięciu grubościach warstwy

Granulat gumowy III 460 kg/m³	Częstotliwość f [Hz]	Grubość warstwy [mm]				
		10	20	30	40	50
	100	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03
	125	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02
	160	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04
	200	0,06	0,05	0,07	0,07	0,03
	250	0,06	0,05	0,07	0,08	0,06
	315	0,03	0,03	0,07	0,09	0,1
	400	0,05	0,06	0,09	0,13	0,16
	500	0,05	0,09	0,13	0,16	0,28
	630	0,06	0,11	0,19	0,27	0,5
	800	0,09	0,13	0,24	0,4	0,71
	1000	0,12	0,22	0,41	0,71	0,97
	1250	0,14	0,26	0,66	0,94	0,85
	1600	0,38	0,59	0,97	0,75	0,57
	2000	0,28	0,54	0,97	0,43	0,52
	2500	0,51	0,61	0,91	0,96	0,53
	3150	0,48	0,78	0,36	0,45	0,99
	4000	0,67	0,67	0,91	0,96	0,71
	5000	0,44	0,75	0,26	0,68	0,63
	6300	0,38	0,54	0,9	0,76	0,76
αf śr		0,21	0,29	0,39	0,42	0,45



**Europrofil Sp. z o.o.** to czołowy producent wyrobów z tworzyw sztucznych w Polsce północno-wschodniej.

W naszej ofercie znajdziecie Państwo wyroby z PVC-U takie jak: granulaty, regranulaty, przemiały, listwy podparapetowe transportowo montażowe do wszystkich systemów profili okiennych w Polsce: Aluplast, Brüggmann, Decco, Gealan, Rehau, Rehau KBE, Schüco, Trocal, Veka.

Łączymy w swojej produkcji innowację z działaniami proekologicznymi. Odbieramy bowiem niewykorzystane ścinki przemysłowe czystego PVC, powstałe w wyniku produkcji okien i listew PVC i wykorzystujemy je w dalszej produkcji. Dbamy tym samym o środowisko naturalne, dając kolejne życie wyrobom z PVC.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom naszych klientów, posiadamy także nową linię produktów opartą na recepturach zawierających oryginalnie pozyskany w procesach chemicznych polichlorek winylu. Wszystkie nasze wyroby posiadają gwarantowaną jakość i wytrzymałość, o które dbamy na bieżąco w naszym przykładowym Laboratorium.

Swoją innowacyjność starannie wypracowujemy przy wsparciu specjalistów z zakresu tworzyw sztucznych, Kancelarii Prawnych i Patentowych tej specjalizacji.

Sukcesywnie też rozbudowujemy i unowocześniamy nasz park maszynowy.



MOST WIEDZY



**Odzyskałiśmy** **5.546** ton plastiku PVC

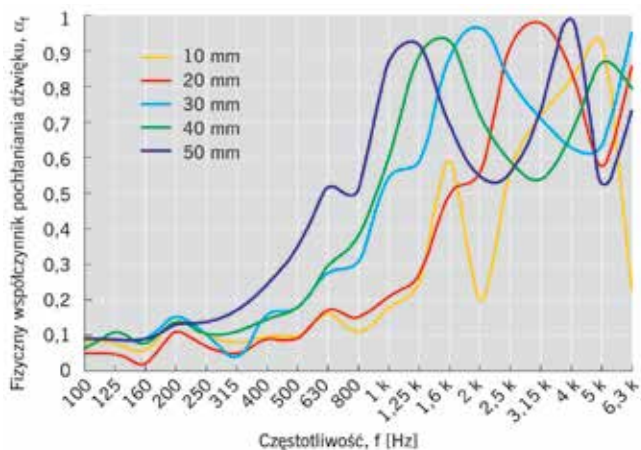
**Wytworzyliśmy** **2913.8** tys eko produktów

**Posadziliśmy** **384** drzew owocowych

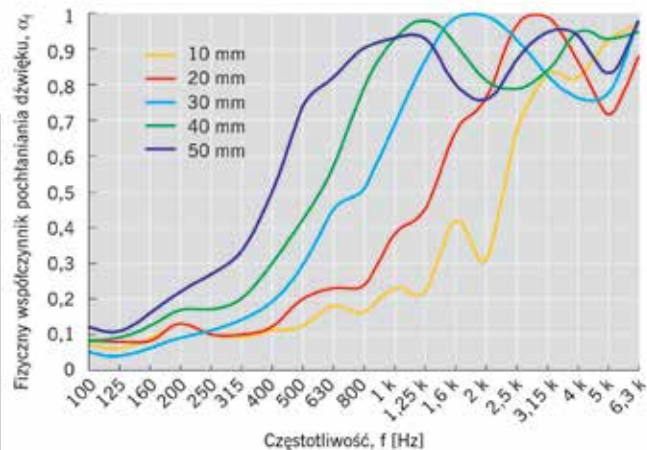
Dajemy drugie, trzecie i kolejne życie odpadom PVC, z których utylizacją jest naprawdę duży problem na świecie.

Robimy to w samym środku "Zielonych Płuc Polski", nie szkodząc środowisku.





Rys. 6. Porównanie charakterystyk pochłaniania dźwięku pięciu grubości warstwy granulatu gumowego IV. Archiwa autorów



Rys. 7. Porównanie charakterystyk pochłaniania dźwięku pięciu grubości warstw granulatu gumowego V. Archiwa autorów

Tabela 4. Wartości współczynnika pochłaniania dźwięku  $\alpha_f$  granulatu gumowego IV w pięciu grubościach warstwy

Granulat gumowy IV 510 kg/m <sup>3</sup>		Grubość warstwy [mm]					
		10	20	30	40	50	
Fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha_f$	Częstotliwość f [Hz]	100	0,08	0,05	0,09	0,06	0,09
		125	0,08	0,05	0,09	0,11	0,09
		160	0,06	0,02	0,09	0,09	0,09
		200	0,14	0,11	0,15	0,14	0,13
		250	0,1	0,07	0,12	0,12	0,14
		315	0,08	0,05	0,04	0,11	0,17
		400	0,1	0,09	0,17	0,15	0,24
		500	0,1	0,09	0,18	0,18	0,35
		630	0,17	0,17	0,28	0,3	0,52
		800	0,11	0,15	0,31	0,38	0,51
		1000	0,18	0,21	0,55	0,6	0,88
		1250	0,25	0,27	0,59	0,89	0,92
		1600	0,59	0,5	0,89	0,93	0,69
		2000	0,2	0,56	0,97	0,72	0,55
		2500	0,57	0,92	0,81	0,59	0,56
		3150	0,72	0,98	0,71	0,54	0,74
4000	0,82	0,84	0,63	0,67	0,99		
5000	0,92	0,58	0,64	0,87	0,53		
6300	0,86	0,87	0,97	0,8	0,74		
$\alpha_f$ śr		0,32	0,35	0,44	0,43	0,47	

Tabela 5. Wartości współczynnika pochłaniania dźwięku  $\alpha_f$  granulatu gumowego V w pięciu grubościach warstwy

Granulat gumowy V 340 kg/m <sup>3</sup>		Grubość warstwy [mm]					
		10	20	30	40	50	
Fizyczny współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha_f$	Częstotliwość f [Hz]	100	0,07	0,08	0,05	0,08	0,12
		125	0,06	0,08	0,04	0,09	0,11
		160	0,09	0,08	0,06	0,12	0,16
		200	0,13	0,13	0,09	0,17	0,23
		250	0,1	0,1	0,11	0,17	0,27
		315	0,09	0,1	0,14	0,2	0,33
		400	0,12	0,12	0,19	0,3	0,5
		500	0,12	0,2	0,29	0,42	0,74
		630	0,18	0,23	0,45	0,57	0,82
		800	0,16	0,24	0,51	0,79	0,9
		1000	0,23	0,34	0,69	0,93	0,93
		1250	0,22	0,45	0,87	0,98	0,93
		1600	0,42	0,67	0,99	0,93	0,8
		2000	0,31	0,76	0,99	0,81	0,76
		2500	0,67	0,97	0,93	0,8	0,87
		3150	0,83	0,99	0,83	0,84	0,95
4000	0,82	0,87	0,76	0,96	0,94		
5000	0,93	0,72	0,78	0,93	0,83		
6300	0,96	0,88	0,98	0,96	0,97		
$\alpha_f$ śr		0,34	0,42	0,51	0,58	0,64	

niania dźwięku  $\alpha_f$  (przy prostopadłym padaniu fali dźwiękowej na powierzchnię warstwy). Wykorzystano tę samą metodykę wykonywania pomiarów oraz sposób przygotowania próbek jak w badaniach własności dźwiękochłonnych materiałów ziarnistych [1, 4, 5]. Badaniem objęto pięć granulatu gumowych (I–V) różniących się gęstością objętościową, frakcją i kształtem ziarna.

Z wizualnego punktu widzenia zbadane granulaty można pogrupować na cztery typy: w postaci miazgi, postaci drobnoziarnistej, gruboziarnistej oraz drobnoziarnistej tkaninowo-gumowej. Eksperyment badawczy przeprowadzono na próbkach granulatu w pięciu wersjach grubości warstwy (10, 20, 30, 40 i 50 mm). Fot. 1–5 przedstawiają granulaty, którym określono charakterystyki pochłaniania dźwięku. Wyniki badań zostały zamieszczone w postaci wykresów w pasmach 1/3 oktawowych częstotliwości (rys. 3–7) i zestawień tabelarycznych (tabela 1–5).

### OCENA AKUSTYCZNA GRANULATÓW

Na podstawie analizy charakterystyk pochłaniania dźwięku granulatu I–V przedstawionych na rys. 3–7 oraz średnich wartości współczynnika pochłaniania dźwięku podanych w tabelach 1–5 można stwierdzić, że:

- we wszystkich zbadanych granulatach występuje wyraźny wpływ grubości warstwy na pochłanianie dźwięku. Niezależnie od ich gęstości objętościowej, frakcji ziarna oraz jego kształtu wzrost grubości warstwy powoduje wzrost średniej wartości współczynnika pochłaniania dźwięku;
- na charakterystykę pochłaniania dźwięku ma wpływ frakcja ziarna. Granulaty gumowe II (określone jako „drobnoziarniste”), III i IV (określone jako „gruboziarniste”) można zaliczyć do materiałów dźwiękochłonnych wąskopasmowych ze względu na pasmo częstotliwości (w granicach jednej oktawy), w którym występuje największe pochłanianie dźwięku. Wraz ►



# EURAC<sup>®</sup> - złączki rurowe

do łączenia odcinków rur i łuków w instalacjach transportu pneumatycznego

Znajdują szerokie zastosowanie w łączeniu rur uciętych "na równo" bez potrzeby spawania rur lub kołnierzy płaskich.

Zakres średnic od 38,1 do 219,1 mm

Typ L, M, HL, H

PRO-ORGANIKA Sp. z o.o.  
02-457 Warszawa  
ul. Łopuszańska 95  
[www.proorganika.com.pl](http://www.proorganika.com.pl)  
[www.eurac.pl](http://www.eurac.pl)



# Łuki o dużym promieniu

do transportu pneumatycznego produktów sypkich

Zakres średnic od 38,1 do 206,0 mm

Promień 500, 800, 1000, 1500 mm



ze wzrostem grubości warstwy częstotliwość rezonansowa, w której występuje największe pochłanianie dźwięku, przesuwają się od częstotliwości wysokich do częstotliwości średnich (1000 Hz, 1250 Hz);

- charakterystyki pochłaniania dźwięku granulatu gumowych I (określonych jako „miał”) i V (określonych jako „drobnoziarnisty” tkaninowo-gumowy) pozwalają na zaliczenie ich do materiałów dźwiękochłonnych szerokopasmowych (o szerokości ponad 4 oktawy). Oba granulaty mają charakterystyki pochłaniania zbliżone do charakterystyk wełny mineralnej, szczególnie granulatu gumowy V;
- gęstość objętościowa zbadanych granulatu gumowych nie ma zauważalnego wpływu na charakterystykę pochłaniania dźwięku. Najlepsze własności pochłaniania dźwięku mają granulaty I (o gęstości 460 kg/m<sup>3</sup>) i V (o gęstości 340 kg/m<sup>3</sup>).

### ZASTOSOWANIE GRANULATÓW GUMOWYCH

Poszerzone badania doświadczalne wybranej grupy granulatu gumowych uzyskanych z recyklingu potwierdzają ich własności dźwiękochłonne (zasygnalizowane po wstępnych badaniach sondażowych materiałów ziarnistych [5]), a tym samym ich przydatność do zastosowania w nowych rozwiązaniach przegród warstwowych będących elementami ściennymi zabezpieczeń wibroakustycznych. Granulaty gumowe mogą być więc stosowane jako rdzenie dźwiękochłonne w przegrodach dwuściennych.

Z badań wynika, że granulaty gumowe można zaliczyć do materiałów dźwiękochłonnych wąskopasmowych i szerokopasmowych. Oprócz zastosowania w elementach ściennych zabezpieczeń wibroakustycznych ograniczających nadmierną aktywność akustyczną maszyn i urządzeń mogą one być stosowane w panelach ekranów akustycznych. Granulaty o pochłanianiu wąskopasmowym mogą być bardzo przydatne jako dodatkowe warstwy

dźwiękochłonne w zwiększaniu izolacyjności akustycznej w zakresie częstotliwości średnich (1000 Hz) wpływających na wzrost wskaźników jednoliczbowych  $R_w$  i  $D_{LR}$ . Z kolei granulaty gumowe o pochłanianiu szerokopasmowym (szczególnie granulaty V – tkaninowo-gumowy) można stosować jako warstwę dźwiękochłonną w panelach ekranów akustycznych zamiast wełny mineralnej. Spośród badanych materiałów największe zastosowanie w elementach ściennych zabezpieczeń wydaje się mieć granulaty gumowy V – nieoczyszczony podczas recyklingu z włókien bawełnianych.

### LITERATURA

- [1] J. Sikora: Warstwy gumowe w rozwiązaniach zabezpieczeń wibroakustycznych, Wydawnictwa AGH, Kraków 2011.
- [2] J. Sikora, J. Turkiewicz: Przegrody dwuścienne z rdzeniami dźwiękochłonnymi z materiałów ziarnistych, „IZOLACJE”, nr 10/2007, s. 28–33.
- [3] J. Sikora: Materiały ziarniste w zabezpieczeniach przeciwwiatrowych, „Materiały Budowlane”, nr 8/2010, s. 5–7 i 36.
- [4] J. Sikora, J. Turkiewicz: Charakterystyki pochłaniania dźwięku materiałów ziarnistych, „IZOLACJE”, nr 9/2010, s. 26–30.
- [5] J. Sikora: Dźwiękochłonne właściwości materiałów ziarnistych, „IZOLACJE”, nr 9/2007, s. 26–29.

Artykuł opracowano w ramach realizacji projektu rozwojowego nr II.B.12 (2011–2013) „Nowe rozwiązania materiałowe przegród warstwowych w projektowaniu zabezpieczeń wibroakustycznych maszyn i urządzeń”, będącego jednym z zadań programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” koordynowanego przez CIOP-PIB w Warszawie.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Izolacje”, 2012, R. 17, nr 1, s. 54–58.

dr inż. Jan Sikora

dr inż. Jadwiga Turkiewicz

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

INFORMACJ PRASOWA

## Modyfikatory przetwarzania w przemyśle tworzyw sztucznych

Dominującym materiałem w życiu codziennym stały się tworzywa sztuczne. Ich wszechobecność wynika z wielu zalet plastiku. Jest on lekkim, łatwo formowalnym i niedrogim materiałem.

Jednak, aby uzyskać pożądane kształty i nadać temu materiałowi określone cechy, musi on zostać poddany procesom przetwórczym.

### RODZAJE MODYFIKATORÓW PRZETWARZANIA TWORZYW SZTUCZNYCH

Substancje chemiczne stosowane przez przemysł tworzyw sztucznych to m.in. modyfikatory przetwarzania. Pełnią one wiele różnych funkcji i właśnie dlatego zostały podzielone na kilka grup funkcyjnych, takich jak: dodatki upłynniające, inhibitory korozji, dodatki tiksotropujące, dyspergujące, smarujące oraz antyadhezyjne. Poznajmy zatem, jaki wpływ na materiał mają modyfikatory przetwarzania i jakie są ich właściwości.

- Dodatki upłynniające – są to substancje obniżające temperaturę płynięcia i mięknięcia polimerów. Charakteryzują się niską lepkością, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie płynnej formy tworzywa sztucznego w krótkim czasie. Przykładowym dodatkiem upłynniającym dostępnym na rynku jest Rodys L, produkowany przez producenta chemii, Grupę PCC.
- Inhibitory korozji – to dodatki do tworzyw sztucznych zapobiegające korodowaniu metali. Ich niewielka ilość znacząco wpływa na ochronę wszelkich urządzeń metalowych używanych w procesach przetwórczych. Występują zarówno w formie proszku, jak i cieczy. Dzięki środkom zapobiegającym i hamu-

jącym korozję np. Chemstat CI1020 możliwe jest efektywne wytwarzanie materiałów bez konieczności częstych wymian części urządzeń technologicznych.

- Dodatki tiksotropujące – to substancje używane do zwiększania lub zmniejszania lepkości pod wpływem odkształceń plastycznych. W przemyśle tworzyw sztucznych wykorzystywane są zwykle krzemionka, mielone szkło oraz talk. Dodatki te powodują zmianę formy tworzywa podczas wstrząsów lub naprężeń. Sprawiają, że w wyniku odkształceń, tworzywa w formie stałej stają się płynne lub tworzywa będące cieczami gęstnieją.
- Środki antyadhezyjne, smarujące i dyspergujące to dodatki, które odpowiadają za zmniejszenie tarcia zewnętrznego i wewnętrznego. Dzięki nim polimer ma większą plastyczność i nie przywiera do metalowych elementów maszyn. Takim środkiem jest np. Maxomer LUBE-E2SA-B.

Proces przetwarzania tworzyw sztucznych bez tych substancji chemicznych byłby nie tylko trudny z technologicznego punktu widzenia, ale i kosztowny. Należy wykorzystywać także inne środki, takie jak plastyfikatory do tworzyw sztucznych lub środki antystatyczne. Do tworzyw sztucznych mogą być także dodawane stabilizatory przetwarzania oraz modyfikatory właściwości. Korzyści płynące z wykorzystywania dodatków funkcyjnych sprawiają, że firmy z tego sektora gospodarki mają szansę zaoszczędzić energię, czas, a w konsekwencji również pieniądze.

Źródło: [www.plastech.pl](http://www.plastech.pl)



# Ecovinył<sup>®</sup> – producent granulatów PVC

Firma Poli-Eco Tworzywa Sztuczne Spółka z o.o. z siedzibą w Żarach od wielu lat rozwija technologię produkcji granulatów i mieszanek PVC pod marką Ecovinył<sup>®</sup>.

**N**a przestrzeni 30 lat działalności firma zbudowała zespół i zaplecze badawczo – rozwojowe, które pozwala dokładnie realizować potrzeby klientów. Poli-Eco Grupa (PEG) pod marką Korner dynamicznie rozwija również produkcję profili technicznych, znajdujących zastosowanie w konstrukcjach budowlanych, AGD oraz w motoryzacji. Wykonuje również podwykonawstwo produkcji wyrobów wytłaczanych i wtryskiwanych, zleconych przez swoich klientów.

Ecovinył<sup>®</sup> posiada w swojej ofercie szerokie spektrum materiałów twardych, plastyfikowanych oraz spienianych, przeznaczonych do przetwórstwa metodą wytłaczania i wtrysku, z możliwością barwienia na dowolny kolor, a także transparentnych, wykorzystywanych przede wszystkim w branży budowlanej. Do produkcji mieszanek i granulatów Ecovinył<sup>®</sup> stosuje surowce najwyższej jakości przy stabilizacji wapniowo-cynkowej. O wysoką i stabilną jakość dostaw dba nowoczesne laboratorium, kontro-



lujące krytyczne parametry materiałów. Do każdej dostawy dołączony jest certyfikat analizy.

Grupa Poli-Eco, jako producent profili technicznych z 30-letnim doświadczeniem, ma świadomość, że stabilna i pewna produkcja to wyraźna oszczędność i zysk. Dlatego klienci Ecovinył<sup>®</sup> mogą liczyć na powtarzalność dostaw, gwarantującą stabilny kolor oraz właściwości reologiczne materiału. Dzięki wieloletniemu doświadczeniu i wykwalifikowanej kadrze pracowników, Ecovinył<sup>®</sup> sprostą wymaganiom i potrzebom klientów.

Zapraszamy do kontaktu i zapoznania się z naszą szeroką ofertą.

REKLAMA

**ecovinył**  
granulaty  
i mieszanki  
PVC

Poli-Eco Tworzywa Sztuczne Sp. z o.o.  
ul. Zwycięzców 7  
68-200 Żary  
NIP: 924-17-30-354

#### Osoby kontaktowe:

Edyta Polus  
tel: 668 101 372  
mail: e.polus@poli-eco.pl

[www.ecovinyl.eu](http://www.ecovinyl.eu)

## PRODUKTY:

- Plastyfikowane/miękkie PVC
- Nieplastyfikowane/twarde PVC
- Do wtrysku
- Do wytłaczania
- Transparentny twardy
- Transparentny miękki
- Mieszanki PVC
- Masa wysokostabilna do wygaszania i czyszczenia ekstruderów – Eco-Cleaner





tworzywa.pl



MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

ENTERIO s.c.  
35-328 RZESZÓW  
ul. Miodowa 24  
[WWW.TWORZYWA.PL](http://WWW.TWORZYWA.PL)  
T +48 17 861 1890  
F +48 17 861 1890  
E [info@tworzywa.pl](mailto:info@tworzywa.pl)

ADVERTISING  
CONSULTING  
e-BUSINESS  
e-LEARNING  
MEDIA



## Dozowniki HETHON

# Precyzyjne podawanie proszków, granulatów, barwników, ziaren

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

Zewnętrzne masowanie daje całkowite wypełnienie zwojów ślimaka produktem o jednorodnej gęstości. W kombinacji z bardzo dokładną liczbą obrotów ślimaka, dozowniki HETHON są kluczem do dokładnego dozowania. Dozowniki HETHON mogą być wyposażone – w zależności od zastosowania – w różnego rodzaju zbiorniki zasypowe – do wysokich temperatur, antystatyczne, dla przemysłu spożywczego, z modyfikowanego poliuretanu (model bazowy) oraz odporne na kwasy. Klienci stosujący dozowniki firmy HETHON mogą wybierać różne rodzaje ślimaków (ze względu na ich kształt – okrągłe, kwadratowe, płaskie), jak również różne dysze – normalne, dysze typu T (w tym również z zaworem pneumatycznym do dokładnego dozowania). Oprócz tego dostarczamy urządzenia do bezpyłowego opróżniania worków. Do tego urządzenia oferujemy także kompaktor do worków.

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

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

- tworzyw sztucznych (podawanie pigmentów do mikserów, podawanie granulatów do wylączarek, dozowanie kredy jako wypełniacza, dozowanie proszków (zamiast ścinek) do głównej linii produkcyjnej);
- spożywczy (podawanie dodatków smakowych, zapachowych; napełnianie stoików, torebek, worków; posypywanie produktów ziołami; wypełnianie worków, torebek mlekiem w proszku);
- chemiczny (dozowanie chemikaliów do procesów);
- kosmetyczny (dozowanie dodatków do procesu);
- lakierniczy (dozowanie pigmentów);
- szklarski (podawanie glinki, emalii, barwników);
- farmaceutyczny (dozowanie produktów wg receptury; wypełnianie produktów sterylnych);

- gumowy (dozowanie wg receptury);
- inne (dozowanie tonerów do kopiarek, dozowanie żwiru).  
Zalety dozowników oferowanych przez firmę BRINPOL:
- dozowanie materiałów zbrylających i zawieszających się;
- system szybkiego demontażu do czyszczenia zbiornika;
- bardzo niskie koszty eksploatacji;
- łatwa wymiana ślimaka i dyszy;
- szczelne łożyska;
- znak CE.

## Dozowniki HETHON

Przedsiębiorstwo Handlowo-Uslugowe

BRINPOL Jarosław Brinken

brinpol@brinpol.com.pl; www.brinpol.com.pl



REKLAMA

BRINPOL

Specjalista w dostawach  
dozowników i systemów dozujących



- DOZOWNIKI
- Podajniki giętkie i sztywne
- Stacje rozładunku Big-Bag-ów
- Urządzenie do bezpyłowego opróżniania worków
- Transport próżniowy

05-502 Bogatki  
ul. Królewska 35  
Polska  
tel./fax 22-757 36 51  
tel. kom. 501 041 986

Specyfikacja techniczna wybranych modeli dozowników

Model		30	40	60	80
Wydajność	l/h	0,015-45	0,7-150	25-1500	150-20000
Pojemność	l/h	1	10	30	90
Wymiary	cm	22x23x24	40x40x32	60x60x42	80x80x65

# Maszyny do odlewania rotacyjnego

Karolina Głogowska

Do produkcji wielkowymiarowych wytworów takich jak zbiorniki na wodę lub olej, pojemniki na odpady, przydomowe oczyszczalnie ścieków, kajaki, separatory, bariery drogowe i inne wykorzystuje się technologię odlewania rotacyjnego. To metoda produkcyjna, która umożliwia wyprodukowanie według podanej formy odlewniczej zarówno bardzo prostych, jak i wielce złożonych wyrobów z termoplastycznych tworzyw polimerowych. Odlewanie rotacyjne jest procesem przetwórczym, w którym wykorzystuje się siłę odśrodkową działającą na odlewane tworzywo, znajdujące się w gnieździe formującym formy odlewniczej. Podczas tego procesu załadowana tworzywem forma obraca się w różnych płaszczyznach, w efekcie czego ciekłe lub uplastycznione tworzywo jest równomiernie rozprowadzone po wszystkich ściankach gniazda formującego. W zaprezentowanym artykule scharakteryzowano proces, maszyny i urządzenia do formowania rotacyjnego tworzyw polimerowych. Omówiono wady i zalety tej metody przetwórczej.

Odlewanie rotacyjne jest jedną z wielu obecnie stosowanych technologii przetwórstwa tworzyw polimerowych. Wyróżnia się wśród innych metod przede wszystkim tym, że stosowana jest głównie do produkcji wyrobów wewnątrz pustych typu powłokowego, w których grubość ścianek można w prosty sposób regulować poprzez zmianę wzajemnego stosunku prędkości obrotowej formy wokół osi pionowej i poziomej. Odlewanie rotacyjne jest procesem cyklicznym i wyróżnia się w nim następujące fazy: załadunek, ogrzewanie, chłodzenie i wyładunek (rys. 1) [3, 4]. W fazie załadunku do otwartej formy odlewniczej wsypywana jest odważona porcja tworzywa, najczęściej w postaci proszku. W fazie nagrzewania forma jest już zamknięta i rozpoczyna się jej nagrzewanie, tworzywo przechodzi w stan plastyczny lub ciekły i na skutek siły odśrodkowej wywołanej ruchem obrotowym formy zaczyna przylegać do ścianek gniazda formującego [1]. Po wyjęciu formy odlewniczej z układu grzewczego następuje faza chłodzenia, ruch obrotowy formy wciąż jest kontynuowany, a tworzywo zestala się i przyjmu-

je ostateczny kształt odlewu. Gdy tworzywo ochłodzi się na tyle, aby zachować nadany mu kształt, forma zostaje otwarta i odlew zostaje usunięty z formy.

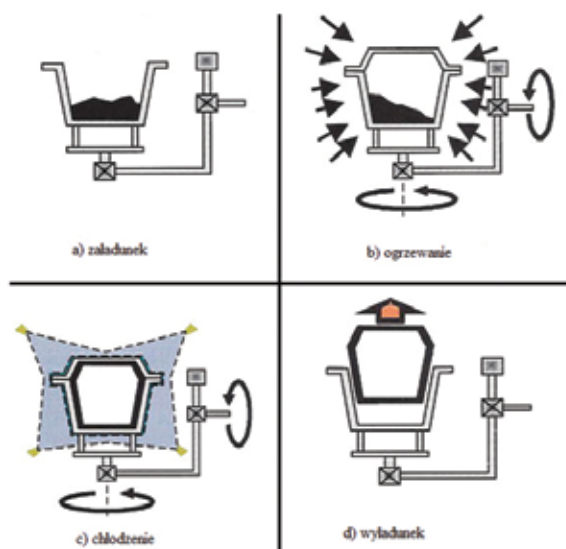
## MASZYNY DO ODLEWANIA ROTACYJNEGO

W połowie lat dziewięćdziesiątych nastąpił gwałtowny rozwój technologii odlewania rotacyjnego. Stało się to możliwe między innymi w wyniku opracowania przez producentów maszyn bardziej wydajnych i ekonomicznych urządzeń z automatycznymi systemami kontroli przebiegu procesu. Ze względu na rozwiązania konstrukcyjne maszyny do odlewania rotacyjnego można podzielić na: wrzecionowe, karuzelowe, liniowo-wahadłowe, skrupowe i kołyskowe [2, 3].

Na wyposażeniu laboratorium Katedry Procesów Polimerowych na Politechnice Lubelskiej znajduje się maszyna do odlewania rotacyjnego typu wrzecionowego. Wygląd urządzenia do odlewania rotacyjnego został przedstawiony na rysunku 2.

Urządzenie składa się z następujących układów:

- układu grzewczego, w którym na skutek ruchów obrotowych formy i wrzeciona realizowana jest funkcja mieszania tworzywa i kształtowania odlewu;



Rys. 1. Fazy procesu odlewania rotacyjnego: a) załadunek, b) ogrzewanie, c) chłodzenie, d) wyładunek [6]



Rys. 2. Wygląd urządzenia do odlewania rotacyjnego znajdującego się na wyposażeniu laboratorium Katedry Procesów Polimerowych Politechniki Lubelskiej: 1 - układ grzewczy, 2 - układ rotacyjny, 3 - forma odlewnicza, 4 - układ sterowania i regulacji, 5 - podstawa, 6 - wentylator



- układu narzędziowego;
- układu sterowania i regulacji;
- podstawy z osłoną i wentylatora do chłodzenia formy.

Układ sterowania umożliwia bezstopniową zmianę prędkości obrotowej zarówno wrzeciona, jak i formy odlewniczej. Zmiana prędkości obrotowych wrzeciona oraz formy odbywa się niezależnie; jest to kluczowe z punktu widzenia odpowiedniego doboru obu prędkości obrotowych, umożliwiającego otrzymanie odlewów o regulowanej grubości ścianki.

Charakterystykę techniczną urządzenia do odlewania rotacyjnego zaprezentowano w tabeli 1.

Następnymi rodzajami urządzeń do odlewania planetarnego stosowanych w przemyśle jest maszyna trójramienna typu karuzelowego (rys. 3). Maszyny te mają jeden piec i dwa obszary chłodzenia. Wynika to z faktu, że czas chłodzenia ma największy wpływ na długość całego cyklu procesu odlewania. Istnieje jednak możliwość, przy specyficznej produkcji, innego podziału stref, np. dwie strefy grzania lub dwie strefy załadunku i rozładunku. Można również spotkać czteroramienne, pięcioramienne maszyny karuzelowe, które mają określoną ilość stref grzania, chłodzenia oraz załadunku – rozładunku zgodnie z indywidualnymi życzeniami producenta wyrobów.

Maszyny do odlewania rotacyjnego rodzaju liniowo-wahadłowego mogą pracować w układzie liniowym albo w układzie kołowym (rys. 4). W maszynie pracującej w układzie liniowym forma transportowana jest w linii prostej po prowadnicy. Zaletą tego układu jest fakt, że czas pobytu w piecu, chłodzenia oraz przebywania w obszarze załadowczo-rozładowczym są całkowicie niezależne. Jednocześnie dla każdej fazy procesu może być dobrany opty-

malny czas. W porównaniu z innymi typami maszyn do odlewania rotacyjnego ten typ maszyny jest także ekonomiczny z punktu widzenia oszczędności powierzchni produkcyjnej. Jednakże posiada on jedną zasadniczą wadę, mianowicie czas cyklu jest dla tych maszyn bardzo długi ze względu na fakt, że w chwili, gdy pracuje jeden z układów maszyny, dwa pozostałe stoją nieużytecznie. Skutkiem tego maszyny takiego typu mogą być stosowane tylko dla produkcji małoseryjnej.

Maszyny typu skorupowego charakteryzują się tym, że grzanie i chłodzenie odbywa się w jednej komorze (rys. 5). Formy montowane są zazwyczaj w osi poziomej i po napełnieniu ich proszkiem, górną część komory zamyka się, a wtłoczone do niej gorące powietrze grzeje obracającą się formę. Na końcu etapu grzania, zimne powietrze lub strumienie wody kierowane bezpośrednio na formę chłodzą ją z żądaną szybkością. Ten typ maszyny, podobnie jak liniowa maszyna wahadłowa, jest ekonomiczny z punktu widzenia zapotrzebowania na powierzchnię produkcyjną, ale mało ekonomiczny, jeśli chodzi o jej wydajność.

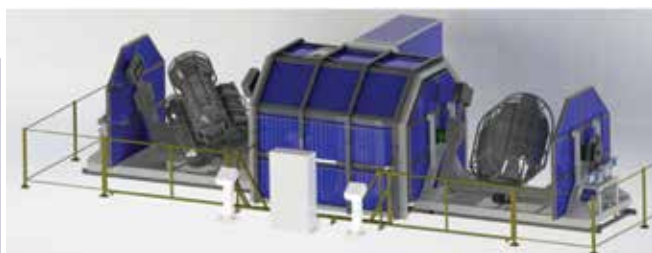
Jednym z najwcześniejszych typów maszyn do odlewania rotacyjnego była tzw. „kołyska” (rys. 6). Charakteryzuje się ona tym, że forma obraca się nad otwartym płomieniem ognia, a cała maszyna kołysze się w przód i w tył. Przy takim rozwiązaniu trudna jest jednak kontrola grubości ścianki, więc rozwiązanie to stosowane jest tylko w krajach o niższym poziomie technicznym.

Tabela 1. Charakterystyka techniczna stanowiska do odlewania rotacyjnego

Wielkość charakteryzująca maszynę	Jednostka	Wartość
Zewnętrzne wymiary formy	mm	200x200x200
Maksymalna prędkość obrotowa formy	obr./min	33
Maksymalna prędkość obrotowa ramienia	obr./min	33
Masa zespołu rotacyjnego	kg	80
Masa zespołu grzewczego wraz z podstawą	kg	300
Całkowita masa urządzenia	kg	400
Wymiary gniazda formy odlewniczej	mm	180x180x180
Moc napędu ruchu obrotowego formy	kW	0,25
Moc napędu ruchu obrotowego ramienia	kW	0,25
Moc komory grzewczej	kW	12



Rys. 3. Maszyna do odlewania rotacyjnego typu karuzelowego trójramienna: 1 - formy odlewnicze, 2 - układ grzewczy, 3 - ramię mimośrodkowe, 4 - układ chłodzenia [1]



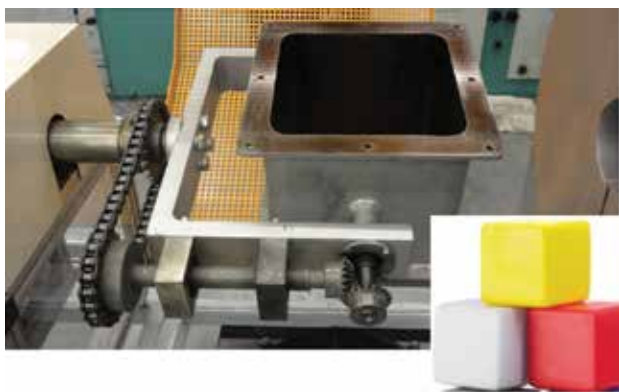
Rys. 4. Maszyna do odlewania rotacyjnego typu liniowo-wahadłowego [9]



Rys. 5. Maszyna do odlewania rotacyjnego typu skorupowego [4]



Rys. 6. Maszyna do odlewania rotacyjnego typu kotłowskiego [2]



Rys. 8. Wygląd formy odlewniczej do odlewania rotacyjnego znajdującego się na wyposażeniu laboratorium Katedry Procesów Polimerowych Politechniki Lubelskiej oraz wykonanego wytworu

Formy do odlewania rotacyjnego wykonywane są ze stali lub aluminium. W zależności od kształtu wyrobu finalnego, formy różnią się między sobą pod względem stopnia skomplikowania, a co za tym idzie kosztu wytworzenia. Najtańsze w wykonaniu formy stalowe stosowane są najczęściej w przypadku niezbyt skomplikowanych kształtów. Formy aluminiowe – odlewane lub kształtowane w procesie obróbki maszynowej - umożliwiają osiągnięcie praktycznie dowolnych kształtów, stanowiąc doskonałe możliwości w zakresie projektowania nowych wyrobów. Dzięki odpowiedniej konstrukcji formy mogą być wieloelementowe w zależności od skomplikowania produktu. Dodatkowo formy mogą być wykonane jako formy modułowe, dzięki temu można uzyskać wiele wariantów produktu, oszczędzając koszty wytworzenia wielu podobnych form (rys. 7).

Wygląd formy odlewniczej do odlewania rotacyjnego znajdującego się na wyposażeniu laboratorium Katedry Procesów Polimerowych Politechniki Lubelskiej oraz uzyskanego wytworu zaprezentowano na rysunku 8. Forma odlewnicza jest wykonana z grubościennego, stalowego profilu. Wnętrze formy jest wypolerowane, aby zapewnić łatwe wyciągnięcie uformowanego odlewu. Forma od góry i od dołu jest zamknięta pokrywami mocowanymi do kołnierza za pomocą śrub. Do korpusu formy są przyspawane czopy łożyskowe w łożyskach ramienia. Na dłuższym z czopów jest umieszczone koło zębate stożkowe, służące do przekazywania ruchu obrotowego.



Rys. 7. Stalowa forma modułowa [7]



Rys. 9. Przykłady wyrobów z tworzyw polimerowych otrzymanych za pomocą odlewania rotacyjnego [10]

Z uwagi na sposób nagrzewania formy odlewniczej wśród maszyn do odlewania rotacyjnego występują maszyny z formami ogrzewanymi pośrednio (w komorze grzewczej przy pomocy gorącego powietrza) lub bezpośrednio (rezystancyjnie lub płomieniowo, bez komory cieplnej) [5].

Odlewanie rotacyjne stwarza różnorodne możliwości i znajduje szeroki zakres zastosowań. Jest idealną metodą wytwarzania wielu produktów, poczynając od części pojazdów i urządzeń, zbiorników paliwa i pojemników na żywność po produkty użytkowe, gdzie kluczową rolę odgrywa estetyka (rys. 8). Obszar zastosowania odlewania rotacyjnego można podzielić na cztery główne podgrupy:

- zbiorniki wody;
- produkty techniczne (obudowy, przewodnice, zbiorniki hydrauliczne);
- przemysł samochodowy (zbiorniki paliwa, oleju i wody, deski rozdzielcze, przewodnice, obudowy filtrów, dachy, osłony);
- logistyka (palety, pojemniki na odpady).

#### WADY I ZALETY ODLEWANIA ROTACYJNEGO

Do podstawowych zalet odlewania rotacyjnego należą:

- możliwość wytwarzania pustych wewnątrz wyrobów bez konieczności stosowania dodatkowych operacji;
- brak naprężeń wewnętrznych w odlewach;
- niskie koszty form w porównaniu do innych technologii;
- krótki czas wytworzenia formy;
- brak lub niewielkie straty tworzywa w procesie produkcji;
- możliwość jednoczesnej produkcji różnorodnych wyrobów z użyciem jednej maszyny;
- możliwość produkcji wyrobów ze zintegrowanymi elementami metalowymi (np. kołnierze, elementy gwintowane) wykorzystywanymi do montażu osprzętu [1, 9].

Do wad odlewania rotacyjnego można zaliczyć:

- długi czas cyklu wytworzenia odlewu;
- niską wydajność;



- dużą energochłonność i niską sprawność;
- odpowiednią konstrukcją odlewów, w której należy unikać ostrych krawędzi i gwałtownych zmian wymiarów [5].

### PODSUMOWANIE

Odlewania rotacyjne stwarza różnorodność możliwości i znajduje szeroki zakres zastosowań. Jest idealną metodą wytwarzania wielu produktów, poczynając od części pojazdów i urządzeń, zbiorników paliwa i pojemników na żywność po produkty użytkowe, gdzie kluczową rolę odgrywa estetyka. Produkty wytworzone w tej technologii po zakończeniu okresu eksploatacji mogą być w pełni przetwarzalne i poddane recyklingowi.

Rosnąca wciąż ilość tworzyw możliwych do przetworstwa metodą odlewania rotacyjnego stanowi dodatkowy stimulator rozwoju konstrukcji maszyn realizujących ten proces przetwórczy oraz współpracujących z nimi form odlewniczych, mający na celu zapewnienie zachowania coraz bardziej zaawansowanych warunków przetworstwa oraz sprostanie rosnącym wymaganiom dotyczącym jakości odlewów i opłacalności wytwarzania elementów z tworzyw otrzymywanych metodą odlewania rotacyjnego [1, 4].

### LITERATURA

- [1] R.M. Anandha, J.M. Throne: Principles of rational molding. Polymer Engineering and Science 2004. Vol. XII, 237-264.
- [2] J. Bursa: Rotacyjne formowanie polimerów – ponownie docenione. Seminarium Tworzywa Sztuczne w Budowie Maszyn 2006. Vol. VI, 85-90.
- [3] R.J. Crawford, M.P. Kearns: Practical Guide to Rotational Molding. Rapra Technology Limited 2003

- [4] R.J. Crawford: Rotational Moulding of Plastics. Research Studies Press 1996.
- [5] T. Jachowicz: Rodzaje maszyn do odlewania rotacyjnego. Tworzywa Sztuczne i Chemia 2009. Vol. III, 72-76.
- [6] [magazynprzemyslowy.pl/produkcja/Technologia-odlewania-rotacyjnego-tworzyw-sztucznych,9566,1](http://magazynprzemyslowy.pl/produkcja/Technologia-odlewania-rotacyjnego-tworzyw-sztucznych,9566,1) (available: 10.08.2015).
- [7] [metria.pl/uslugi-rotomoulding/](http://metria.pl/uslugi-rotomoulding/) (available: 10.08.2015).
- [8] I.G. Olson, G. Gogos, V. Pashon: Axisymmetric finite element models for rotational molding. International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow 1999. Vol. IX, 515-542.
- [9] [rotopol.put.poznan.pl/index.php?c=rotomolding-theory](http://rotopol.put.poznan.pl/index.php?c=rotomolding-theory) (available: 11.08.2015).
- [10] M. Szostak: Maszyny w technologii odlewania rotacyjnego. Plastics Review 2003. Vol. II, 63-65.
- [11] M. Szostak: Technologia odlewania rotacyjnego. Plastics Review 2002. Vol. IV, 60-68.

Artykuł został opublikowany w: „Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska”, 2017, nr 2, s. 115-118.

**mgr inż. Karolina Głogowska**  
**Politechnika Lubelska**  
 Katedra Procesów Polimerowych

INFORMACJ PRASOWA

## Anwil wyprodukował już 7 mln ton PVC

Anwil wytworzył 7 mln tonę polichloru winylu, co jest efektem prawie 40-letniego doświadczenia chemicznej spółki z Grupy Orlen w produkcji tego polimeru.

Pierwsza milionowa tona PVC opuściła instalacje we Włocławku w 1994 r. Na kolejny milion ton trzeba było czekać już tylko sześć lat. Od 2000 r. linia produkcyjna polichloru winylu była sukcesywnie modernizowana. Jej unowocześnianie trwało blisko dziewięć lat i pozwoliło m.in. na trzykrotne obniżenie jej energochłonności, a przede wszystkim na zwiększenie tempa produkcji polimeru. Aktualnie Anwil może wytworzyć nawet 1000 ton polichloru winylu dziennie. Taką rekordową wielkość dobową produkcji udało się włocławskiej firmie osiągnąć po raz pierwszy w 2011 roku. Aktualnie czas potrzebny na produkcję pełnego miliona ton wynosi średnio 4 lata. Anwil wyprodukował trzeci, czwarty i piąty milion ton kolejno w latach 2004, 2008, 2012, czyli okrągłe liczby pojawiały się co 48 miesięcy.

Historia obszaru produkcji tworzyw sztucznych Anwila rozpoczęła się 4 sierpnia 1975 r. wraz z podjęciem przez ówczesne władze decyzji o realizacji jednej z największych inwestycji końca lat siedemdziesiątych, a więc budowy kompleksu polichloru winylu. O jego lokalizacji zdecydowało korzystne położenie Włocławka w pobliżu płockiej rafinerii, skąd dostarczany jest etylen oraz inowrocławskiej kopalni soli, gdzie wydobywana jest solanka. Etylen i solanka są bowiem podstawowymi surowcami używanymi do produkcji chloru winylu, a więc monomeru, z którego powstaje polichlorek winylu.

Polichlorek winylu jest jednym z najstarszych tworzyw, zajmując pod względem powszechności stosowania trzecie miejsce



foto: www.pixabay.com

na świecie. Ze względu na swoje właściwości termoplastyczne, dużą wytrzymałość mechaniczną oraz odporność na działanie wielu rozpuszczalników, jest wykorzystywany m.in. w budownictwie (stolarstwo okienne, panele ściennie i podłogowe) i branży wodno – kanalizacyjnej (rury i kształtki z PVC odporne na niszczące działanie ścieków bytowo-gospodarczych, nawet jeśli te zawierają znaczne ilości chemikaliów).

Analitycy z instytutu badawczego Ceresana w opublikowanym w kwietniu 2019 r. raporcie dotyczącym rynku PVC przewidują, że popyt na ten polimer wzrośnie do 2026 r. do ponad 56 mln ton.

Źródło: [www.plastech.pl](http://www.plastech.pl)

# Funkcjonalność zgrzewarek

Anna Wróblewska

**Na podstawie dostępnej literatury, obowiązujących aktów normatywnych i instrukcji oraz własnych doświadczeń zostały opracowane wytyczne do oceny funkcjonalności zgrzewarek doczołowych i elektrooporowych stosowanych do łączenia rur i kształtek z tworzyw sztucznych. Jednolite wytyczne mogą przyczynić się do poprawy jakości połączeń zgrzewanych, a tym samym do zwiększenia niezawodności pracy sieci gazowych.**

Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/73/WE z 13 lipca 2009 r. dotyczącą wspólnych zasad rynku wewnętrznego gazu ziemnego każdy operator systemu powinien eksploatować, utrzymywać i rozbudowywać bezpieczne, niezawodne i wydajne sieci gazowe, w warunkach opłacalności ekonomicznej. Utrzymanie wysokiej jakości rurociągów z PE zależy od wielu czynników, jednym z nich jest proces zgrzewania, będący podstawową metodą łączenia rur i kształtek z poliolefin [1, 2, 3, 6].

Ogólne wymagania funkcjonalne dotyczące sieci gazowych z polietylenu są zawarte w normie PN-EN 12007-2:2013 [10], która określa podstawowe wymagania odnoszące się do budowy sieci gazowych z polietylenu oraz zawiera kryteria oceny jakości połączeń zgrzewanych doczołowo i elektrooporowo. Wymagania dotyczące sprzętu do wykonywania połączeń zgrzewanych rur i kształtek polietylenowych zawarte są w normach przywołanych w uregulowaniu prawnym 12007-2: ISO 12176-1:2012 [7]; ISO 12176-2:2008 [8].

Do zgrzewania gazociągów polietylenowych powinien być stosowany sprzęt posiadający potwierdzenie zgodności z określonymi wymaganiami w zakresie bezpieczeństwa oraz pozytywną ocenę funkcjonalności działania, której potwierdzeniem mogą być świadectwa kalibracji wykonywane przez upoważnione serwisy zgrzewarek. W związku z tym, że nie ma określonego – ani przez przepisy prawne, ani techniczne – zakresu badań kontrolnych, które należy przeprowadzać, zakres działań sprawdzających wykonywanych przez producentów i autoryzowane serwisy jest bardzo różny.

## **OPRACOWANIE WYTYCZNYCH OCENY FUNKcjONALNOŚCI ZGRZEWAREK**

Przegląd literatury, aktów normatywnych, instrukcji obsługi zgrzewarek oraz świadectw kalibracji pozwolił na wytypowanie wymagań, jakie powinny być kontrolowane w procesie okresowej oceny funkcjonalności zgrzewarek doczołowych i elektrooporowych stosowanych do łączenia rur z tworzyw sztucznych.

Przedstawione w normie ISO 12176-1 [7] wymagania dla zgrzewarek doczołowych określają zakres badań przed wprowadzeniem do obrotu danego typu urządzenia. W obszarze badań kontrolnych (kalibracji zgrzewarki) norma nie specyfikuje parametrów, jakie należy sprawdzić. Zakres kalibracji zależy więc od producenta urządzenia lub autoryzowanego serwisu i nie zawsze uwzględnia wszystkie elementy, które mogą mieć wpływ na jakość połączenia zgrzewanego.

Do opracowania wytycznych oceny funkcjonalności zgrzewarek, spośród wymienionych w normie wymagań, wybrano te cechy, które mogą ulegać pogorszeniu podczas eksploatacji urządzenia, a mianowicie:

- kontrola urządzenia mocująco-scalającego w zakresie:
  - oceny płynności ruchu elementu ruchomego;
  - pomiaru czasu odsunięcia elementu ruchomego w celu wyjęcia płyty grzewczej;
  - pomiaru współosiowości elementów zamocowanych w uchwytach;

- poprawność działania freza skrawającego w zakresie:
  - oceny powierzchni czołowych rur po frezowaniu;
  - oceny wióra po skrawaniu;
  - pomiaru wielkości szczeliny pomiędzy sfrezowanymi powierzchniami dociśniętymi do siebie;
- kontrola płyty grzewczej w zakresie:
  - oceny powierzchni płyty;
- kontrola systemu grzewczego w zakresie:
  - sprawdzenia dokładności wskazań miernika temperatury zainstalowanego w płycie grzewczej lub urządzeniu sterującym;
  - sprawdzenia układu regulacji temperatury;
- kontrola systemu realizującego docisk łączonych elementów w zakresie:
  - sprawdzenia dokładności pomiaru wielkości sterującej, tj. ciśnienia w układzie hydraulicznym.

Przy realizacji procesu zgrzewania istotne jest utrzymanie stabilnych parametrów zgrzewania w całym jego cyklu. W przypadku temperatury w normie ISO 12176-1 [7] określono, że powinna ona być utrzymywana w granicach  $\pm 7^{\circ}\text{C}$  od wartości nastawionej. W zakresie stabilności ciśnienia norma nie zawiera wymagań. Określa jedynie dokładność przyrządu kontrolnego.

Do sprawdzenia stabilności ciśnienia można zastosować wymagania zawarte w specyfikacji DVS 2208-1 [6], tj. zmiana maksymalnego ciśnienia w czasie 30 minut nie powinna przekroczyć wartości dopuszczalnej o więcej niż 5%. Badanie stabilności ciśnienia pozwala na ocenę szczelności układu hydraulicznego.

Norma ISO 12176-2 [7] zawiera szereg wymagań, które dotyczą głównie bezpieczeństwa obsługi. Z zakresu wymagań funkcjonalnych wybrano te, które mogą mieć bezpośredni wpływ na uzyskanie zgrzewu o wymaganej jakości oraz powinny zostać sprawdzone w wyniku okresowej kontroli. Wytypowane wymagania obejmują:

- prawidłowość działania zgrzewarki przy zmiennych parametrach zasilania;
- dokładność pomiaru temperatury otoczenia.

Podczas realizacji procesu zgrzewania elektrooporowego istotne jest utrzymanie wymaganego napięcia zasilania uzwojenia drutu oporowego kształtki na określonym poziomie i w ustalonym przedziale czasu. Norma ISO 12176-2 [8] nie zawiera jednak wymagań w tym zakresie.

Podobnie jak w przypadku wymagań funkcjonalnych dla zgrzewarek doczołowych, można wykorzystać wymagania zawarte w specyfikacji DVS 2208-1 [6]: dokładność pomiaru czasu zgrzewania, dokładność napięcia zgrzewania.

## **WYTYCZNE OCENY FUNKcjONALNOŚCI ZGRZEWAREK DOCZOŁOWYCH**

### **Poprawność działania urządzenia mocująco-scalającego**

#### *Płynność ruchu elementu przesuwanego*

Element ruchomy urządzenia mocująco-scalającego powinien przemieszczać się płynnie, bez zacięć i skoków. Brak płynności



w ruchu może być powodem zapowietrzenia układu hydraulicznego i może przyczynić się do utrudniania prawidłowego pomiaru ciśnienia oporów ruchu. Niewłaściwa wartość oporów ruchu bezpośrednio wpływa na ostateczną siłę docisku łączonych elementów i w efekcie – na jakość połączenia. Sprawdzenie płynności ruchu należy wykonać w całym zakresie roboczym siłowników urządzenia mocująco-scalającego.

#### *Prędkość przesuwu elementu ruchomego*

Element ruchomy urządzenia mocująco-scalającego powinien przemieszczać się z prędkością gwarantującą usunięcie płyty grzewczej po upływie (wymaganego procesem technologicznym) czasu nagrzewania rur PE. Szybkie usunięcie płyty grzewczej i połączenie rozgrzanych elementów ze sobą jest jednym z warunków uzyskania zgrzewu o wymaganej wytrzymałości. Zbyt wolne przesunięcie części ruchomej zgrzewarki będzie powodowało wystudzenie uplastycznionych powierzchni łączonych elementów przed ich połączeniem i powstanie tzw. kożucha. W części znajdującej się przy krawędzi zewnętrznej i wewnętrznej łączonych elementów zostanie on wypchnięty ze zgrzewu do formowanej wypłytki, jednak w części środkowej pozostanie zamknięty w strefie zgrzewu, powodując jego osłabienie.

Prędkość przesuwu elementu ruchomego urządzenia mocująco-scalającego powinna umożliwiać usunięcie płyty grzewczej w czasie zgodnym z wymaganiami tablicy 1 normy ISO 12176-1 [7]. Pomiary te należy wykonać dla rury o najmniejszej i największej średnicy.

#### *Współosiowość elementów zamocowanych w uchwytach*

Dla uzyskania połączenia zgrzewanego o wymaganej wytrzymałości konieczne jest odpowiednie ustawienie przeznaczonych do łączenia elementów względem siebie. Zbyt duże ich przesunięcie będzie powodować zmniejszenie powierzchni czynnej zgrzewu, a w ekstremalnych przypadkach powstanie karbu w strefie połączenia, co może wywoływać w perspektywie długiego okresu użytkowania pęknięcia w wyniku powolnej propagacji pęknięć. Zbyt duże przesunięcie łączonych elementów będzie powodowało powstanie wypłytki o niewłaściwym kształcie. Przesunięcie elementów zamocowanych w uchwytach nie powinno przekroczyć wartości 0,2 mm [5].

#### **Poprawność działania freza skrawającego**

Od jakości przygotowania powierzchni czołowych do zgrzewania zależy równomierność ich kontaktu z płytą grzewczą, która ma wpływ na właściwe dostarczenie ciepła w celu ich uplastycznienia.

Po procesie frezowania powierzchnia czołowa rur powinna być gładka, a wiór ciągły. Po dociśnięciu sfrezowanych powierzchni do siebie, z siłą docisku zgodną z wartością wymaganą do uzyskania połączenia zgrzewanego dla danej średnicy rury, wielkość szczeliny nie powinna przekraczać wartości określonych w tablicy 2 normy ISO 12176-1 [7]. Sprawdzenie należy wykonać dla rury o najmniejszej i największej średnicy.

#### **Stan płyty grzewczej oraz poprawność działania systemu grzewczego**

Powierzchnia płyty grzewczej powinna być tak skonstruowana, żeby po uplastycznieniu powierzchni czołowych łączonych elementów i odsunięciu ich od niej roztopiony materiał nie pozostawał na jej powierzchni. Najczęściej powierzchnia płyty grzewczej pokryta jest powłoką wykonaną z teflonu. W wyniku niewłaściwego posługiwania się płytą może dojść do jej zarysowania, co z kolei może powodować przyklejanie się rozgrzanego polietylenu do jej powierzchni. Sprawdzenie powierzchni płyty grzewczej polega na ocenie wizualnej w celu stwierdzenia, czy nie występują ubytki w jej warstwie pokrywającej.

Gwarancją uzyskania właściwego połączenia zgrzewanego jest dostarczenie odpowiedniej ilości ciepła do czołowych powierzch-

ni łączonych elementów, dzięki której następuje uplastycznienie materiału. Zapewnienie dostatecznej ilości ciepła zależy od czasu nagrzewania oraz temperatury płyty grzewczej. Czas zgrzewania odmierzany jest przez operatora lub automatycznie – za pomocą wbudowanego w zgrzewarce stopera. Za utrzymanie właściwej temperatury płyty grzewczej odpowiedzialny jest układ pomiaru i regulacji temperatury w zgrzewarce.

W przypadku, gdy w zgrzewarce wbudowany jest stoper, wymagana jest ocena poprawności odmierzania czasu. Poprawność działania systemu grzewczego zgrzewarki polega na:

- sprawdzeniu dokładności wskazań miernika temperatury. Maksymalna odchyłka wskazań od temperatury według przyrządu kontrolnego nie powinna wynosić więcej niż  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  [5];
- sprawdzeniu układu regulacji temperatury. Temperatura powierzchni płyty grzewczej, kontrolowana w temperaturze otoczenia  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ , powinna być utrzymywana w granicach  $\pm 7^{\circ}\text{C}$  [5]. W przypadku stwierdzenia niewłaściwego działania układu regulacji należy wykonać stosowne regulacje/naprawy i przeprowadzić ponowne sprawdzenie w temperaturze otoczenia:  $-10^{\circ}\text{C}$  i  $+40^{\circ}\text{C}$ , dla najniższej i najwyższej temperatury zgrzewania zgodnie z instrukcją producenta zgrzewarki oraz w środku tego zakresu, np.:  $170^{\circ}\text{C}$ ,  $220^{\circ}\text{C}$  i  $260^{\circ}\text{C}$ .

#### **Poprawność działania systemu realizującego docisk łączonych elementów**

Jednym z parametrów warunkujących uzyskanie połączenia zgrzewanego o wymaganej wytrzymałości jest docisk łączonych elementów. Wyrażony jest on jako siła oddziałująca na jednostkę powierzchni. W zależności od rodzaju zgrzewanych tworzyw oraz stosowanej procedury zgrzewania może ona przyjmować różne wartości. W przypadku rur i kształtek z polietylenu do budowy gazociągów docisk łączonych elementów powinien wynosić  $0,15\text{ N/mm}^2$ . Dla uzyskania wymaganego docisku producent zgrzewarki wyznacza, dla danej średnicy i grubości ścianek przeznaczonych do łączenia elementów, wymagane wartości ciśnienia w układzie hydraulicznym, uwzględniając powierzchnie czynne tłoków siłowników. W zależności od typu zgrzewarki ciśnienie mierzone jest albo przez zastosowany manometr, albo przez elektroniczny układ pomiarowy. Uzyskanie prawidłowego docisku łączonych elementów będzie więc zależęć od dokładności pomiaru ciśnienia. Zgodnie z normą ISO 12176-1 [7] wymagane jest zastosowanie miernika ciśnienia co najmniej klasy 1.

W ramach oceny funkcjonalności zgrzewarki podczas tzw. okresowej kalibracji należy wykonać sprawdzenie dokładności pomiaru ciśnienia w układzie hydraulicznym zgrzewarki. Dopuszczalny błąd pomiaru nie powinien przekroczyć wartości 1% zakresu pomiarowego miernika ciśnienia [5].

Oprócz właściwego pomiaru ciśnienia zgrzewania istotne jest jego utrzymanie na stałym poziomie w określonym czasie, np. w czasie studzenia zgrzewu pod dociskiem. Zgodnie z wymaganiami specyfikacji DVS 2208-1 [6] zmiana maksymalnego ciśnienia, które może być wytworzone przez pompę hydrauliczną zgrzewarki, nie powinna przekroczyć wartości dopuszczalnej o więcej niż 5% w czasie pomiaru trwającego 30 minut. Podstawowym warunkiem przystąpienia do tego badania jest usunięcie ewentualnych nieszczelności układu hydraulicznego, które najczęściej występują na szybkołączach służących do podłączenia węzami hydraulicznymi agregatu z urządzeniem mocująco-scalającym.

#### **WYTYCZNE OCENY FUNKCJONALNOŚCI ZGRZEWAREK ELEKTROOPOROWYCH**

##### **Prawidłowość działania układu regulacji napięcia zasilania**

Podczas wykonywania połączeń zgrzewanych metodą elektrooporową wymagane jest zastosowanie napięcia zasilania zgod-

nie z wartością ustaloną przez producenta kształtki. Od wartości napięcia będzie zależało natężenie prądu w uzwojeniu kształtki o określonej rezystancji. Na skutek przepływu prądu przez uzwojenie drutu oporowego w strefie zgrzewu nastąpi wzrost temperatury powodującej uplastycznienie zewnętrznej powierzchni rury i wewnętrznej powierzchni kształtki. Za uzyskanie odpowiedniej temperatury w końcowej fazie zgrzewania odpowiedzialny jest producent kształtki, który dobiera odpowiednią rezystancję uzwojenia kształtki, napięcie oraz czas zgrzewania. Producent zgrzewarki odpowiada natomiast za utrzymanie w czasie zgrzewania właściwego poziomu napięcia.

Zgodnie z wymaganiami specyfikacji DVS 2208-1 [6] napięcie powinno być utrzymywane na zadanym poziomie z dokładnością 2,5%. Sprawdzenie należy wykonać przy nominalnym napięciu zasilania zgrzewarki.

#### **Prawidłowość działania zgrzewarki przy zmiennych parametrach zasilania**

Wykonywanie połączeń zgrzewanych najczęściej odbywa się w terenie. Podczas zgrzewania wymagane jest dostarczenie energii elektrycznej, która pobierana jest głównie z agregatów prądotwórczych. W przypadku zastosowania właściwego urządzenia napięcie zasilające zgrzewarkę będzie stabilne i na odpowiednim poziomie. Zastosowanie niewłaściwego agregatu czy też zasilanie zgrzewarki długimi kablami (spadek napięcia) może powodować dostarczenie energii elektrycznej o nieodpowiednim napięciu zasilania. Zgrzewarka powinna być odporna na zakłócenia, które mogą wystąpić w sieci, a układ regulacji napięcia wyjściowego powinien działać prawidłowo przy zmianie napięcia zasilania w zakresie 15% od wartości nominalnej [5].

#### **Poprawność pomiaru czasu zgrzewania**

Czas zgrzewania to drugi parametr, po napięciu zgrzewania, za który odpowiada zgrzewarka elektrooporowa i ma on wpływ na ilość energii, która zostanie dostarczona do połączenia. Błąd pomiaru czasu zgrzewania nie powinien być większy niż 1% [5].

#### **Poprawność pomiaru temperatury otoczenia**

Większość obecnie stosowanych zgrzewarek posiada opcję pomiaru temperatury otoczenia. Zgodnie z zaleceniami producentów kształtek elektrooporowych czas zgrzewania powinien uwzględniać temperaturę, w jakiej realizowane jest połączenie. Podawany na kształtkach czas zgrzewania najczęściej dotyczy temperatury otoczenia zbliżonej do 20°C. Dla pozostałych temperatur otoczenia z zakresu od 30°C do 0°C na etykietach dołączanych do kształtki podawane są wartości odpowiednich czasów zgrzewania. Dla temperatur niższych czas zgrzewania jest wydłużany, a dla temperatur wyższych – skracany. Ustalenie właściwego czasu zgrzewania może dokonywać się automatycznie przez urządzenie zgrzewające. Odbywa się to na podstawie parametrów zgrzewania wprowadzonych do zgrzewarki czynnikiem z kodu kreskowego kształtki. Wówczas zgrzewarka na podstawie zmierzonej temperatury otoczenia oraz ustalonej przez producenta kształtki charakterystyki zależności czasu zgrzewania od temperatury otoczenia ustala odpowiedni czas procesu zgrzewania. Od dokładności pomiaru temperatury otoczenia będzie więc pośrednio zależała ilość energii dostarczonej do kształtki, co wpłynie na jakość połączenia zgrzewanego. Zgodnie z wymaganiami specyfikacji DVS 2208-1 [6] pomiar temperatury otoczenia powinien być realizowany z dokładnością  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

#### **UWAGA OGÓLNA**

Przedstawione wytyczne oceny zgrzewarek obejmują wyłącznie kontrolę parametrów, które mogą mieć wpływ na jakość połączenia zgrzewanego. Oprócz kontroli wymagań funkcjonalnych serwisy prowadzące kalibrację powinny również wykonywać sprawdzenie

nie w zakresie bezpieczeństwa obsługi zgodnie ze stosownymi wytycznymi i instrukcjami.

#### **WNIOSKI**

Utrzymanie parametrów zgrzewania na wymaganym poziomie jest jednym z podstawowych warunków uzyskania połączenia zgrzewanego o wymaganej jakości. Sprawdzanie (kalibracja) zgrzewarek jest istotnym czynnikiem wpływającym na utrzymanie sprzętu na wymaganym poziomie technicznym. Badania kontrolne zgrzewarek powinny obejmować wszystkie parametry, które mogły ulec pogorszeniu w wyniku ich eksploatacji i wpływają na jakość wykonywanych połączeń zgrzewanych. Niektóre serwisy prowadzące okresowe sprawdzenia zgrzewarek ograniczają się do kontroli tylko kilku wybranych parametrów, stosując duże tolerancje akceptacji wyników pomiarów, nieadekwatne do aktualnych poziomów określonych w normach, lub też oceniając tylko urządzenia pod kątem bezpieczeństwa ich obsługi.

W ramach realizacji pracy statutowej wymienionej poniżej opracowano wytyczne przeznaczone dla operatorów gazociągów, producentów zgrzewarek i autoryzowanych serwisów do potwierdzania prawidłowego funkcjonowania urządzeń zgrzewanych, a tym samym do zwiększenia niezawodności pracy sieci gazowych [2, 4, 5].

#### **LITERATURA**

- [1] T. Garbacz, J. Sikora: Przetwórstwo tworzyw polimerowych. Cz. 2. Politechnika Lubelska, Lublin 2012.
- [2] J. Raczkowski, A. Klupa: Bezpieczeństwo sieci gazowych z rur polietylenowych. Nafta-Gaz 1998, nr 6, s. 264–270.
- [3] P. Szewczyk: Badania odporności na oddziaływania punktowe rur polietylenowych warstwowych układanych w gruncie rodzimym, przeznaczonych do przesyłania gazu. Nafta-Gaz 2012, nr 9, s. 611–616.
- [4] P. Szewczyk: Określenie kryteriów do oceny możliwości zastosowania metod renowacji gazociągów stalowych do przesyłania gazu koksowniczego. Nafta-Gaz 2015, nr 8, s. 578–583.
- [5] A. Wróblewska: Funkcjonalność zgrzewarek jako jeden z parametrów decydujących o jakości połączeń zgrzewanych. Praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW, nr zlecenia: 0102/GP/16, nr archiwalny: DK-4100-0102/16.
- [6] DVS 2208-1 Welding of thermoplastics – tools and devices for the heated tool welding of pipes and piping parts.
- [7] ISO 12176-1:2012 Plastics pipes and fittings. Equipment for fusion jointing polyethylene systems – Part 1: Butt fusion.
- [8] ISO 12176-2:2008 Plastics pipes and fittings. Equipment for fusion jointing polyethylene systems – Part 2: Electrofusion.
- [9] ISO 21307:2011 Plastics pipes and fittings. Butt fusion jointing procedures for polyethylene (PE) pipes and fittings used in the construction of gas and water distribution systems.
- [10] PN-EN 12007-2:2013-02 Infrastruktura gazowa. Rurociągi o maksymalnym ciśnieniu roboczym do 16 bar włącznie. Część 2: Szczegółowe wymagania funkcjonalne dotyczące polietylenu (MOP do 10 bar włącznie).

Artykuł był publikowany w: „Nafta-Gaz”, 2017, nr 12, DOI: 10.18668/NG.2017.12.08.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt.:  
Funkcjonalność zgrzewarek jako jeden z parametrów decydujących o jakości połączeń zgrzewanych – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr zlecenia: 0102/GP/16, nr archiwalny: DK-4100-0102/16.

#### **mgr inż. Anna Wróblewska**

Zakład Przesyłania i Dystrybucji Gazu  
– Laboratorium Tworzyw Sztucznych  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A, 31-503 Kraków



# Preparaty chemiczne bez gazu pędnego – ekonomiczne rozwiązanie dla oszczędnych

Iwona Hiszpańska

Mogłoby się wydawać, że firma Buchem Chemie + Technik już nas nie zaskoczy nowymi produktami. A jednak. Od sierpnia tego roku wiele z produktów dostępnych do tej pory tylko w tradycyjnej puszcze z aerozolem, można teraz otrzymać w wersji „100% środka”. „100% środka” oznacza, że w opakowaniu nie ma gazu pędnego, który pomaga wydobyć płyn na zewnątrz, a jest tam jedynie sam preparat. Jakie są zalety takiego rozwiązania i po co firma Buchem Chemie+Technik trudziła się wprowadzając tak zapakowany środek do swojej oferty. Jedną z takich zalet będzie na pewno to, że nie produkujemy odpadów w postaci butelek po aerozolach. Jest to oczywiście argument dla firm, które prowadzą politykę segregacji odpadów i dbają o ich zminimalizowanie. W niektórych przypadkach nawet ponoszą większe koszty za utylizację takich butelek, ponieważ przed recyklingiem metalowych butelek trzeba resztki gazu pędnego usunąć ze środka. Inna zaleta to mniejsza częstotliwość zakupu środków chemicznych, ponieważ w nowych opakowaniach jest ich 500 ml, a w puszcze np. o pojemności 630 ml maksymalna ilość preparatu jaka może być umieszczona to 300 ml. To dlatego, że musi być zostawiona przestrzeń dla gazu pędnego.

Z tego też powodu preparat zakupiony w nowym opakowaniu zaproponowanym przez firmę Buchem Chemie+Technik starcza na dłużej, a dodatkowo nie zawiera gazu pędnego, więc jest łatwiejszy podczas recyklingu. Produkty pakowane w butelce „100 % środka” to Reiniger SE, Reiniger SC, Antikor RS, Solvo X, Solvo N, Solvo L.

Inna ciekawostka dla tych, którzy znają firmę Buchem Chemie+Technik oraz stosują środki ich produkcji to trzy nowe preparaty z rodziny Solvo – środków odtłuszczających i czyszczących. Są to Solvo X, Solvo N oraz Solvo L. Wszystkie pakowane w butelkach bez dodatku gazu pędnego. Mają działanie odtłuszczające i czyszczące. Różnią się agresywnością oraz szybkością odparowywania, przez co mają odrobinę różne zastosowanie i funkcje. Można więc precyzyjniej dostosować je do swojego procesu w przetwórstwie tworzyw sztucznych podczas produkcji, a także w konserwacji form wtryskowych czy tłoczników lub innych narzędzi. Dokładne informacje o nowych możliwościach znajdziecie Państwo na stronie [www.transcorn.pl](http://www.transcorn.pl). Zapraszam również do kontaktu celem przetestowania.

Iwona Hiszpańska – Transcorn Sp. z o.o.

REKLAMA





## Nowe rozwiązanie firmy Buchem Chemie+Technik

**Preparaty chemiczne odtłuszczające, czyszczące, antykorozyjne bez gazu pędnego**

- Przyjazne dla środowiska rozwiązanie oszczędzające ilość opakowań
- Wszystkie preparaty w butelkach z tworzywa sztucznego podlegają recyklingowi
- Dokładniejsza aplikacja dzięki końcówce "multispray"

Zapytaj o szczegóły nowej oferty:  
 Transcorn Sp.z o.o. Wilimowo 2, 11-041 Olsztyn  
[transcorn@transcorn.pl](mailto:transcorn@transcorn.pl)

[www.transcorn.pl](http://www.transcorn.pl)

# Materiały stosowane do wytwarzania implantów kości

Helena Janik, Michalina Marzec

**Materiały stosowane do wytwarzania implantów kostnych muszą być biokompatybilne, nietoksyczne, bioaktywne oraz wykazywać odpowiednie właściwości mechaniczne, takie jak wytrzymałość na ściskanie, na zginanie oraz sztywność i twardość. Gama stosowanych materiałów jest bardzo szeroka, obejmuje metale, polimery, ceramikę oraz ich kompozyty. Każdy z tych materiałów ma swoje mocne i słabe strony. Praca stanowi przegląd materiałów stosowanych do wytwarzania implantów kości, ze szczególnym uwzględnieniem oferty rynku polskiego.**

W 2013 r. w Polsce zarejestrowano ok. 134 tys. złamań kości [1]. Najczęściej dochodzi do złamań w obrębie miednicy oraz kości udowej. Przyczyny złamań kości są różne. Mogą one dotyczyć jednej lub więcej kości (wielomiejscowe złamanie) lub złamania kości w wielu miejscach (złamania wielofragmentowe), które najczęściej występują u osób starszych lub powstają w wyniku ciężkiego obrażenia, np. zmiżdżenia kości. Odrębną grupę stanowią złamania patologiczne, powstające w zmienionej chorobowo tkance kostnej. Powstają one najczęściej w chorobach nowotworowych (w miejscu przerzutów), w chorobach układowych (np. odwapnienie, osteoporoza) lub w wyniku zapalenia tkanki kostnej [2]. Tkanka kostna ma zdolność regeneracji, nieustannie ulega resorpcji i jest zastępowana nową tkanką. Z tego względu większość defektów, takich jak niewielkie złamania, nie wymaga kosztownego i długotrwałego leczenia. W przypadku większych urazów, uszkodzeń lub ubytków kostnych niezbędne jest leczenie operacyjne. Początkowo stosowano operacyjne nastawianie i zespolenie kości, jednak metoda ta nie zapewniała uszkodzonej kości odpowiedniego wsparcia mechanicznego do prawidłowej regeneracji. Dlatego konieczne stało się wprowadzenie implantów kostnych.

Materiałom stosowanym do wytwarzania implantów kostnych stawia się wiele wymogów. Pod kątem biologicznym materiał musi być biokompatybilny, nietoksyczny (również produkty jego degradacji lub korozji nie mogą być toksyczne) i bioaktywny (powinien pobudzać do kościotworzenia). Równie ważne są odpowiednie właściwości wytrzymałościowe. Materiał musi zapewnić dostateczne wsparcie mechaniczne, jego moduł Younga musi być równy bądź zbliżony do modułu Younga kości, który wynosi 6–20 GPa [3]. Materiał implantowany powinien charakteryzować się większą niż kość wytrzymałością na ściskanie oraz na zginanie, odpowiednio 190 MPa i 160 MPa [4]. Pożądane jest, by implant stopniowo ulegał biodegradacji w miejscu implantacji, aby stopniowo była przywracana funkcja układu kostnego. A zatem, wskutek biodegradacji zachodzi stopniowe zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej implantu, a tym samym nacisk na regenerującą się kość ulega zwiększeniu. Jest to bardzo istotne, gdyż taki proces regeneracji kości umożliwia prawidłowe odbudowanie struktury kości o odpowiedniej gęstości. Dużą zaletą materiałów biodegradowalnych jest wyeliminowanie kolejnej interwencji chirurgicznej, obejmującej usunięcie implantu, gdyż

z czasem zostaje on zastąpiony przez regenerującą się naturalną tkankę kostną [5].

W 2013 r. szacunkowe dochody pochodzące ze sprzedaży implantów kostnych osiągnęły na świecie wartość 44,6 mld USD. Około jednej trzeciej tej kwoty (15 mld USD) pochodziło ze sprzedaży implantów do wymiany stawów (biodrowego, kolanowego, barkowego, łokciowego, nadgarstkowego, palcowego) [6]. W 2011 r. na świecie przeprowadzono prawie 3 mln operacji wymiany stawów, w tym ok. 1,4 mln operacji stawu biodrowego i ok. 1,1 mln operacji stawu kolanowego [7]. Rynek ortopedyczny został zdominowany przez firmy amerykańskie. Według [8] do przodujących w produkcji implantów firm na świecie (w 2012 r.) należały: 1. DePuy Synthes oddział Johnson & Johnson (USA), 2. Stryker (USA), 3. Zimmer (USA), 4. Smith & Nephew (Wlk. Brytania (WB)), 5. Medtronic Spinal (USA), 6. Biomet (WB), 7. DJO Global (USA), 8. Integra LifeScience (USA), 9. NuVasive (USA) oraz 10. Globus Medical (USA).

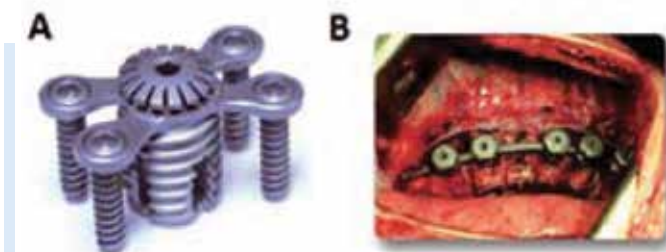
W Polsce produkcją implantów kostnych zajmują się Medgal Sp. z o.o. w Białymstoku, ChM Sp. z o.o. w Juchnowcu Kościelnym k. Białegostoku, LfC Medical Sp. z o.o. w Zielonej Górze, Chema-Elektromet Spółdzielnia Pracy w Rzeszowie, Fundacja Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu (FUM) oraz Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie (ICMB).

Gama dostępnych na rynku światowym materiałów stosowanych na implanty jest bardzo szeroka. W pracy dokonano ich przeglądu, z podziałem na 4 kategorie (metale, polimery, ceramika i materiały kompozytowe), ze szczególnym uwzględnieniem rynku polskiego.

## MATERIAŁY METALICZNE

Pierwszym materiałem wprowadzonym w ortopedii były metale. Po wieloletnich badaniach nad różnymi metalami i ich stopami wytypowano te, które charakteryzowały się dobrą odpornością na korozję, biotolerancją oraz odpowiednimi właściwościami mechanicznymi i fizyczno-chemicznymi. Metale stanowią największą grupę materiałów stosowanych na implanty kości, szczególnie na endoprotezy biodra, barku czy łokcia oraz do rekonstrukcji więzadła krzyżowego przedniego (ACL) lub kręgosłupa. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe metalowe implanty firmy LfC Medical stosowane w przypadku uszkodzenia odcinka szyjnego oraz odcinka piersiowego kręgosłupa. W zespoleniach złamań kostnych najczęściej stosuje się płytki i gwoździe meta-





Rys. 1. Implanty metalowe produkowane przez LfC Medical. A - dwufunkcyjny płytko-czop D-Fun-M, B - A-v-s Fixator zaimplantowany w odcinku szyjnym kręgosłupa

lowe, ponieważ jest to stosunkowo prosta technika i może być stosowana praktycznie w przypadku każdego złamania. Jednak ma wiele wad obejmujących m.in. konieczność ułożenia płytki bezpośrednio na kości (może to doprowadzić do uszkodzenia naczyń krwionośnych, powikłań zrostu kostnego) oraz powstawanie efektu przeszywnienia wynikającego z faktu, że stal ma znacznie większy moduł Younga (ok. 220 GPa) niż kość (6–20 GPa) [9]. Powoduje to przejście większości obciążeń przez stal, a tym samym regenerująca się kość otrzymuje znacznie mniejsze obciążenia niż powinna. Skutkiem tego jest wytworzenie kości o mniejszej gęstości, czyli mniej wytrzymałej. W konsekwencji, po usunięciu implantu istnieje możliwość ponownego złamania [10]. Kolejnym problemem jest ubytek w masie kostnej powstały po usunięciu gwoździ i śrub, trudność w usunięciu zespołów, ze względu na ich mocne osadzenie w kości lub kanale śródszpikowym, oraz brak możliwości zastosowania medycznych metod diagnostycznych, takich jak tomografia komputerowa czy rezonans magnetyczny.

Pierwszymi stosowanymi metalami na implanty były stale nierdzewne. W chirurgii kostnej stosuje się również stopy na osnowie kobaltu, które w porównaniu ze stalą nierdzewną charakteryzują się większą biotolerancją, odpornością na korozję oraz zdolnością do repasywacji w płynach fizjologicznych. Jednak najczęściej wykorzystuje się stopy tytanu. W tabeli 1 przedstawiono zastosowanie metali z uwzględnieniem polskich producentów. Na uwagę zasługuje firma Medgal, która jako pierwsza na świecie wprowadziła implanty tytanowe z warstwą silikonową, pokryte nanowarstwą diamentową. Jak informuje producent *wytworzona warstwa cechuje się wysokim stopniem adhezji, tzn. dobrze przylega do implantu, nie pęka oraz nie odwarstwia się podczas przedoperacyjnego modelowania implantu. Warstwa nanokryształicznego diamentu jest odporna na procesy korozji wżerowej, szczelinowej, naprężeniowej oraz zmęczeniowej, występujące w środowisku tkanek i płynów ustrojowych i zachodzące w okresie użytkowania implantu* [11]. Firma Medgal opracowała również tzw. gwoździe śródszpikowe ażurowe, które mają spiralny układ otworów, pozwalający na podanie antybiotyku miejscowo.

### MATERIAŁY CERAMICZNE

Wśród nowoczesnych materiałów implantacyjnych szczególnym zainteresowaniem cieszą się tworzywa bioceramiczne oparte na fosforanach wapnia. Najczęściej stosowane są materiały hydroksyapatytowe (HAp), tzw. whitlockitowe ( $\beta$ -fosforan triwapnia, TCP) oraz dwufazowe (BCP), zawierające hydroksyapatyt oraz  $\beta$ -TCP. HAp jest głównym związkem mineralnym stanowiącym budulec kostny, charakteryzuje się biogodnością i jest biologicznie aktywny, ma właściwości osteokondukcyjne. TCP, podobnie jest HAp, wykazuje aktywność biologiczną, jednak w warunkach *in vitro* ulega zbyt szybkiej resorpcji. Innymi zaletami bioceramiki są m.in. możliwość formowania im-

plantów o różnej porowatości oraz niezmiennosc właściwości i struktury w czasie sterylizacji [5]. Jednak dużym problemem są nieodpowiednie parametry wytrzymałościowe. Materiały te bowiem charakteryzują się zbyt dużą wartością modułu Younga (95 GPa dla HAp), niewystarczającą odpornością na obciążenia cykliczne, są zbyt kruche, aby możliwe było zastosowanie ich w miejscach poddawanych dużym obciążeniami. Z tego powodu materiały ceramiczne są wykorzystywane głównie w stomatologii oraz w chirurgii szczękowo-twarzowej do wypełniania ubytków zębnych i kostnych, jako implanty kostne dna oczodołu lub ucha środkowego (tabela 1). Na polskim rynku dostępnych jest niewiele tego typu preparatów ceramicznych, w porównaniu z rynkiem światowym. Jedynymi polskimi producentami są: Chema-Elektromet, który oferuje preparaty do stomatologii z HAp (HA Biocer) i z HAp i  $\beta$ -TCP (HT Biocer) oraz Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, który w swojej ofercie posiada cement oraz implanty szkło-jonomerowe do stosowania w otolaryngologii (implanty ucha środkowego) i porowate implanty korundowe do wypełniania ubytków kostnych.

### MATERIAŁY POLIMEROWE

Obecnie największym zainteresowaniem wśród materiałów stosowanych w medycynie cieszą się polimery. Są to materiały o szerokim spektrum właściwości mechanicznych oraz fizyczno-chemicznych. Duże możliwości modyfikacji składu, ich właściwości i sposobu przetwarzania stanowią dodatkową zaletę. Polimery są dostępne w wielu formach, takich jak włókna, folie, pianki, kleje, materiały lite i żele. W implantologii kości występują również jako materiały, które sieciują *in situ*, wstrzykiwane do wypełnienia ubytków. Dodatkowe korzystne cechy w ortopedii to przeświecalność dla promieni Roentgena, mały ciężar właściwy, biotolerancja oraz możliwość otrzymania implantów stabilnych lub bioresorbowalnych. Jednak większość polimerów nie wykazuje właściwości bioaktywnych, nie wspomaga kościotworzenia (regeneracja uszkodzonej tkanki kostnej), co obecnie jest jednym z wymogów stawianych nowoczesnym implantom.

Polimery stabilne w porównaniu z innymi materiałami charakteryzują się dużą odpornością korozyjną. Jednak podczas długotrwałego użytkowania może dojść do tzw. starzenia się polimerów, w wyniku którego następuje pogorszenie fizyczno-chemicznych właściwości materiału [12]. W związku z tym tracą one elastyczność, pękają i kruszą się, w wyniku czego zmniejsza się ich wytrzymałość mechaniczna. Przykładami obecnie stosowanych polimerów stabilnych w chirurgii kości są polietylen (PE) oraz polietylen o ultrawysokiej masie molowej (UHMWPE) [13], poli(metakrylan metylu) (PMMA) [14], polisulfon (PSU) [15] i poliuretan (PU) [16] (tabela 2).

Coraz większą wagę przywiązuje się do polimerów resorbowalnych, ponieważ ich zastosowanie nie wymaga powtórnej interwencji chirurgicznej, w miejscu implantacji nie powstaje ubytek w masie kostnej, a podczas stopniowej resorpcji ich wytrzymałość mechaniczna z czasem ulega zmniejszeniu. Szybkość resorpcji powinna być ściśle dopasowana do rodzaju uszkodzenia oraz miejsca implantacji. Należy również uwzględnić, że zbyt szybka degradacja może doprowadzić do miejscowego wzrostu stężenia produktów degradacji, co może spowodować stan zapalny. Z polimerów resorbowalnych wytwarza się śruby, nity i płytki do mocowania złamań kostnych w chirurgii szczękowo-twarzowej. Stosuje się do tego m.in. poli( $\epsilon$ -kaprolakton) (PCL), kopolimer kwasu mlekowego i glikolowego (PLGA) [17, 18], celulozę [19] poli(glikol etylenowy) (PEG) [20], kwas hialuronowy (HA) [21], alginiany (Alg) [22] i PU [23].

Tabela 1. Główne zastosowanie materiałów metalowych, polimerowych i ceramicznych stosowanych na implanty kości

Materiał	Główne zastosowania		Polski producent
Metale	Traumatologia		
	endoprotezy	stabilizatory dynamiczne biodrowy, kłykciowy	ChM, Medgal
		osteosynteza: płytki, druty, klamry, śruby, pręty	ChM, Medgal
		rekonstrukcja ACL: wkręty interferencyjne, podkładki	Medgal
		chirurgia twarzowo-szczękowa: płytki, wkręty	Medgal
		stawu kolanowego, skokowego, nadgarstkowego	-
	endoprotezy	stawu barkowego, biodrowego	Medgal
		stawu łokciowego	ChM
		stawu palca	Silikomet
	kręgosłup	haki, pręty, śruby, klamry, płytki, krążki	LfC, ChM
Stomatologia			
elementy implantów		FUM	
Polimery	Traumatologia		
	osteosynteza chemiczna: kleje, cementy, wypełnienia ubytków kostnych		Medgal
	chirurgia twarzowo-szczękowa: rekonstrukcja kości, korekcje plastyczne		-
	endoprotezy: cementy, elementy protez, np. panewki, implanty stawów palcowych i nadgarstka		-
	kręgosłup: elementy klatek do zespolenia kręgów kręgosłupa		-
	chirurgia plastyczna: korekcja podbródka, nosa		-
	Stomatologia		
implanty, elastyczne wkładki dentystyczne		-	
Ceramika	Traumatologia		
	wypełnienie ubytków kostnych, implanty poddawane niewielkim obciążeniom		Chema-Elektromet, ICMB
	chirurgia twarzowo-szczękowa: implanty dna oczodołu, wypełnienia ubytków po usuniętych torbielach i guzach		Chema-Elektromet, ICMB
	kręgosłup: uzupełnienie trzonów kręgów		-
	Otochirurgia		
	implanty ucha środkowego		ICMB
	Stomatologia		
leczenie miazgi zębowej, głębokich kieszonek kostnych, wypełnienia ubytków kości, zębodołów, szkliwa, dodatek do cementów dentystycznych		Chema-Elektromet, ICMB	

### KOMPOZYTY

Ze względu na trudność wytworzenia materiału jednoskładnikowego, który miałby nie tylko właściwości mechaniczne dopasowane do właściwości mechanicznych kości, ale również właściwości osteokondukcyjne skupiono się na materiałach kompozytowych. Sposób otrzymywania kompozytu, ułożenie faz oraz ich stosunek ilościowy daje duże możliwości sterowania właściwościami mechanicznymi oraz biologicznymi takiego materiału, jak również pozwala na dopasowanie do określonego zastosowania. Połączenie polimerów resorbowalnych o odpowiednich właściwościach mechanicznych z bioaktywną ceramiką wydaje się najlepszym sposobem otrzymania nowoczesnego implantu. Obecnie na rynku dostępnych jest wiele kompozytów do zastosowań w ortopedii, najczęściej są to połączenia metal-polimer, metal-ceramika oraz polimer-ceramika, ale również stosuje się połączenie polimer-polimer oraz kompozyty składające się z trzech komponentów, np. Verilast (cyrkon/ceramika/PE) produkcji Smith & Nephew. W tabeli 2 przedstawiono przykładowe materiały stosowane na implanty kości dostępne na rynku światowym i polskim.

Pierwszymi kompozytami stosowanymi na implanty były połączenia metalu z polimerem lub z ceramiką, których głównym zadaniem była modyfikacja powierzchni metalu, aby poprawić kontakt między tkanką kostną a implantem i umożliwić wytworzenie trwałego połączenia materiał-kość. Stosowane są kompozyty metal-PE lub PMMA oraz metal-HAp lub  $\beta$ -TCP, w tym polski Osteoplant (Ti/HAp, FUM) (tabela 2). Pierwszym kompozytem typu polimer-ceramika (1995 r.) był polietylen z hydroksyapatytem (PE/HAp) zastosowany jako implant ucha środkowego, o handlowej nazwie HAPEX™ [24], wykonany przez Smith & Nephew. Od tamtego czasu na rynek wprowadzono wiele produk-

tów otrzymanych z materiałów kompozytowych polimer-ceramika, np. Pinnacle (DePuy), Biogran (Biomet 3i), w tym z polimerów bioresorbowalnych, np. z celulozy Alphatec Velosity (Alphatec Spine) i kolagenu NexOSS (Alphatec Spine).

### PODSUMOWANIE

Gama materiałów stosowanych na implanty kostne jest bardzo szeroka. Na rynku światowym oferowane są implanty wykonane z metali, bioaktywnej ceramiki, bioresorbowalnych polimerów, jak również z ich połączenia w postaci kompozytów. W ofercie proponowanej przez polskie firmy znajdują się głównie implanty oraz instrumentaria wykonane z metali. Można odnaleźć również metale mające powłokę polimerową oraz implanty ceramiczne, jednak jest ich niewiele. Oferta rynku polskiego nie jest tak bogata jak firm zagranicznych, które oferują implanty nowej generacji. Pomimo dużego zapotrzebowania na implanty, które rośnie z każdym rokiem, duża część asortymentu jest sprzedawana. Wydaje się zatem celowe zintensyfikowanie środowisk naukowych, biotechnologów oraz przemysłu tworzyw sztucznych i ceramicznego, aby tę sytuację w Polsce poprawić. W omawianej dziedzinie Polska ma ogromny potencjał naukowy, jednak w zbyt małym stopniu wykorzystany jeszcze przez przemysł.

### LITERATURA

- [1] Statystyka JGP, <https://prog.nfz.gov.pl/APP-JGP/KatalogJGP.aspx>, dostęp: październik 2014.
- [2] T.S. Gaździk: Ortopedia i traumatologia, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1998.
- [3] S. Ramakrishna, J. Mayer, E. Wintermantel, K.W. Leong: Comp. Sci. Technol. 2001, 61, 1189.



Tabela 2. Przykładowe materiały obecnie stosowane na implanty kości dostępne na rynku światowym i polskim

Materiał	Producent implantów (nazwa handlowa)	Kraj	
Metale	stal nierdzewna	Sulzer (Protasul)	Szwajcaria
		DePuy (Synthes LCP)	USA
		Medgal (FENIX)	Polska
	stopy o osnowie kobaltowej	Biomet (Stanmore)	UK
		DePuy (Orthochrome)	USA
		ChM	Polska
	stopy tytanu (Ti)	Biomet (Bi-Metric)	WB
		FUM (System SOS)	Polska
		ChM (Charspine)	Polska
		LfC Medical	Polska
Ceramika	HAp	Dentsply Friadent (Osteograft)	Niemcy
		CeramTec (Osprovit)	Niemcy
		Biomet (Endobon)	WB
		Pentax (Apaceram)	Japonia
		Chema-Elektromet (HA Biocer)	Polska
	HAp i $\beta$ -TCP	Straumann (Straumann Bone Ceramic)	Szwajcaria
		Biomet (Calcibon)	WB
		Stryker (BoneSave)	USA
		MIS Implants (4 Bone)	USA
		Chema-Elektromet (HT Biocer)	Polska
	$\beta$ -TCP	DePuy (ChronOS)	USA
		Curasan AG (Cerasorb)	Niemcy
Polimery	PLGA	Ghimas (Fisiograft)	Włochy
	PE	DePuy (AltrX)	USA
<b>Kompozyty</b>			
Metal-ceramika	Ti/HAp	FUM (Osteoplast)	Polska
	Ti-6Al-4V/HAp	Stryker	USA
	cyrkon/ ceramika	Smith & Nephew (Oxinium)	WB
Metal-ceramika-polimer	cyrkon/ceramika/ PE	Smith & Nephew (Verilast)	WB
Metal-polimer	metal/PMMA	Stryker	USA
	metal/PE	Smith & Nephew (Birmingham HIP)	WB
	Co-Cr-Mo/Ti-6Al-4V/ UHMWPE	Smith & Nephew (GENESIS II Knee System)	WB
	metal/PE	DePuy (MultiLoc Humeral Nail)	USA
Polimer-ceramika	PE/HAp	DePuy (PINNACLE)	USA
	kolagen/HAp	Alphatec Spine (NexOSS)	USA
	żel krzemionkowy/fosforan wapnia	Biomet 3i (Biogran)	USA
	celuloza/fosforan wapnia	Alphatec Spine (Alphatec Velosity)	USA
Polimer-polimer	PLGA/HA	Isto Technologies (InQu)	USA
	SMM/PMMA	Stryker	USA

- [4] Y.C. Fung, Biomechanics. Mechanical properties of living tissues, Springer-Verlag Inc., New York 1993.
- [5] L.L. Hench, J. Am: Ceram. Soc. 1991, 74, 1487.
- [6] Anonim, The Orthopaedic Industry Annual Report, Ortho-world, maj 2014.
- [7] Anonim, Strategic insight into the orthopedic industry, Orthoknow, 2012, 1.
- [8] Anonim, Orthopedic Design Technol. Mag., <http://www.odtmag.com/articles/2014/08/the-top-10>, dostęp: listopad 2014.
- [9] L. Polo-Corrales, M. Latorre-Estevés, J.E. Ramirez-Vick, J. Nanci. Nanotechnol. 2014, 14, 15.
- [10] Praca zbiorowa High performance biomaterials, (red. M. Szycher), Technomic Publ., Lancaster (USA) 1991.
- [11] J. Grabarczyk, I. Kotela, J. Achiev: Mater. Manuf. Eng. 2009, 37, 277.
- [12] I. Gibas, H. Janik: Pol. J. Appl. Chem. 2009, 53, nr 1, 9.
- [13] GUR® UHMW-PE, Celanese Co., Texas, USA, prospekt firmowy.
- [14] Pat. USA 20130053898 (2011).

- [15] Pat. USA 8374697 B2 (2007).
- [16] Pat. USA 8338498 B2 (2010).
- [17] Pat. europ. 2629780 A2 (2010).
- [18] Pat. USA 20110218646 A1 (2008).
- [19] Pat. USA 20020137812 A1 (2001).
- [20] Pat. USA 8545864 B2 (2005).
- [21] Pat. świat. 2006038056 A1 (2004).
- [22] Pat. USA 20140186459 A1 (2013).
- [23] Pat. USA 20140178328 A1 (2010).
- [24] A.G. Meijer, H.M. Segenhout, F.W. Albers, H.J. van de Want, ORL J. Otorhinolaryngol. Relat. Spec. 2002, 64, nr 3, 173.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny” 94/2 (2015), s. 182–185.

**prof. dr hab. inż. Helena Janik**  
**mgr inż. Michalina Marzec**  
 Politechnika Gdańska

## Wstęp do badań

# Hydrożele – innowacyjne materiały opatrunkowe – cz. 1

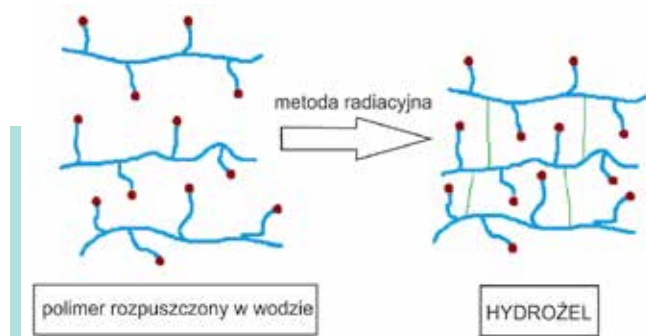
Klaudia Kubowicz, Marta Piątek-Hnat

Przez lata naukowcy definiowali hydrożele na wiele różnych sposobów. Są to materiały hydrofilowe, zbudowane z długich łańcuchów polimerowych tworzących trójwymiarową sieć (rys. 1), które wykazują zdolność pęcznienia i zatrzymywania znacznej części wody w swojej strukturze, a jednocześnie się w wodzie nie rozpuszczają. Ich szczególne właściwości pozwalają na ich szerokie zastosowanie w obszarach przemysłowych i środowiskowych. Posiadają one stopień elastyczności podobny do naturalnej tkanki ludzkiej, dlatego są również szeroko stosowane w medycynie.

Od zawsze ludzkość mierzy się z problemami leczenia ran. Wiąże się to niekiedy z ogromnym bólem, krwawieniem, sączeniem się i innymi niedogodnościami powstającymi w fazie gojenia. Wyróżniamy wiele różnych rodzajów opatrunków (rys.3), których zadaniem jest zapewnienie prawidłowej termoregulacji, odpowiedniej wilgotności, lekko kwaśnego odczynu, który ma działanie bakteriostatyczne, a także zapewnienie właściwej wymiany gazowej między raną a otoczeniem.

Opatrunki hydrożelowe charakteryzują się utrzymaniem rany w stanie wilgotnym, co znacząco przyspiesza proces gojenia oraz umożliwia bezbolesną zmianę opatrunku (rys.4A). Trójwymiarowa struktura, którą charakteryzują się hydrożele, wspomaga tworzenie bariery ochronnej przed zakażeniem. Opatrunek tego rodzaju umożliwia pochłonięcie wysięku wraz z zanieczyszczeniami, co sprawia, że rana jest oczyszczana na bieżąco (rys.4B). Dodatkowo materiał ten stanowi warstwę przepuszczalną dla tlenu, co sprzyja regeneracji komórek. Jednak największymi zaletami opatrunków hydrożelowych jest fakt, że są one nieantygenne, niealergizujące, łatwe w stosowaniu i produkcyi oraz podatne na różnego rodzaju modyfikacje ulepszające ich właściwości.

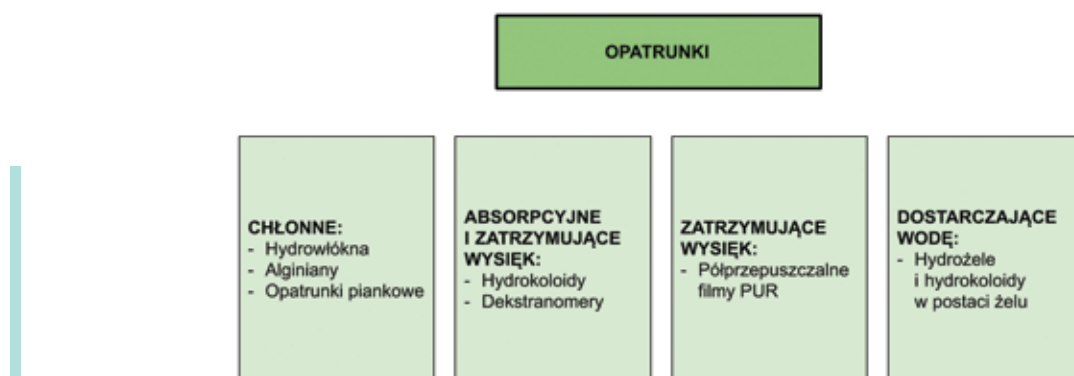
Tematem innowacyjnych opatrunków hydrożelowych zajęli się studenci Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, którzy w ramach działalności w kole naukowym „Alpha- Reaktywni” rozpoczęli projekt mający na celu znalezienie najlepszego hydrożelu, który będzie posiadał wszystkie zalety



Rys. 1. Schemat otrzymywania hydrożelu

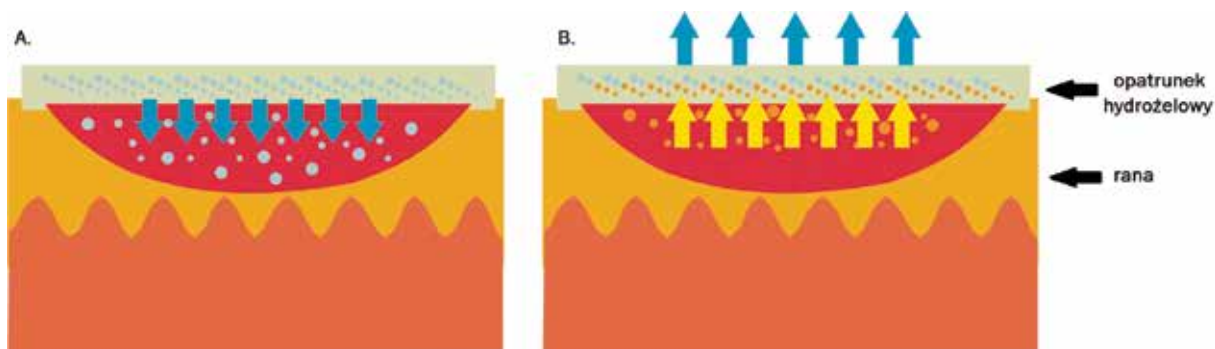


Rys. 2. Podział hydrożeli



Rys. 3. Rodzaje opatrunków





Rys. 4. Działanie opatrunku hydrożelowego na różnego rodzaju rany: A. sucha rana; B. rana z wysiękiem

opatrunku hydrożelowego, a jednocześnie jego modyfikacja wpływa na szybsze gojenie ran.

**LITERATURA**

[1] K. Bialik-Wąs, K. Pieliowski: Polimerowe opatrunki hydrożelowe dla zastosowań biomedycznych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Czasopismo Techniczne.  
 [2] M.A. Enas: Hydrogel: Preparation, characterization, and application: A review. Cairo University Journal of Advanced Research.

[3] J.M. Rosiak: Hydrogel Dressingd HDR, in Radiation Effects on Polymers, Eds. R. Clough and S.Shalby, ACS Book, Washington D.C.

**dr inż. Marta Piątek-Hnat**

**Klaudia Kubowicz** – studentka, koło naukowe Alpha-Reaktywni Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

REKLAMA

**WYROBY medyczne**

- materiały polimerowe w medycynie,
- materiały jednorazowe,
- aparatura i instrumenty medyczne,
- przegląd rynku,
- rozwiązania IT,
- targi i konferencje.

Zapraszamy do prenumeraty.  
 e-wyrobymedyczne.pl

# Biodegradowalne elastomery termoplastyczne z udziałem polilaktydu

Izabela Irska, Elżbieta Piesowicz, Zbigniew Rostaniec

Ze względu na korzystne cechy, takie jak: wysoka wytrzymałość, podatność na rozkład hydrolityczny i biogodność, polilaktyd (PLA) jest jednym z najbardziej popularnych poliestrów do zastosowań biomedycznych. Jest jednak materiałem sztywnym, kruchym, o niskiej temperaturze ugięcia pod obciążeniem (HDT – temperatura, w której ugięcie przyjmuje założoną wartość) i małym wydłużeniu względnym przy zerwaniu. W celu poszerzenia zakresu zastosowań PLA jest konieczna poprawa tych właściwości. W ciągu ostatnich lat opracowano wiele nowych rozwiązań, które pozwalają na uzyskanie materiałów zawierających PLA o polepszonych, dostosowanych do konkretnego zastosowania właściwościach. Na podstawie doniesień literaturowych omówiono wyniki dotychczasowych badań elastomerów termoplastycznych z udziałem biodegradowalnego polilaktydu. Zaprezentowano różne podejścia mające na celu otrzymanie materiałów o kontrolowanych właściwościach mechanicznych i biologicznych, uwzględniając metody kopolimeryzacji i reaktywnego mieszania. Celem niniejszej pracy jest przybliżenie wiedzy w dziedzinie syntezy, właściwości i potencjalnych zastosowań elastomerów termoplastycznych z udziałem PLA.

Polimery biodegradowalne są obecnie szeroko stosowane w produkcji specjalistycznych materiałów biomedycznych. Szczególnie obiecujące są polimery wytwarzane metodą syntezy chemicznej z wykorzystaniem surowców odnawialnych, będące jednocześnie materiałami biodegradowalnymi. Do tej grupy należy polilaktyd (PLA). Podstawową jednostką PLA jest kwas mlekowy (kwas 2-hydroksypropionowy) (LAc), występujący w postaci optycznie czynnych L(+) i D(-) enancjomerów – cząsteczek chemicznych będących wzajemnym odbiciem lustrzanym (rys. 1).

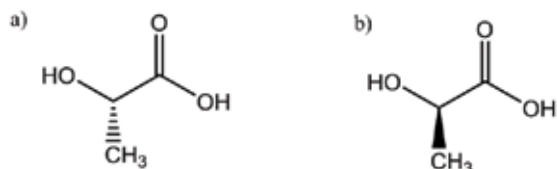
Polilaktyd jest otrzymywany w procesie syntezy chemicznej lub poprzez fermentację węglowodanów pozyskiwanych z ziemniaków, kukurydzy, buraków cukrowych, trzciny cukrowej, a także biomasy o charakterze odpadowym [1, 2]. Cykliczny dimer kwasu mlekowego – laktyd (3,6-dimetylo-1,4-dioksan-2,5-dion) (LA) otrzymuje się metodą depolimeryzacji oligomerów kwasu mlekowego w wysokiej temperaturze i pod obniżonym ciśnieniem. Dzięki obecności dwóch asymetrycznych atomów węgla w cząsteczce, laktyd występuje w trzech postaciach: D,D-dilaktyd, L,L-dilaktyd i D,L-dilaktyd [3, 4] (rys. 2).

PLA o dużej masie molowej jest otrzymywany z kwasu mlekowego różnymi metodami. Jedną z nich jest polimeryzacja z otwarciem pierścienia cyklicznego laktydu. Taka metoda pozwala na uzyskanie polimeru o dużej masie cząsteczkowej i dobrych właściwościach mechanicznych, który jednak, ze względu na złożoność procesu, wymaga dodatkowego oczyszczania, generując tym samym znaczne koszty. Metoda polegająca na bezpośredniej polikonden-

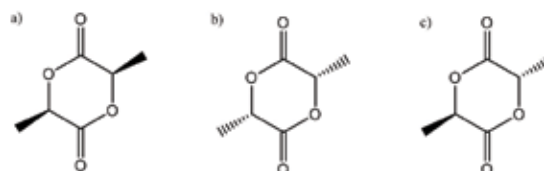
sacji kwasu mlekowego skutkuje często otrzymaniem PLA o małej masie cząsteczkowej i gorszych właściwościach mechanicznych. Trzecim sposobem jest polikondensacja kwasu mlekowego z dodatkiem monomerów dwufunkcyjnych (dioli, dwukwasów), prowadząca do uzyskania polimeru z reaktywnymi grupami końcowymi (makromeru telechelicznego), jego usieciowanie pozwala na uzyskanie PLA o dużej masie molowej [1, 2, 4].

Właściwości mechaniczne, termiczne, a także podatność PLA na biodegradację w dużym stopniu zależą od jego masy cząsteczkowej oraz proporcji poszczególnych stereoizomerów laktydu. Skład PLA można stosunkowo łatwo regulować poprzez odpowiedni dobór i polimeryzację stereokopolimerów z D,D-laktydu, L,L-laktydu, D,L-laktydu lub mezo-laktydu [5].

Cechą geometryczną powodującą, że cząsteczka wyjściowa i jej lustrzane odbicie nie są identyczne jest chiralność. Czysty, homochiralny (L-PLA lub D-PLA), izotaktyczny PLA charakteryzuje się temperaturą topnienia w zakresie 170-180°C i temperaturą zeszklenia ( $T_g$ ) ok. 55°C. Ataktyczny PLA (heterochiralne łańcuchy L,D-PLA o bezładnym rozkładzie jednostek D i L) jest polimerem amorficznym ( $T_g$  ok. 60°C). Mieszanina izotaktycznych łańcuchów homopolimerów: L-PLA i D-PLA prowadzi do utworzenia stereokompleksu D-PLA/L-PLA, którego temperatura topnienia wynosi około 240°C. Wytrzymałość na rozciąganie PLA o małej masie cząsteczkowej utrzymuje się w granicach od 30 MPa (w przypadku homopolimeru L-PLA) do 50 MPa (w przypadku stereokompleksu 1:1). Wytrzymałość na rozciąganie polilaktydu o dużej masie cząsteczkowej, w postaci zorientowanych włók-



Rys. 1. Kwas L(+)-mlekowy (a), kwas D(-)-mlekowy (b)



Rys. 2. D,D-dilaktyd (a), L,L-dilaktyd (b), D,L-dilaktyd (mezo-laktyd) (c)



kien osiąga wartość nawet do 1 GPa [3, 5]. Ponadto PLA ma mały indeks refrakcji (stosunek prędkości światła w powietrzu i w danym materiale), wykazuje wysoką odporność na działanie promieni UV i tłuszczów, co umożliwia wykorzystanie go w przemyśle opakowaniowym, również do produktów spożywczych [4].

Obecność zawady sterycznej w postaci bocznych grup  $-CH_3$  pozwala na zachowanie hydrofobowego charakteru PLA w temperaturze pokojowej [6]. W warunkach kompostowania polilaktyd wystawiony na działanie podwyższonej temperatury i wilgoci hydrolizuje, a powstałe półprodukty ulegają rozkładowi przez mikroorganizmy do metabolitów:  $CO_2$ ,  $H_2O$  i  $CH_4$ . Szybkość degradacji PLA silnie zależy od masy molowej, składu stereochemicznego, grup końcowych, a także kształtu i historii termicznej próbki. Hydrolityczna degradacja PLA do kwasu mlekowego może trwać od kilku tygodni (PLA amorficznego) do kilku lat (PLA krystalicznego), zależnie od zawartości fazy krystalicznej [3, 5, 7].

Biozgodność, doskonała przejrzystość, duża wytrzymałość na rozciąganie i duży moduł sprężystości czynią PLA jednym z najbardziej obiecujących materiałów do produkcji ekologicznych termoplastycznych tworzyw polimerowych [8]. Zastosowania biomedyczne PLA obejmują produkcję bioresorbowalnych nici chirurgicznych, opatrunków, siatek chirurgicznych oraz implantów, zarówno stałych, jak i okresowych. Polilaktyd stosuje się również w farmacji w systemach do kontrolowanego dostarczania i uwalniania leków. Prowadzone są intensywne badania nad możliwością jego wykorzystania w inżynierii tkankowej, jako materiału na rusztowania w hodowli komórek. W każdym przypadku konieczne jest dostosowanie właściwości mechanicznych i biologicznych materiału do jego przewidywanej funkcji. Szczególnie wysokie wymagania pod względem doboru materiałów stawia medycyna regeneracyjna. Potencjalne materiały do zastosowań w regeneracji tkanek miękkich muszą być biokompatybilne i degradować z kontrolowaną szybkością, dostosowaną do szybkości regeneracji tkanki. W celu zachowania integralności układu materiały na rusztowania muszą mieć właściwości zbliżone do właściwości komórek natywnych (naturalnych), ułatwiać ich adhezję i proliferację (namnażanie komórek). Konieczne jest, by materiały na potrzeby inżynierii tkankowej można było łatwo przetwarzać do postaci stabilnych, porowatych struktur 3D [9, 10].

Mimo licznych zalet PLA jest materiałem sztywnym, kruchym (brak odporności na obciążenia dynamiczne), o małej odporności na przenikanie gazów (np. tlenu, dwutlenku węgla), niskiej wartości temperatury ugięcia pod obciążeniem i małym wydłużeniu względnym przy zerwaniu. W wielu przypadkach, szczególnie dotyczy to implantów, konieczna jest poprawa tych właściwości [11–14]. W ciągu ostatnich lat opracowano szereg nowych metod syntezy [15], modyfikacji, w tym: plastyfikacji [11, 12, 16, 17], kopolimeryzacji [13, 18–21] lub wprowadzania domieszek [22–24], które pozwalają na uzyskanie materiałów z udziałem PLA o polepszonych, dostosowanych do konkretnego zastosowania właściwościach.

### KOPOLIMERY

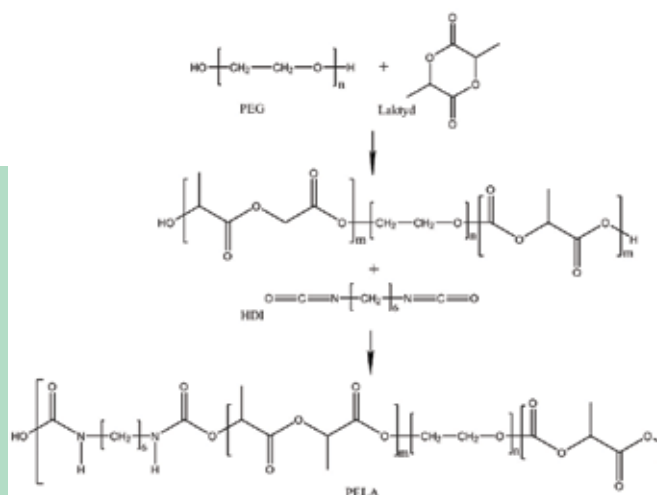
Jedną z metod prowadzących do poprawy właściwości polilaktytu jest kopolimeryzacja laktydu z innymi monomerami. Otrzymany w ten sposób kopolimer będzie łączył właściwości obu komponentów [1]. Obecność segmentów sztywnych polilaktytu pozwoli na degradację hydrolityczną, a wprowadzenie fazy miękkiej w postaci amorficznego polimeru o niskiej wartości  $T_g$ , wpłynie na zwiększenie elastyczności materiału [13]. W elastomerach termoplastycznych (TPE) bloki miękkie i sztywne tworzą odrębne fazy; dzięki występowaniu takiej heterofazowej struktury TPE charakteryzują się właściwościami elastycznymi [18,

25, 26]. Dodatkową zaletą tego typu materiałów jest możliwość sterowania przebiegiem syntezy, poprzez różnorodne zmiany ilości i rodzaju substratów, w celu uzyskania szerokiego zakresu właściwości fizykochemicznych i mechanicznych. Liczne doniesienia i opracowania technologiczne dotyczą kopolimeryzacji laktydu lub kwasu mlekowego, szczególnie syntezy kopolimerów blokowych i statystycznych z zastosowaniem poli(tlenku etylenu) (PEO) [13], poliizoprenu (PI) [18, 19], węglanu trimetyleny (TMC) [21], poli( $\epsilon$ -kaprolaktonu) (PCL) [27–30], (–)-mentolu (PM) [20].

Poli(tlenek etylenu) jest dobrze rozpuszczalny w wodzie, polarnych rozpuszczalnikach organicznych, jest biozgodny, biodegradowalny, a produkty jego rozkładu są łatwe do usunięcia z organizmu. Dodatkową zaletą PEO jest zdolność do tworzenia hydrożeli, co ma ogromne znaczenie w zastosowaniach biomedycznych, szczególnie w stanie po implantacji, w celu zapobiegania niekorzystnej adsorpcji białek na powierzchni implantu, mogącej prowadzić do tworzenia zakrzepów.

Cohn i Salomon [13] zaprezentowali w swojej pracy metodę dwuetapowej syntezy multiblokowych kopolimerów z udziałem PLA. Pierwszym etapem jest synteza kopolimerów PLA-PEO-PLA poprzez polimeryzację z otwarciem pierścienia L-laktydu, inicjowana przez grupy  $-OH$  glikolu polietylenowego. Następny etap obejmuje przedłużanie łańcucha za pomocą HDI (diizocyjanianu 1,6-heksylenu), a tym samym wbudowanie do łańcucha grup uretanowych. Sposób otrzymywania opisanych kopolimerów PLA-PEO-PLA (nazwanych przez autorów skrótowo PELA) przedstawia schemat (rys. 3) [13].

Poprzez zmianę ilościową składu uzyskano dwie serie kopolimerów. W pierwszej serii otrzymano kopolimery o wzrastającej długości/masie bloków polilaktydowych w stosunku do bloków PEO lub wzrastającej długości/masie bloków PEO względem PLA. Druga seria obejmowała kopolimery o różnej długości bloków PEO i PLA, przy zachowaniu stałego stosunku jednostek EO/LA. Określono wpływ udziału segmentów PEO i PLA na przemiany fazowe zachodzące w poszczególnych fazach kopolimeru. Wykazano, że długości bloków PEO i PLA wpływają na przemiany fazowe, np. PEO hamuje krystalizację bloków PLA zbudowanych z mniej niż 36 jednostek laktydowych. Różnice w morfologii wpływają na właściwości mechaniczne kopolimerów, im dłuższy jest łańcuch PEO, tym większa jest podatność tego bloku na krystalizację i tym sztywniejszy otrzymujemy materiał. Wartości modułu Younga kopolimerów ze wzrastającą długością łańcuchów PEO zmieniają się w szerokim zakresie od 18 MPa (PELA 3200/1300) do 220 MPa (PELA 10000/1300). Zależnie od dłu-



Rys. 3. Synteza i struktura kopolimerów blokowych PELA [13]

gości bloków PEO/PLA można otrzymać materiały amorficzne, z jedną bądź dwiema fazami krystalicznymi, o kontrolowanych właściwościach mechanicznych.

Liczne prace dotyczą kopolimeryzacji PLA z poli( $\epsilon$ -kaprolaktonem) (PCL), mającej na celu otrzymanie kopolimerów o właściwościach elastomerów termoplastycznych. Biodegradowane, multiblokowe elastomery opisane w [29] otrzymano na drodze przedłużania łańcucha pomiędzy oligomerami PCL i PLA za pomocą HDI (diizocyjanianu 1,6–heksylenu). Po rozpuszczeniu PCL i PLA w 1,4-dioksanie w podwyższonej temperaturze i po wprowadzeniu HDI (zachowując stosunek molowy OH:NCO=1:3) reakcję prowadzono w atmosferze azotu, w temperaturze 82°C przez 4 h. Otrzymano serię kopolimerów o zróżnicowanym stosunku bloków PCL do PLA. Dla porównania zsyntezowano i zbadano serię materiałów bez użycia przedłużacza łańcucha. Różnice między układami PCL/PLA a tymi samymi materiałami z przedłużaczem łańcucha można zaobserwować już na mikrofotografiach SEM. Na zdjęciach kopolimeru bez HDI widoczne są dwie, zwykle rozseparowane fazy, wskazujące na słabe oddziaływania PCL-PLA. Takiego efektu nie zaobserwowano w przypadku kopolimerów syntezowanych z przedłużaczem łańcucha. Może to świadczyć o reakcji zachodzącej między grupami hydroksylowymi i karboksylowymi pochodzącymi od PCL i PLA a grupami izocyjanianowymi. Wprowadzenie HDI poprawia również właściwości mechaniczne i termiczne kopolimerów. Zaobserwowano, że wzrost zawartości segmentów PCL podwyższa temperaturę degradacji układów PCL/PLA. Układem korzystnym z punktu widzenia zastosowań w medycynie i technice jest kopolimer PCL/PLA o udziale masowym 80/20, o module Younga  $2,7 \pm 0,7$  MPa i wydłużeniu względnym przy zerwaniu ok. 790%.

Kopolimeryzacja PLA z PCL jest interesującym zagadnieniem, nad którym pracuje wiele zespołów badawczych. Zależnie od doboru substratów i parametrów syntezy otrzymano już kopolimery z udziałem PLA i PCL o różnej budowie: statystyczne [31]; multiblokowe: PLA-PCL [27, 29], PLLA-PCL [30]; trójblokowe PLLA-PCL-PLLA [30], a nawet gwiaździste (SCP) [32].

Syntezowano i badano także kopolimery z udziałem poliizoprenu [18, 19], w których substratem był funkcjonalizowany  $\epsilon,\omega$ -dihydroksypoliizopren (HO-PI-OH). Syntezę kopolimerów trójblokowych PLA-PI-PLA prowadzono w dwóch etapach. W pierwszym do roztworu OH-PI-OH w toluenie wprowadzono  $Al(iOPr)_3$  (triizopropanolan glinu), w celu utworzenia makroinicjatora; reakcję prowadzono przez 20 h w 120°C, pod chłodnicą zwrotną, w atmosferze azotu. Następnie do mieszaniny reakcyjnej wprowadzono laktyd i proces kontynuowano przez 4 h. Schemat przebiegu syntezy przedstawiono na rys 4.

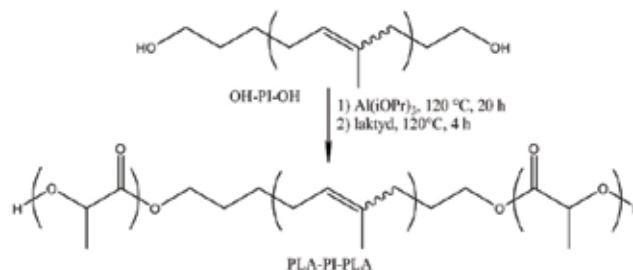
Badania tych kopolimerów przeprowadzone metodą DSC potwierdzają spodziewaną separację mikrofazową, na termogramach pojawiają się dwie charakterystyczne temperatury zeszklenia – w obszarze niskotemperaturowym charakterystyczna dla segmentów PI ( $T_g$  około  $-60^\circ C$ ). W granicach  $52-61^\circ C$  można zauważyć przegięcie związane z temperaturą zeszklenia bloków PLA. Otrzymane kopolimery mają zróżnicowaną morfologię: sferyczną, cylindryczną lub lamelarną, a tym samym charakteryzują się odmiennymi właściwościami mechanicznymi. Duże wartości wydłużenia przy zerwaniu wykazują kopolimery o morfologii cylindrycznej ( $650 \pm 70$  %), natomiast największa wytrzymałość na rozciąganie ( $10,1 \pm 1,8$  MPa) charakteryzuje materiały o morfologii lamelarniej.

A. Pęgo i współpracownicy [9, 21] jako materiał do kopolimeryzacji z laktidem wybrali węgiel trimetylenu (TMC) – alifatyczny monomer o temperaturze zeszklenia  $-15^\circ C$ . Statystyczne kopolimery D,L-dilaktidu (DLLA) i TMC otrzymano poprzez polimeryzację blokową z otwarciem pierścienia, w temperaturze  $130^\circ C$ , wobec

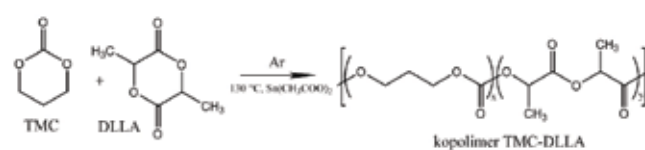
octanu cyny ( $Sn(CH_3COO)_2$ ) jako katalizatora. Doświadczalnie ustalono optymalny czas reakcji, który w powyższych warunkach wynosił 3 dni. Schemat syntezy przedstawiono na rys. 5.

Przygotowano serię kopolimerów z udziałem TMC w zakresie 20–79% molowych. Na podstawie analizy właściwości termicznych wykazano, że uzyskane kopolimery nie krystalizują, a wzrost zawartości bloków DLLA powoduje podwyższenie  $T_g$  w sposób liniowy w zakresie od  $-17^\circ C$  (czystego PTMC) do  $53^\circ C$  czystego PDLLA (rys. 6).

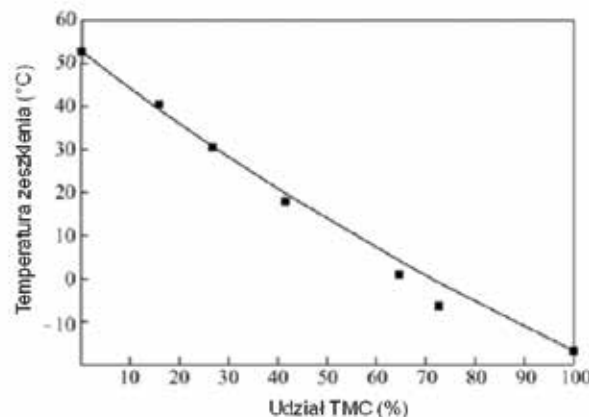
Właściwości mechaniczne TMC-DLLA zależą od udziału TMC. Największy moduł Younga (1900 MPa) i najmniejsze wartości wydłużenia (7%) zarejestrowano dla kopolimerów zawierających 20% TMC. Optymalne właściwości, biorąc pod uwagę stosunek wytrzymałości do elastyczności, ma układ z zawartością 50% TMC (moduł Younga  $E = 16$  MPa, wytrzymałość na rozciąganie  $TS = 10$  MPa i wydłużenie przy zerwaniu  $E_b = 570\%$ ). Wszystkie materiały zawierające powyżej 50% mol. TMC mają małą wytrzymałość i łatwo ulegają nieodwracalnym odkształceniom. Pomiary kąta zwilżania i pęcznienia w wodzie pozwoliły autorom na stwierdzenie, że wszystkie otrzymane materiały są hydrofobowe (pęcznienie  $< 1,5\%$ ), co ostatecznie może mieć wpływ na wydłużenie czasu resorpcji [21]. Badania degradacji TMC-DLLA o 20- i 50-proc. zawartości TMC prowadzone w symulowanych warunkach fizjologicznych wykazały, że kopolimer jest całkowicie resorbowalny w ciągu 11 miesięcy, przy czym zachowuje swo-



Rys. 4. Synteza kopolimerów PLA-PI-PLA na podstawie  $\alpha,\omega$ -dihydroksypoliizoprenu [18]



Rys. 5. Schemat syntezy statystycznych kopolimerów TMC-DLLA [21]



Rys. 6. Właściwości termiczne kopolimerów TMC-DLLA w funkcji udziału TMC [21]



je właściwości mechaniczne maksymalnie do 5 miesięcy [9]. Potencjalne zastosowanie kopolimerów TMP-DLLA obejmuje przygotowanie rusztowań do hodowli komórkowych tkanek miękkich, w tym komórek tkanki serca – kardiomiocytów. W prosty sposób, poprzez prasowanie w obecności kryształów soli NaCl, a następnie ich wymycie, można uzyskać struktury 3D o wybranym rozmiarze porów. Na tak przygotowanych rusztowaniach z TMC-DLLA (20/80 % mol.) skutecznie udało się już adsorbować i namnażać komórki mięśnia sercowego szczura [9].

W celu poszerzenia zakresu zastosowań PLA C. Wanamaker i inni [20] zsyntezowali kopolimer trójblokowy typu ABA z udziałem bloków PM (polimentolu). PM jest polimerem amorficznym, niekryształującym o niskiej temperaturze zeszklenia ( $T_{gPM}$  około  $-25^{\circ}C$ ), co czyni go doskonałym materiałem do wykorzystania w TPE. PM otrzymano przez syntezę z (-)-mentolu – naturalnego olejku uzyskanego z mięty pieprzowej. W pierwszym etapie (-)-mentol utleniono do laktonu (mentolakton) [20, 33]. Polimeryzację z otwarciem pierścienia prowadzono w kolbie, z dodatkiem glikolu dietylenowego (DEG) i katalizatora cynkowego ( $Zn(C_2H_5)_2$ ), otrzymując  $\epsilon,\omega$ -funkcjonalizowany PM. Temperaturę reakcji utrzymywano na stałym poziomie  $100^{\circ}C$  przez 4,5 h - do osiągnięcia 73% konwersji monomeru. Kopolimeryzację PM z D,L-laktydem prowadzono w obecności katalizatora  $AlEt_3$  (trietyloglin) w temperaturze  $90^{\circ}C$  przez 50 min. Schemat syntezy przedstawiono na rys. 7 [20].

Zsyntezowano kopolimery ze zróżnicowaną zawartością merów LA w przedziale 20–50% mas. Na termogramach DSC zaobserwowano występowanie dwóch temperatur zeszklenia,  $T_g$  charakterystyczna dla bloków PM około  $-22^{\circ}C$  i  $T_g$  pochodząca od bloków PLA w zakresie  $20-51^{\circ}C$  (zależnie od udziału bloków PLA). W kopolimerach PLA-PM-PLA występuje więc charakterystyczna dla TPE separacja mikrofazowa, potwierdzona również metodą SAXS (niskokątowego rozpraszania rentgenowskiego). W porównaniu z klasycznymi elastomerami termoplastycznymi PLA-PM-PLA mają małą wytrzymałość na rozciąganie w granicach  $1,7 \pm 0,1$  MPa. Osiągają jednak imponujące wartości wydłużenia względnego przy zerwaniu  $960 \pm 60\%$ , pod tym względem nie różnią się od handlowych TPE, uzyskiwanych ze źródeł nieodnawialnych. Ponadto wykazują większe wartości wydłużenia niż opisywane TPE z udziałem polilaktydu na podstawie PI (650%) [19] i PHB (200%) [34]. Monomery PLA i PM oraz kopolimery PLA-PM-PLA o różnym udziale masowym PLA poddano badaniom hydrolytycznej degradacji w symulowanych warunkach fizjologicznych (w buforze fosforanowym o  $pH = 7,4$  i temperaturze  $37^{\circ}C$ ) [7]. Potwierdzono biodegradowalność wszystkich badanych materiałów, przy czym blokiem silnie podatnym na degradację jest PLA. Warto zauważyć, że zaproponowane kopolimery, mimo degradacji trwającej 21 tygodni, są w stanie zachować większość właściwości mechanicznych charakterystycznych dla elastomerów termoplastycznych [7].

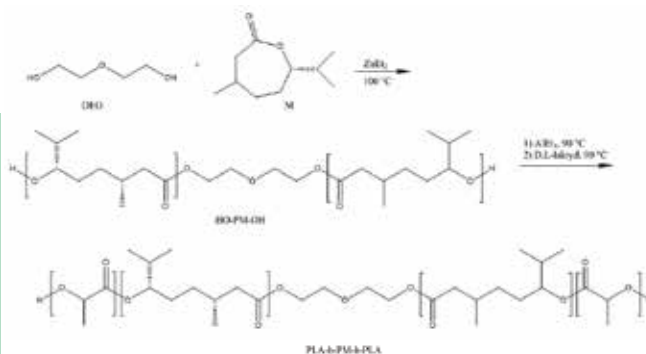
### WULKANIZATY TERMOPLASTYCZNE (TPE-V)

Jedną z technik otrzymania materiałów polimerowych o pożądanym właściwościach jest tworzenie mieszanin polimerów. Pozytywny wpływ na właściwości PLA może mieć już samo domieszkowanie polilaktydu za pomocą np. kauczuku naturalnego (NR) [22, 23]. Cząstki kauczuku rozproszone w osnowie termoplastycznej zwiększają absorpcję energii, tym samym prowadząc do poprawy udarności układu. Niezależne badania prowadzone przez zespoły N. Bitinsa [22] i K. Pongtanayuta [23] wykazały, że optymalna zawartość NR, która może zmniejszyć kruchość PLA, wynosi 10%. NR rozproszony w takiej ilości korzystnie wpływa na właściwości fizyczne PLA. Odnotowano wzrost wydłużenia przy zerwaniu z 5% (samego PLA) do 200% (polilaktydu domieszko-

wanego 10% NR). Dodatek NR w takiej ilości nie wpływa też negatywnie na przejrzystość materiału [22]. Uzyskane wyniki badań mieszanek PLA/NR wskazują jednak na brak zgodności faz, w celu dalszej poprawy ich właściwości konieczne jest znalezienie odpowiednich kompatybilizatorów. Alternatywą jest reaktywne mieszanie połączone z sieciowaniem elastomeru zdysperwowanego w osnowie polimerowej. Sieciowaniu kauczuku towarzyszy zmiana morfologii z dwuciągłej na tzw. morfologię kropelkową [35, 36]. Mimo że wulkanizaty termoplastyczne (TPE-V) zawierają fazę już zwulkanizowanego kauczuku, to obecność ciągłej osnowy termoplastycznej pozwala na ich przetwarzanie z zastosowaniem technologii dostępnych dla termoplastów, takich jak: wtryskiwanie, wytłaczanie czy formowanie z rozdmuchem [37].

W literaturze można znaleźć przykłady TPE-V z udziałem PLA i NR dynamicznie sieciowanych za pomocą nadtlenuków. Po raz pierwszy takie rozwiązanie zastosował Y. Chen i współpracownicy [38]. Wulkanizaty PLA/NR z udziałem 35 lub 60% mas. NR zostały przygotowane przez reaktywne mieszanie w komorze mieszalnika (Haake Rheocord 90) z prędkością 60 obr. na min, w temp.  $150^{\circ}C$ . Reakcję prowadzono w obecności stabilizatora termicznego, Irganoxu 1010 (tetra-[3-(3,5-di-t-butylo-4-hydroksyfenylo)] propionianu pentaerytrytu), przy czym jako środka sieciującego użyto nadtlenuku dikumylu (NDK). Tak uzyskane wulkanizaty PLA/NR mają zaskakujące właściwości pamięci kształtu (odwracalne odkształcenie  $> 95\%$ ), warto dodać, że w temperaturze zeszklenia PLA ( $60^{\circ}C$ ) czas powrotu jest krótszy niż 15 s. Ze względu na specyficzne właściwości użytkowe TPV-PLA/NR mogą w przyszłości znaleźć zastosowanie jako materiał na części do inteligentnej aparatury medycznej.

Ma P. i inni [39] zsyntezowali bazujące na PLA, biodegradowalne termoplastyczne wulkanizaty, w których fazę elastomerową stanowi EVA (poli(etyleno-co-octan winylu)) w stosunku wagowym PLA/EVA odpowiednio 40/60. Układ był sieciowany za pomocą nadtlenuku o nazwie handlowej Luperox® 101 (2,5-dimetylo-2,5-di(tert-butyloperoksy)heksan). Wysuszone uprzednio substraty PLA i EVA w stosunku 40/60 wstępnie mieszano w mieszalniku z dwoma rotorami (typ RM-200, HABO, Chiny) z prędkością 30 obr. na min, w temperaturze  $170^{\circ}C$ , do momentu osiągnięcia homogenicznej (makroskopowo) mieszaniny PLA/EVA (8 min). Po wprowadzeniu środka sieciującego (w ilości 0,5%, 1%, 2% lub 3% w stosunku do EVA) mieszanie kontynuowano z prędkością 50 obr./min przez kolejne 20 min. Dowiedziono, że PLA/EVA-TPV są wrażliwe na degradację niezależnie od ilości środka sieciującego, a w czasie do 14 tygodni degraduje około 5% materiału (degradację prowadzono w termostатовanej łaźni, w 0,01 M roztworze NaOH, w temperaturze  $25^{\circ}C$ ). Autorzy przeprowadzili referencyjny eksperyment degradacji czystego polilaktydu, który potwierdził przypuszczenia, że EVA ogranicza w pewnym stopniu degradację PLA.



Rys. 7. Schemat syntezy kopolimerów PLA-b-PM-b-PLA [20]

## PODSUMOWANIE

Pomimo wdrożenia na stałe do produkcji tworzyw biodegradowalnych, na rynku wciąż dostępnych jest niewiele biomateriałów o właściwościach elastomerowych. Analiza oryginalnych prac badawczych i przeglądowych, wskazuje, że duże perspektywy w zakresie zastosowania do produkcji biodegradowalnych, biozgodnych elastomerów termoplastycznych ma polilaktyd. Reaktywne mieszanie polimerów wykazujących cechy biodegradowalne (PLA) z polimerami o dużej zdolności do separacji fazowej pozwala na otrzymanie materiałów o cechach elastomerów termoplastycznych (TPE). Możliwość modelowania struktury i właściwości kopolimerów oraz odpowiedni dobór fragmentów strukturalnych gwarantujących nietoksyczność i biokompatybilność produktów rozkładu sprawiają, że mogą być one wykorzystane do celów biomedycznych. Oprócz tego duże zainteresowanie budzą też wulkanizaty termoplastyczne (TPE-V) wytwarzane z sieciowanych dynamicznie mieszanin kauczuków z PLA. Łączą one zalety biodegradowalnego i biokompatybilnego polilaktydu z właściwościami mechanicznymi charakterystycznymi dla usieciowanych kauczuków. Większość zaprezentowanych układów jest w fazie szczegółowych badań laboratoryjnych. Mimo że kryształiczne segmenty PLA zapewniają wytrzymałość mechaniczną, trudno jest przewidzieć i kontrolować profile ich degradacji, zwłaszcza w dynamicznym środowisku *in vivo*. Nieliniowe pogorszenie wytrzymałości mechanicznej podczas degradacji może prowadzić do uszkodzeń rusztowania przed całkowitym zregenerowaniem się tkanek. Jest zatem konieczne wyjaśnienie zależności między budową a właściwościami oraz poznanie dokładnych mechanizmów degradacji elastomerów z udziałem PLA. Aby móc przejść do eksperymentów w warunkach *in vivo*, należy dokładnie zapoznać się z przebiegiem procesów biologicznych na styku implant-tkanka. Rzetelne badania podstawowe prowadzone w tym zakresie mogą doprowadzić do opracowania innowacyjnych układów polimerowych o właściwościach elastotermoplastycznych mających przełożenie na praktykę medyczną i przemysłową.

## LITERATURA

- [1] J. Ren: Biodegradable Poly(Lactid Acid): Synthesis, Modification, Processing and Applications, 45-54, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 2010, 302.
- [2] R. Auras, L-R. Lim, S.E.M. Selke, H. Tsuji: Poly(Lactic Acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing and Applications, 43-58, John Wiley & Sons, Hoboken, 2010, 528.
- [3] A. Duda: Przem Chem, 2003, 82, 8-9, 905-907.
- [4] B. Nowak, J. Pająk: Arch. Gosp. Odpad. Ochr. Środ., 2010, 12, 2, 1-10.
- [5] D. Garlotta: J. Polym. Environ., 2001, 9, 2, 63-84.
- [6] I. Vroman, L. Tighzert: Materials, 2009, 2, 2, 307-344.
- [7] C.L. Wanamaker, W.B. Tolman, M.A. Hillmyer: Biomacromolecules, 2009, 10, 2, 443-448.
- [8] I. Lee, T.R. Panthani, F.S. Bates: Macromolecules, 2013, 46, 18, 7387-7398.
- [9] A.P. Pêgo, A.A. Poot, D.W. Grijpma, J. Feijen: J Control Release, 2003, 87, 1-3, 69-79.
- [10] Y. Gao, T. Mori, S. Manning, Y. Zhao, A. d. Nielsen, A. Neshat, A. Sharma, C.J. Mahnen, H.R. Everson, S. Crotty, R.J. Clements, C. Malcuit, E. Hegmann: ACS Macro Lett, 2016, 5, 1, 4-9.
- [11] S. Jacobsen, H.G. Fritz: Polym. Eng. Sci., 1999, 39, 7, 1303-1310.
- [12] A. Zubrowska, E. Piorkowska, A. Kowalewska, M. Cichorek: Colloid Polym. Sci., 2015, 293, 23-33.
- [13] D. Cohn, A. Hotovely-Salomon: Polymer, 2005, 46, 7, 2068-2075.
- [14] I. Vuković-Kwiatkowska, H. Kaczmarek, J. Dzwonkowski: Chemik, 2014, 68, 2, 135-140.
- [15] D.M. Bigg: Adv Polym Tech, 2005, 24, 2, 69-82.
- [16] M. Baiardo, G. Frisoni, M. Scandola, M. Rimelen, D. Lips, K. Ruffieux, E. Wintermantel: J. Appl. Polym. Sci., 2003, 90, 7, 1731-1738.
- [17] Z. Kulinski, E. Piorkowska: Polymer, 2005, 46, 23, 10290-10300.
- [18] E.M. Frick, A.S. Zalusky, M.A. Hillmyer: Biomacromolecules, 2003, 4, 2, 216-223.
- [19] E.M. Frick, M.A. Hillmyer: Macromol. Rapid Comm., 2000, 21, 18, 1317-1322.
- [20] C.L. Wanamaker, L.E. O'Leary, N.A. Lynd, M.A. Hillmyer, W.B. Tolman: Biomacromolecules, 2007, 8, 11, 3634-3640.
- [21] A.P. Pêgo, A.A. Poot, D.W. Grijpma, J. Feijen: J. Mater. Sci.-Mater M., 14, 9, 767-773.
- [22] N. Bitinis, R. Verdejo, P. Cassagnau, M.A. Lopez-Manchado: Mater. Chem. Phys., 2011, 129, 3, 823-831.
- [23] K. Pongtanayut, C. Thongpin, O. Santawitee: Eng. Proc., 2013, 34, 888-897.
- [24] T. Li, J. Zhang, D.K. Schneiderman, L.F. Francis, F.S. Bates: ACS Macro Lett., 2016, 5, 3, 359-364.
- [25] T.P. Lodge, M. Muthukumar: J. Phys. Chem-US, 1996, 100, 31, 13275-13292.
- [26] M.A. Hillmyer, W.B. Tolman: Accounts Chem. Res., 2014, 47, 8, 2390-2396.
- [27] V.T. Lipik, J.F. Kong, S. Chattopadhyay, L.K. Widjaja, S.S. Liow, S.S. Venkatraman, M.J.M. Abadie: Acta Biomater., 2010, 6, 11, 4261-4270.
- [28] H.M. Youne, E. Bravo-Grimaldo, B.G. Amsden: Biomaterials, 2004, 25, 22, 5261-5269.
- [29] J. Zhang, J. Xu, H. Wang, W. Jin, J. Li: Mater. Sci. Eng. C, 2009, 29, 3, 889-893.
- [30] O. Jeon, S.-H. Lee, S.H. Kim, Y.M. Lee, Y.H. Kim: Macromolecules, 2003, 36, 15, 5585-5592.
- [31] S. Chung, Y. Im, H. Kim, H. Jeong, D.A. Dornfeld: Int. J Mach. Tool Manu, 2003, 43, 13, 1337-1345.
- [32] L. Du, G. Xu, Y. Zhang, J. Qian, J. Chen: Polym-Plast Technol., 2011, 50, 4, 372-378.
- [33] D. Zhang, M.A. Hillmyer, W.B. Tolman: Biomacromolecules, 2005, 6, 4, 2091-2095.
- [34] S. Hiki, M. Miyamoto, Y. Kimura: Polymer, 2000, 41, 20, 7369-7379.
- [35] J. Sommer: Troubleshooting Rubber Problems, 1-14, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2014, 311.
- [36] W.M. Rzymiski, H.J. Radusch: Polimery, 2002, 4, 229-302.
- [37] G. Heinrich: Advanced Rubber Composites, 123-186, Springer Berlin, Berlin, 2013, 316.
- [38] Y. Chen, D. Yuan, C. Xu: ACS Appl. Mat. Int., 2014, 6, 6, 3811-3816.
- [39] P. Ma, P. Xu, Y. Zhai, W. Dong, Y. Zhang, M. Chen: ACS Sust. Chem. Eng., 2015, 3, 9, 2211-2219.

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Elastomery”, 2016, T. 20, nr 3, s. 17-25.

**mgr Izabela Irska**

**dr hab. inż. Elżbieta Piesowicz, prof. ZUT**

**prof. dr hab. inż. Zbigniew Rośliniec**

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Instytut Inżynierii Materiałowej, Zakład Tworzyw Polimerowych



# Biopolimery z odpadów spożywczych

Martyna Jurkiewicz, Dorota Skowrońska, Agnieszka Kozłowska, Marta Piątek-Hnat

**Celem pracy jest otrzymanie materiałów z roślin o wysokiej zawartości skrobi oraz porównanie ich właściwości użytkowych.**

Z względu na swoje właściwości materiały polimerowe znalazły szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu i gospodarki. Przez tak duży popyt, jaki charakteryzuje tworzywa sztuczne, lawinowo rośnie ilość odpadów negatywnie wpływających na środowisko naturalne. Tylko niewielki procent materiałów polimerowych poddawany jest recyklingowi, gdyż często są to procesy nieopłacalne. Należy zatem dążyć do projektowania materiałów biodegradowalnych, które pod wpływem czynników środowiska zmieniają swoją strukturę chemiczną, a podczas rozpadu wiązań nie tworzą szkodliwych substancji. Odrębnym problemem są źródła materiałów do wytwarzania tworzyw sztucznych. Obecny trendem jest poszukiwanie surowców odnawialnych mogących zastąpić obecnie wykorzystywane surowce pochodzenia petrochemicznego [1].

## CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

W pracy zaprezentowano metodę przygotowania biopolimeru z roślin o dużej zawartości skrobi, a następnie oceniono i porównano ich właściwości. Użyto w tym celu skórek bananowych i ziemniaków. Jako plastifikator zastosowano glicerynę, a rolę

przeciwdrobnoustrojową pełnił pirosiarczyn sodu. Na przygotowanie tworzywa składały się następujące etapy: rozdrobnienie materiału roślinnego, gotowanie go, a następnie działanie na niego odpowiednią mieszaniną roztworów. Potem ogrzewano masy w piecu w 130°C przez dobę, a część próbek suszono na powietrzu [2]. Po tym czasie zbadano właściwości mechaniczne otrzymanych materiałów, wykonano badanie spektroskopowe FTIR i zdjęcia za pomocą mikroskopu stereoskopowego. Pozostałe próbki wykorzystano w badaniach chłonności wody.

## WYNIKI

Badania mechaniczne przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN ISO 527-1:1998, stosując uniwersalną maszynę wytrzymałościową typu Instron 3366 (tempo rozciągania 10 mm/min, dłu-

Ziemniaki



Banany



Rys 1. Surowce roślinne o wysokiej zawartości skrobi



Rys.3. Przygotowanie materiałów roślinnych



Materiały przed wysuszeniem



Materiały po wysuszeniu

Rys. 2. Materiały polimerowe ze skórek bananowych



Rys 4. Próbki do badań mechanicznych

Tabela 1. Wyniki badań mechanicznych

Oznaczenie materiałów	Opis materiału	Moduł [MPa]	Maksymalne naprężenie [MPa]	Odkształcenie przy rozciąganiu [%]
ZOS	ze skórek ziemniaka, bez konserwantu, suszona w suszarce	273,0 +/-122,46	1,79 +/- 0,59	1,99 +/-0,43
ZKS	ze skórek ziemniaka, z konserwantem, suszona w suszarce	125,0 +/-51,06	2,66 +/- 0,37	5,79 +/- 1,95
BOP	ze skórek banana, bez konserwantu, suszona na powietrzu	7,6 +/- 1,6	0,79 +/- 0,21	13,00 +/- 2,23
BKP	ze skórek banana, z konserwantem, suszona na powietrzu	8,4 +/- 1,17	0,73 +/- 0,06	11,50 +/-1,79
BOS	wykonana ze skórek banana, bez konserwantu, suszona w suszarce	34,3 +/- 1,89	0,96 +/- 0,20	4,80 +/-1,56
BKS	wykonana ze skórek banana, z konserwantem, suszona w suszarce	23,3 +/- 1,93	1,58 +/- 0,27	10,00 +/- 2,34

gość pomiarowa 20mm, temperatura badania: 22°C, wilgotność powietrza 50%).

Podczas badań próbek wykonanych z ziemniaków, zaobserwowano kruche zerwanie materiału.

Chłonność to stosunek masy wody pochłoniętej do masy suchej próbki. Wyrażana jest w procentach wagowych.

$$x = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100, [\%, \text{ wag}]$$

gdzie: x – chłonność wody; m<sub>1</sub> – masa próbki po wysuszeniu; m<sub>2</sub> – masa próbki po wyjęciu z wody.

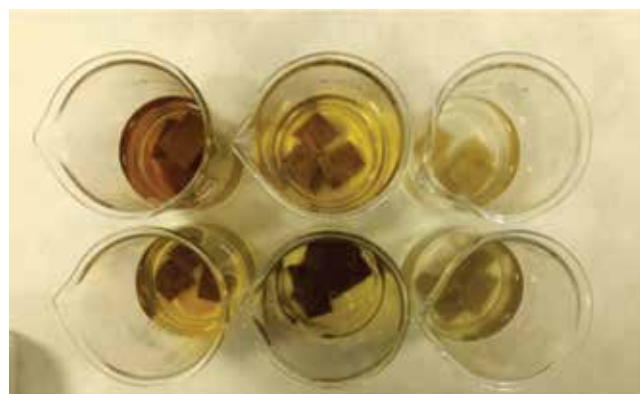
Badania chłonności wody wykonano wg normy PN-81/C-89032: Tworzywa sztuczne. Oznaczanie chłonności wody [3]. Próbki wykonane ze skórek banana po badaniu straciły spójność.

Po wykonanym badaniu FTIR i otrzymaniu odpowiednich widm, zaobserwowano charakterystyczne dla skrobi grupy hydroksylowe (ok. 3450 cm<sup>-1</sup>), karbonylowe (ok. 1094 cm<sup>-1</sup>) i wodorowęglowe (ok. 3200 cm<sup>-1</sup>).

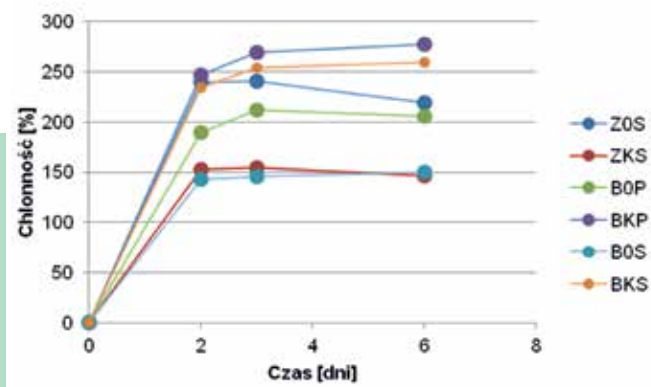
W uzyskanych zdjęciach z mikroskopu stereoskopowego można zauważyć, że bananowe materiały charakteryzują się niejednorodną strukturą, natomiast na powierzchni próbek ziemniaczanych widnieją pęcherzyki powietrza.

**WNIOSKI**

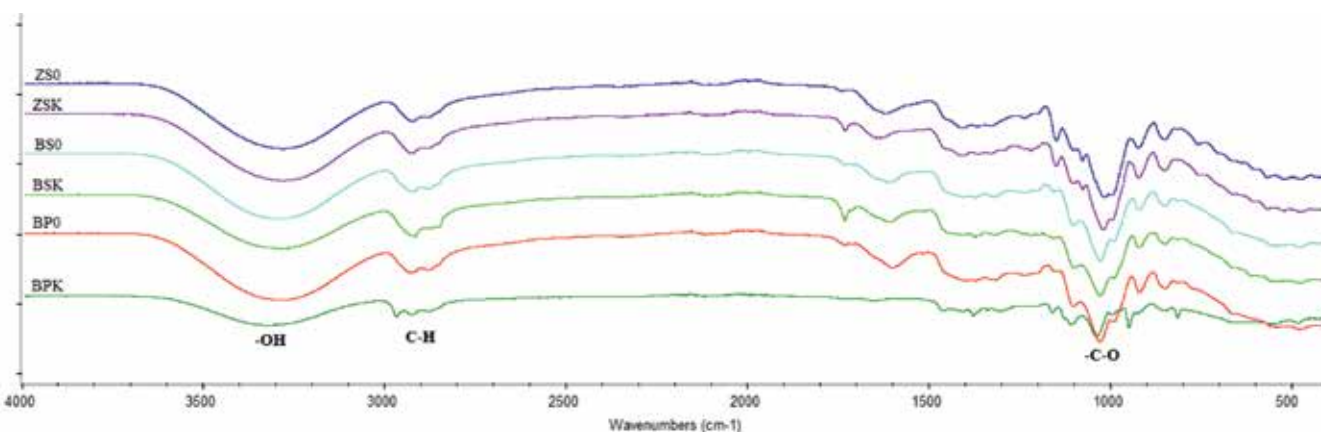
W wyniku przeprowadzonych eksperymentów otrzymano degradowalne biotworzywa. Otrzymane materiały charakteryzują się umiarkowanymi właściwościami mechanicznymi, przy czym najlepsze wyniki otrzymano dla próbek wykonanych ze skórek ziemniaka. Zastosowanie konserwantu nie wpłynęło znacząco na właściwości mechaniczne. W badaniach chłonności wody



Rys. 5. Próbki w trakcie badania chłonności wody

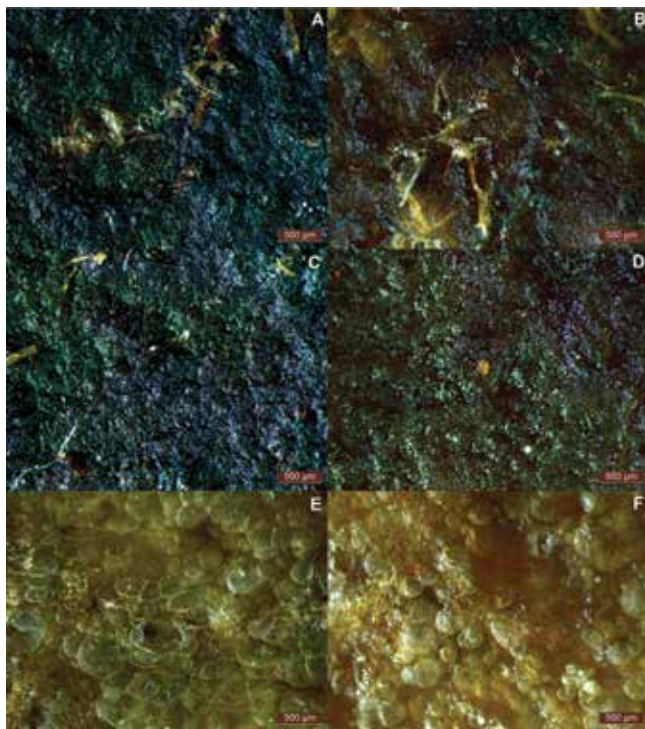


Rys. 6. Chłonność wody otrzymanych materiałów



Rys. 7. Badania spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera





Rys. 8. Zdjęcia z mikroskopu stereoskopowego  
A - BOS, B - BKS, C - BOP, D - BKP, E - ZOS, F - ZKS

nie zauważono specyficznych tendencji. Wyniki badania FTIR potwierdziły obecność ugrupowań chemicznych występujących w skrobi. Według naszej oceny można usprawnić proces otrzymywania biopolimerów z wykorzystaniem odpadowych produktów roślinnych poprzez zmianę sposobu dozowania materiałów do form i kontroli procesu ich suszenia.

#### LITERATURA

- [1] „Europejska strategia na rzecz tworzyw sztucznych w gospodarce o obiegu zamkniętym” Strasburg, 16.1.2018 r.
- [2] V. Mishra, A. Patel, D. Rana, S. Nakum, B. Singh: Preparation of Bio-Bag using Banana Peel as an Alternative of Plastic Bag IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development 3, 04, 2015: 2321-0613.
- [3] T. Broniewski, J. Kapko, W. Płaczek, J. Thomalla: Metody badań i ocena właściwości tworzyw sztucznych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.

Wyniki zawarte w artykule zostały przeprowadzone w ramach projektu badawczego koła naukowego Alpha-Reaktywni działającego na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

dr inż. Agnieszka Kozłowska

dr inż. Marta Piątek-Hnat

Dorota Skowrońska, Martyna Jurkiewicz – studentki,

koło naukowe Alpha-Reaktywni

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

INFORMACJ PRASOWA

## Biodegradowalna folia na targach Plastpol 2019

Podczas tegorocznej edycji targów Plastpol tajwańska firma Kung Hsing Plastic Machinery Co. Ltd zaprezentowała linię do wytłaczania z rozdmuchem folii z biotworzywa na bazie skrobi kukurydzianej.

Tajwańscy pokazali w tym roku ekstruder KS- FLL65 do produkcji folii z biotworzyw. Na tej samej maszynie można wytwarzać folię zarówno z biopolimerów, jak i z polietyleny (LD/LLDPE).

Podczas targów Plastpol firma Kung Hsing produkowała folię z włoskiego biotworzywa na bazie skrobi kukurydzianej. Firma do-

starcza trójwarstwowe, wysokowydajne maszyny do rozdmuchiwania folii mono, ABA oraz specjalnie zaprojektowane do produkcji folii w 100% biodegradowalnej.

Wytłaczarka była już prezentowana w grudniu 2018 roku podczas targów Plast-Eurasia w Stambule w Turcji. Zaprezentowano tam trójwarstwową linię folii ABC (model KS-CFLL50 + 65T), zdolną do pracy z materiałem w 100% biodegradowalnym. Jeśli chodzi o specyfikację prezentowanej w Kielcach maszyny, może ona produkować folię o szerokości bez zakładki 1200 mm i o grubości 10 mikronów.



Zdjęcie: [facebook.com/kunghsing](https://www.facebook.com/kunghsing)

# Modyfikacja biodegradowalnych poliestrów alifatycznych za pomocą inicjatorów nadtlenkowych

Marta Przybysz-Romatowska, Józef Haponiuk, Krzysztof Formela

Czynniki ekologiczne, ekonomiczne oraz większa świadomość społeczeństwa wpływają korzystnie na dynamiczny rozwój biodegradowalnych materiałów, które sukcesywnie zastępują polimery „konwencjonalne”. Biodegradowalne polimery zarówno ze źródeł odnawialnych, jak i nieodnawialnych wzbudzają duże zainteresowanie wielu jednostek naukowo-badawczych oraz firm, głównie w zakresie ich modyfikacji. W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu inicjatorów nadtlenkowych na właściwości mechaniczne poli( $\epsilon$ -kapolaktonu) (PCL). Badania wykazały, że modyfikacja za pomocą nadtlenków dikumylu (DCP) oraz di-(2-tert-butylo-peroksyizopropylu)benzenu (BIB) wprowadzonych do matrycy polimeru w odpowiednich ilościach prowadzi do poprawy właściwości mechanicznych PCL. W badanych warunkach, najlepszymi właściwościami charakteryzował się PCL modyfikowany za pomocą BIB w ilości 0,5 części wagowych.

**B**iodegradowalne poliestry alifatyczne to niezwykle ważne i przyjazne dla środowiska zielone polimery, ze względu na ich zalety, takie jak biodegradowalność, biokompatybilność i dostępność. Poli(kwas mlekowy) (PLA), poli(3-hydroksymaślan) (PHB), poli(3-hydroksymaślan-co-3-hydroksywalerian) (PHBV), poli( $\epsilon$ -kapolakton) (PCL) i poli(bursztynian butylu) (PBS) są głównymi przedstawicielami biodegradowalnych alifatycznych poliestrów, otrzymywanych zarówno ze źródeł odnawialnych, jak i nieodnawialnych [1,2]. Jednak niektóre cechy użytkowe wymienionej grupy polimerów, takie jak słaba stabilność termiczna czy zbyt niskie parametry mechaniczne, ograniczają ich zastosowania w wielu dziedzinach, a więc wymagają zastosowania modyfikacji. Liniowe poliestry alifatyczne, do których zaliczają się w/w polimery, można modyfikować różnymi metodami, wprowadzając reaktywne wiązania do głównego łańcucha, w takich procesach jak kopolimeryzacja, szczepienie czy sieciowanie, tworząc rozgałęzione, szczepione bądź usieciowane [3,4].

Obecne badania naukowe w dziedzinie sieciowania dowiodły, że zastosowanie obróbki radiacyjnej, głównie promieniowania gamma oraz elektronowego, a także reaktywne przetwórstwo, w obecności wielofunkcyjnych związków o niskiej masie cząsteczkowej, może w łatwy sposób skutecznie poprawić właściwości biodegradowalnych poliestrów alifatycznych [5-8].

Modyfikacja materiałów polimerowych na bazie poliestrów alifatycznych poprzez sieciowanie, została już częściowo opisana w literaturze. Przykładowo, Han i inni [9] opisywali chemiczne sieciowanie poli( $\epsilon$ -kapolaktonu) (PCL) za pomocą nadtlenku benzoilu (BPO) w metodzie dwuetapowej. W pierwszym etapie BPO dodano do matrycy PCL, a następnie sieciowano w wyższej temperaturze. Wyniki wykazały, że zastosowanie nadtlenku prowadzi zarówno do degradacji łańcuchów, jak i sieciowania. Malinowski [10] badał wpływ promieniowania elektronowego o różnej dawce w obecności izocyjanuranu triallilu (TAIC) na średnią masę cząsteczkową i sieciowanie poli( $\epsilon$ -kapolaktonu) (PCL). Jego badania potwierdziły, że promieniowanie elektronowe makrocząstek PCL prowadzi zarówno do degradacji, jak

i sieciowania, przy czym proces sieciowania jest dominujący. Dodatkowo udowodnił, że wprowadzenie tylko TAIC do PCL nie powoduje sieciowania PCL, ani znaczących zmian we właściwościach reologicznych polimeru.

Koenig i Huang [11] wykazali, że pomimo sieciowania PCL przy użyciu organicznych nadtlenków, takich jak nadtlenek lauroilu, t-butylo i dikumylu lub promieniowania gamma PCL zachowuje swoją biodegradowalność.

## METODYKA

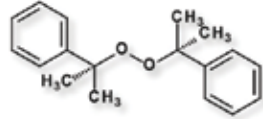
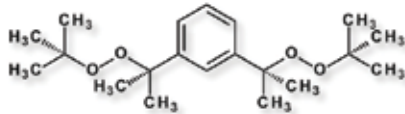
Do badań wykorzystano komercyjnie dostępny poli( $\epsilon$ -kapolakton) (PCL) (Capa6800,  $M_w = 80\ 000\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) firmy Perstorp (Szwecja). Modyfikację PCL przeprowadzono za pomocą dwóch nadtlenków organicznych: nadtlenku dikumylu (DCP) (Peroxan DC-P+) oraz di-(2-tert-butylo-peroksyizopropylu)benzenu (BIB) (Peroxan BIB-1) z firmy Pergan GmbH (Niemcy), zastosowanych w ilości 0,5 i 1,0 pbw (części wagowych). Wszystkie próbki przygotowano w mieszalniku zamkniętym Brabender® (typ GMF 106/2) w temperaturze 170°C, przy prędkości rotorów 100 obr./min. Modyfikację prowadzono przez 8 minut, gdzie przez 4 min. w komorze mieszalnika uplastyczniano czysty PCL, a następnie wprowadzano odpowiednio DCP lub BIB i kontynuowano mieszanie przez kolejne 4 min. Do zbadania wpływu struktury inicjatorów i ich stężenia na wybrane właściwości fizykomechaniczne użyto próbki PCL otrzymane metodą prasowania pod ciśnieniem 4,9 MPa w 170°C przez 1 minutę, a następnie w temperaturze pokojowej przez 5 minut. PCL bez nadtlenków organicznych przetwarzany w tych samych warunkach zdefiniowano jako próbkę referencyjną.

## WYNIKI BADAŃ WSTĘPNYCH

Celem pracy było określenie wpływu struktury inicjatorów nadtlenkowych i porównanie wprowadzonych ilości na wybrane właściwości poli( $\epsilon$ -kapolaktonu) (PCL) modyfikowanego podczas reaktywnego przetwórstwa. W tabeli 2 zestawiono wyniki badań właściwości mechanicznych dla otrzymanych próbek PCL z nadtlenkami, a także niezmodyfikowanego PCL. Wprowadze-



Tabela 1. Charakterystyka nadtlenuków DCP i BIB [12]


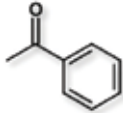
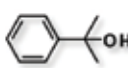
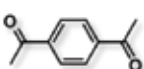
Typ nadtlenuku	$T_{1/2}$ (0,1h)	Temperatura sieciowania ( $t_{90}$ )	Struktura
nadtlenek dikumylu (DCP)	162°C*	170°C*	
di-(2-tert-butylo-peroksyizopropylu) benzen (BIB)	169°C*	175°C*	

\* Parametry podane przez firmę Pergan GmbH.

Tabela 2. Właściwości mechaniczne otrzymanych próbek PCL [13]

Próbki	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	Napężenie przy zerwaniu, MPa	Wydłużenie przy zerwaniu, %	Twardość, °Sh D
PCL	13,1 ± 0,2	30,0 ± 1,2	611 ± 25	51,6 ± 0,7
PCL+0.5DCP	15,0 ± 0,8	35,7 ± 1,9	521 ± 23	53,0 ± 0,5
PCL+1.0DCP	14,6 ± 0,5	29,1 ± 1,7	430 ± 9	53,3 ± 0,4
PCL+0.5BIB	15,4 ± 0,5	36,7 ± 2,2	471 ± 18	52,9 ± 0,9
PCL+1.0BIB	13,4 ± 0,6	23,1 ± 1,4	372 ± 47	52,1 ± 0,2

Tabela 3. Analiza emisji lotnych związków organicznych (LZO) [13]

Związek		PCL	PCL + 0.5DCP	PCL + 1.0DCP	PCL + 0.5BIB	PCL + 1.0BIB
Nazwa	Wzór	Zwartość, mg/kg próbki				
ε-kaprolakton		14,8	9,7	11,7	8,1	12,0
acetofenon		6,8	3,2	20,2	1,9	4,1
2-fenyl-2-propanol		1,5	3,3	19,1	0,4	1,0
1,4-diacetylobenzen		-	-	-	0,6	2,6

nie nadtlenuków do matrycy PCL wpływa znacząco na zmianę właściwości mechanicznych. Wytrzymałość na rozciąganie oraz napężenie przy zerwaniu próbek PCL z dodatkiem DCP i 0.5BIB wzrosła, podczas gdy wydłużenie przy zerwaniu ulega obniżeniu dla tych materiałów. Ponadto, twardość PCL z dodatkiem nadtlenuków również wzrosła z 51°Sh D dla próbki referencyjnej do 53°Sh D dla PCL+1.0DCP i PCL+0.5BIB. Dla próbki PCL+1.0BIB zarówno twardość, jak i wytrzymałość na rozciąganie, oraz wydłużenie przy zerwaniu znacznie się zmniejszyło, co było związane z nadmiernym usieciowaniem próbki.

W celu określenia emisji lotnych związków organicznych (LZO) z próbek, przeprowadzono analizę metodą chromatografii gazowej i spektrometrii masowej. Wyniki przedstawiono w tabeli 3. Na podstawie wykonanych oznaczeń stwierdzono, że głównymi lotnymi związkami organicznymi (LZO) dla wszystkich otrzymanych próbek był ε-kaprolakton, acetofenon, 2-fenyl-2-propanol, a dodatkowo 1,4-diacetylobenzen dla PCL+BIB. Wzrost ilości LZO związany był z produktami ubocznymi rozkładu nadtlenuków i niskocząsteczkowymi produktami reakcji rodnikowych, np. acetofenon, metan lub 2-fenylpropanol-2 dla DCP

i diacetylobenzen, tert-butanol, aceton lub di-(2-hydroksyizopropyl)benzen w przypadku BIB. Dla próbek PCL+BIB ilość LZO była niższa niż w przypadku próbek PCL+DCP. Jest to związane z reaktywnością użytych nadtlenuków. Modyfikacja PCL w obecności wolnych rodników BIB zachodzi bardziej dynamicznie, a emisja LZO następuje podczas reaktywnego przetworstwa tuż po dodaniu nadtlenuku.

#### PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań potwierdzają, że modyfikacja struktury poli(ε-kaprolaktanu) (PCL) – rozgałęzienie/sieciowanie przeprowadzona w obecności nadtlenuku dikumylu (DCP) lub di-(2-tert-butylo-peroksyizopropyl)benzenu (BIB) jako inicjatorów nadtlenukowych ma znaczący wpływ na właściwości mechaniczne PCL. Jednak efekt zastosowanych dodatków na właściwości PCL zależy od rodzaju i ilości zastosowanego nadtlenuku. Modyfikacja PCL przy użyciu umiarkowanej ilości nadtlenuku prowadzi do poprawy wytrzymałości na rozciąganie i twardości. W tym przypadku odpowiednie stężenie nadtlenuku wynosiło 0,5 pbw, zarówno dla DCP, jak i BIB, przy czym lepsze wyniki ►

uzyskano dla incjatora BIB. Ponadto, zaobserwowano, że dalsze zwiększanie stężenia nadlenków powodowało pogorszenie właściwości mechanicznych.

#### LITERATURA

- [1] G. Kfoury, J. Raquez, F. Hassouna, J.T. Odent, V. Toniazzo, D.S. Ruch, P. Dubois: *Front Chem.* 2013, 1, 1–46.
- [2] Y. Tokiwa, B.P. Calabia, C.U. Ugwu, S. Aiba: *Int. J. Mol. Sci.* 2009, 10, 3722–3742.
- [3] K. Formela<sup>1</sup>, Ł. Zedler, A. Hejna, A. Tercjak: *Express Polym. Lett.* 2018, 12, 24–57
- [4] M.A. Hillmyer, W.B. Tolman: *Acc. Chem. Res.* 2014, 47, 2390–2396.
- [5] C.G. Xu, X.G. Luo, X.R. Zhuo, L.L. Liang: *Mater. Sci. Forum.* 2009, 622, 189–192.
- [6] S. Yang, Z. Wu, W. Yang, M. Yang: *Polym. Test.* 2008, 27, 957–963.
- [7] L. Wei, A.G. McDonald: *J. Appl. Polym. Sci.* 2015, 132, 1–15.
- [8] R. Pourshooshtar, Z. Ahmadi, F. Afshar: *Iran. Polym. J.* 2018, 27, 329–337.
- [9] C. Han, X. Ran, X. Su, K. Zhang, N. Liu: *Polym. Int.* 2007, 56, 593–600.

- [10] R. Malinowski: *Polym. Adv. Technol.* 2016, 27, 25–130.
- [11] M.F. Koenig: S.J. Huang, *Polym. Degrad. Stab.* 1994, 45, 139–144.
- [12] M. Przybysz, M. Marć, M. Klein, M.R. Saeb, K. Formela: *Polym. Test.* 2018, 67, 513–521.
- [13] M. Przybysz, A. Hejna, J. Haponiuk, K. Formela: *Polymers* 2019, 11, 1101.

#### Podziękowanie

Praca finansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki (NCN) w ramach projektu PRELUDIUM 15, nr 2018/N/ST8/O2042: „Wpływ struktury inicjatorów nadlenkowych na mechanizm oraz efektywność dynamicznego sieciowania biodegradowalnych poliesterów alifatycznych oraz ich mieszanin”.

**mgr inż. Marta Przybysz-Romatowska**  
**dr inż. Krzysztof Formela**  
**prof. dr hab. inż. Józef Tadeusz Haponiuk**  
 Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny  
 Katedra Technologii Polimerów

REKLAMA

WYCHODZĄC NAPRZECIWIW PAŃSTWA OCZEKIWIANIOM PRZYGOTOWUJEMY KOLEJNĄ EDYCJĘ **KATALOGU BRANŻOWEGO 2020**, KTÓRY BĘDZIE POMOCNĄ WSKAZÓWKĄ PRZY WYBORZE PRODUKTÓW I GOTOWYCH ROZWIĄZAŃ FIRM.

- KATALOG TO SPIS FIRM UPORZĄDKOWANYCH TEMATYCZNIE I ALFABETYCZNIE.
- ZAPRASZAMY PAŃSTWA DO ZAMIESZCZANIA WPISÓW ORAZ REKLAM W KATALOGU BRANŻOWYM 2020.
- CENA WPISU WYNOŚI 40 ZŁ NETTO.
- REKLAMY I WPISY DO KATALOGU NALEŻY PRZESŁAĆ DO KOŃCA ROKU.

**2020**  
**KATALOG BRANŻOWY**

tworzywa sztuczne  
 kompozyty  
 przemysł gumowy  
 surowce i półprodukty  
 dodatki i barwniki  
 maszyny i urządzenia  
 recykling  
 wyroby gotowe  
 automatyka i oprogramowanie

**KATALOG BRANŻOWY 2020**

Tworzywa Sztuczne Przemysle  
 KOMPOZYTYWE  
 kwartalnik techniczno-informacyjny

dodatek specjalny dwumiesięcznika Tworzywa Sztuczne w Przemysle



Przepisy unijne

# Bezpieczeństwo wyrobów gumowych

Marzena Pawlicka, Andrzej Starski, Jacek Postupolski

**W artykule omówiono rodzaje elastomerów, w tym gumy silikonowej i elastomerów termoplastycznych, stosowanych w produkcji wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Przedstawiono obecny stan prawny w zakresie wyrobów elastomerowych przeznaczonych do kontaktu z żywnością oraz zwrócono uwagę, jakie badania powinny być wykonane w celu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego tego rodzaju wyrobów.**

Od wielu lat na świecie obserwuje się coraz większe zapotrzebowanie na tworzywa polimerowe oraz związany z tym wzrost produkcji. Tworzywa polimerowe mają istotne znaczenie w produkcji materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością. Coraz częściej zastępują one materiały wyprodukowane z surowców naturalnych, takie jak papier, karton, drewno czy szkło. Tworzywa polimerowe elastomerowe, np. guma, guma silikonowa oraz elastomery termoplastyczne, są wykorzystywane na szeroką skalę w produkcji materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością, w tym jako elementy maszyn stosowanych w zakładach przemysłu spożywczego.

## WŁAŚCIWOŚCI ELASTOMERÓW

Guma jest produktem wulkanizacji kauczuku naturalnego lub syntetycznego. Charakteryzuje się dużą elastycznością oraz zdolnością do dużych odwracalnych odkształceń sprężystych, przekraczających nawet 1000%. Właściwości gumy zmieniają się w zależności od rodzaju kauczuku, ilości i rodzaju pozostałych składników mieszanki kauczukowej, sposobu jej przygotowywania oraz warunków wulkanizacji. Praktycznie więc dobierając odpowiednio składniki mieszanki i stosując różne parametry technologiczne, można otrzymywać wiele gatunków gum o bardzo różnicowanych właściwościach.

Mieszanki gumowe, które z uwagi na swoje właściwości znalazły zastosowanie w przemyśle spożywczym to: kauczuk butadienowo-fluorowy (FPM), kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy (NBR) oraz kauczuk etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM).

Innym również często stosowanym elastomerem w produkcji wyrobów do kontaktu z żywnością jest guma silikonowa, która jest otrzymywana w wyniku reakcji sieciowania polisiloksanów. Jest ona odporna na wysoką i niską temperaturę, wykazuje dobre właściwości dielektryczne, niewielkie odkształcenia trwałe przy ściskaniu, bardzo dobrą odporność na tlen i ozon. W stosunku do innych elastomerów w temperaturze pokojowej charakteryzuje się większą przepuszczalnością gazów, jednak małą wytrzymałość na rozrywanie oraz stosunkowo dużą ścieralność eliminuje silikon z zastosowań w połączeniach ruchomych.

Elastomery termoplastyczne (TPE) należą natomiast do grupy tworzyw elastomerowych otrzymywanych w sposób zbliżony do tworzyw sztucznych termoplastycznych. Polimer albo mieszanka

polimerów nie wymaga wulkanizacji lub sieciowania podczas obróbki, charakteryzuje się jednak właściwościami zbliżonymi do gumy. Właściwości te zanikają w temperaturze przetwarzania, co umożliwia dalszą obróbkę. Z uwagi na te korzystne właściwości są one stosowane do produkcji węży transportujących żywność oraz innych elementów maszyn dla przemysłu spożywczego. Najczęściej stosowane mieszaniny kauczuków z termoplastami to kopolimery dienowo-styrenowe (SBS, SEBS), elastomery uretanowe (PUR), estrowe (PEE) i amidowe (PAE).

## ZASTOSOWANIE ELASTOMERÓW W PRZEMYSLE SPOŻYWCZYM

Z uwagi na korzystne właściwości – elastyczność, odporność na działanie czynników chemicznych oraz wytrzymałość mechaniczną – elastomery są jednym z najczęściej stosowanych materiałów w produkcji wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością.

Z elastomerów produkowane są m.in. smoczki do karmienia niemowląt, węże transportujące żywność płynną lub sypką, węże stosowane przy dojeniu bydła, taśmy i pasy transportowe, wykładziny zbiorników, elementy i uszczelnienia maszyn stosowanych w przemyśle spożywczym, w tym w systemach do pompowania, zasobnikach czy zaworach. Uszczelnienia gumowe są stosowane również w metalowych nakrętkach do słoików oraz w aluminiowych puszkach do napojów. Gumowe rękawice oraz fartuchy ochronne są powszechnie używane w zakładach przemysłu spożywczego. Guma silikonowa ma zastosowanie m.in. w produkcji nieprzywieralnych form do pieczenia ciast.

## ELASTOMERY USTAWODAWSTWO I WYTYCZNE UE

Wyroby z elastomeru przeznaczone do kontaktu z żywnością powinny być produkowane z mieszanek, których skład jest odpowiednio dobrany pod względem nie tylko wymagań technologicznych, ale przede wszystkim zdrowotnych. W celu zapewnienia bezpieczeństwa materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością, muszą one spełniać wymagania przepisów prawnych w tym zakresie. Zgodnie z art. 3 rozporządzenia (WE) nr 1935/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady wszystkie materiały i wyroby przeznaczone do bezpośredniego i pośredniego kontaktu z żywnością, w warunkach użytkowania nie mogą uwalniać do żywności substancji w ilościach, które mogłyby stanowić ►

zagrożenie dla zdrowia, powodować zmiany w składzie żywności i powodować pogorszenie jej cech organoleptycznych [1]. Ponadto materiały i wyroby muszą być wytwarzane z przestrzeganiem zasad dobrej praktyki produkcyjnej [2].

Rozporządzenie (WE) nr 1935/2004 przewiduje przyjęcie szczególnych środków prawnych dla 17 różnych grup materiałów, w tym dla gumy i silikonu. Jednak dotychczas przepisy Unii Europejskiej nie obejmują regulacjami prawnymi tych dwóch rodzajów materiałów, tak istotnych i skomplikowanych z punktu widzenia zapewnienia ich bezpieczeństwa zdrowotnego. Dotychczas nie opracowano również unijnego wykazu substancji dozwolonych (surowców i substancji pomocniczych) do produkcji gumy i silikonu.

Listy surowców i substancji pomocniczych dozwolonych do stosowania w wyrobach gumowych obowiązują zgodnie z przepisami prawa krajowego w niektórych państwach członkowskich Unii Europejskiej, takich jak Francja, Niemcy, Włochy, Holandia, Hiszpania. Należy jednak podkreślić, że wykazy różnią się między sobą, co może powodować zakłócenia w swobodnym przepływie towarów w państwach UE. Dlatego celowe jest opracowanie unijnych wykazów oraz przepisów szczegółowych, które będą jednakowe we wszystkich państwach Unii Europejskiej.

Do czasu opracowania szczegółowych przepisów unijnych dla gumy i silikonu, przydatnymi dokumentami zarówno dla producentów wyrobów do kontaktu z żywnością, jak i producentów żywności mogą być wytyczne niemieckiego Federalnego Instytutu ds. Oceny Ryzyka (BfR). Opracował on dwie oddzielne rekomendacje: część XXI dla wyrobów z gumy naturalnej i syntetycznej i część XV dla wyrobów z silikonu przeznaczonych do kontaktu z żywnością [3, 4]. W rekomendacjach zaproponowano wykazy substancji dozwolonych do stosowania w wyrobach gumowych i silikonowych oraz limity migracji globalnej i specyficznej w zależności od kategorii wyrobu przypisanej na podstawie jego przeznaczenia i przewidzianego czasu kontaktu z żywnością.

Elastomery termoplastyczne (TPE) natomiast wchodzi w zakres definicji tworzyw sztucznych określonych w rozporządzeniu Komisji (UE) nr 10/2011 w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych przeznaczonych do kontaktu z żywnością [5]. W niektórych tylko państwach członkowskich są one objęte ustawodawstwem krajowym dla gumy i elastomerów. Zgodnie z rozporządzeniem (UE) nr 10/2011 elastomery termoplastyczne

nie powinny być wytwarzane z monomerów i substancji dodatkowych wymienionych w wykazach substancji dozwolonych do stosowania oraz powinny spełniać limity migracji specyficznej i globalnej ustanowione w tym rozporządzeniu.

Należy podkreślić, iż guma i silikon są wyłączone z zakresu tego rozporządzenia, ponieważ materiały te znacznie różnią się składem i właściwościami fizykochemicznymi od tworzyw sztucznych.

### BADANIA ELASTOMERÓW

Zgodnie z rekomendacjami BfR wyroby gumowe powinny być badane w zakresie migracji globalnej i specyficznej. Wytyczne BfR proponują podział wyrobów gumowych na cztery kategorie i kategorię specjalną S1 w zależności od przeznaczenia wyrobu. Do kategorii 1 zaliczono wyroby przeznaczone do długotrwałego kontaktu z żywnością (od 24 h do kilku miesięcy), do kategorii 2 – wyroby mające kontakt z żywnością do 24 h, do kategorii 3 – wyroby mające krótkotrwały kontakt z żywnością, nieprzekraczający 10 min. Kategorię 4 stanowią inne wyroby nieobjęte kategoriami 1-3. Do kategorii specjalnej S1 zakwalifikowano wyroby, które mogą mieć kontakt z ustami, np. zabawki dla dzieci, smoczki do karmienia i uspokajania.

W zależności od kategorii, do której został zaliczony wyrób, rekomendacja proponuje zakres i warunki badania migracji globalnej z zastosowaniem odpowiednich płynów modelowych imitujących żywność wraz z dopuszczalnymi limitami migracji (tabela 1, 2).

Oprócz badania migracji globalnej, wyroby gumowe powinny być badane zgodnie z rekomendacją BfR w zakresie migracji specyficznej oraz maksymalnej zawartości takich substancji, jak cynk, ołów, pierwszorzędowe aminy aromatyczne, związki N-nitrozowe, w tym N-nitroaminy, związki ulegające N-nitrozowaniu oraz formaldehyd (tabela 3).

Wyroby z gumy silikonowej przeznaczone do kontaktu z żywnością powinny być badane zgodnie z wytycznymi BfR w zakresie maksymalnej zawartości substancji stosowanych w produkcji elastomerów silikonowych, takich jak przyspieszacze, substancje sprzęgające, utwardzacze, emulgatory. Ważnym badaniem, zwłaszcza w przypadku silikonowych form do pieczenia ciast, jest zawartość lotnych związków organicznych, dla których proponowany limit wynosi 0,5%.

Tabela 1. Warunki badania wyrobów gumowych należących do kategorii 1-4 wg BfR

Kategoria	Przeznaczenie wyrobu	Warunki badania
1	kontakt z żywnością od 24 h do kilku miesięcy	10 dni, temp. 40°C
2	kontakt z żywnością do 24 h	24 h, temp. 40°C
3	kontakt z żywnością nie przekraczający 10 min	10 min, temp. 40°C
4	inne wyroby, np. taśmy transportowe	24 h, temp. 4°C

Tabela 2. Dopuszczalne limity migracji globalnej do płynów modelowych imitujących żywność dla kategorii wyrobów gumowych 1-3 wg BfR

Płyn modelowy	Kategoria 1	Kategoria 2	Kategoria 3
Woda destylowana	50 mg/dm <sup>2</sup>	20 mg/dm <sup>2</sup>	10 mg/dm <sup>2</sup>
Etanol 10%	50 mg/dm <sup>2</sup>	20 mg/dm <sup>2</sup>	10 mg/dm <sup>2</sup>
Kwas octowy 3%	150 mg/dm <sup>2</sup> , w tym maks. 50 mg/dm <sup>2</sup> związków organicznych	100 mg/dm <sup>2</sup> , w tym maks. 20 mg/dm <sup>2</sup> związków organicznych	50 mg/dm <sup>2</sup> , w tym maks. 10 mg/dm <sup>2</sup> związków organicznych

Tabela 3. Badania migracji specyficznej lub maksymalnej zawartości wraz z dopuszczalnymi limitami dla wyrobów gumowych kategorii 1-3 wg BfR

Rodzaj badania	Limit
Zawartość cynku	3%
Zawartość ołowiu	0,003%
Zawartość związków N-nitrozowych, w tym N-nitroaminy	0,01 mg/kg
Zawartość związków ulegających N-nitrozowaniu	0,1 mg/kg
Migracja formaldehydu	3 mg/kg
Migracja pierwszorzędowych amin aromatycznych	0,05 mg/kg



Elastomery termoplastyczne, w przeciwieństwie do gumy i silikonu, są objęte rozporządzeniem Komisji (UE) nr 10/2011 i muszą spełniać limity migracji globalnej (10 mg/dm<sup>2</sup> lub 60 mg/kg w przypadku wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością dla dzieci) oraz migracji specyficznej ustanowionych w tym rozporządzeniu. Powinny być badane zgodnie z warunkami, w tym płynami modelowymi (10% etanol, 3% kwas octowy, 20% etanol, 50% etanol, olej roślinny lub media zastępcze i modyfikowany politlenek fenylenu) określonymi w tym akcie prawnym. Należy podkreślić, że wyroby z elastomerów termoplastycznych powinny także odpowiadać wymaganiom w zakresie składu surowcowego zgodnie z wykazem substancji dozwolonych do stosowania w tworzywach sztucznych.

### PODSUMOWANIE

Zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego wyrobów elastomerowych przeznaczonych do kontaktu z żywnością jest możliwe tylko wtedy, gdy producent takich wyrobów przestrzega przy ich wytwarzaniu zasad dobrej praktyki produkcyjnej, zapewnia zgodność składu recepturowego z uznanymi wykazami substancji dozwolonych oraz spełnia wymagania w zakresie badań migracyjnych, w tym migracji globalnej i specyficznej.

### WYIMKI

1. Tworzywa elastomerowe, takie jak guma, guma silikonowa oraz elastomery termoplastyczne, są wykorzystywane na szeroką skalę w produkcji materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością.
2. Obecnie nie ma unijnych przepisów szczegółowych dla wyrobów gumowych i silikonowych przeznaczonych do kontaktu z żywnością.
3. Elastomery termoplastyczne są objęte definicją tworzyw sztucznych i powinny spełniać wymagania szczegółowe dla tworzyw sztucznych przeznaczonych do kontaktu z żywnością.

INFORMACJ PRASOWA

## Elastomery i kauczuki

Elastomery termoplastyczne (TPE), w języku angielskim nazywane także kauczukami termoplastycznymi (*Thermoplast Rubbet*, TR) albo stopami elastomerycznymi (*Elastomeric Alloys*, EA), mają w swoim składzie albo kopolimery blokowe (dwu- lub wielofazowe), albo mieszaniny polimerów (blendy, *blends*) i posiadają mniej lub więcej właściwości „elastycznych”.

„Elastomery termoplastyczne są to tworzywa polimerowe, które zachowują się w zakresie temperatury użytkowania jak materiały entropowo elastyczne (materiały o elastyczności gumy). Odkształcenie podczas rozciągania jest mniejsze niż 50%. Ich zakres topnienia (zakres płynięcia) znajduje się powyżej zakresu temperatury użytkowania, temperatura zeszczenia  $T_g$ , leżą z reguły poniżej 0°C”.

Do zmiany właściwości tworzywa w wyniku płynięcia i powstającej przez to deformacji dochodzi w temperaturze ok. 20-30K poniżej zakresu mięknięcia. TPE znajdują się więc pod względem twardości, elastyczności i szeregu innych właściwości pomiędzy elastomerami (gumą), a typowymi termoplastami.

Przetwarzane są jednak tak, jak typowe termoplasty (wtryskiwanie, wytłaczanie, formowanie przez rozdmuchiwanie). Pozycje pomiędzy termoplastami a elastomerami zajmują one ze względu na to, że wykazują termoodwracalną usieciowaną fizycznie strukturę, w przeciwieństwie do elastomerów (gumy), które są usie-

ciowane (wulkanizowane) i w konsekwencji nie ulegają topnieniu (mięknieniu) pod wpływem ciepła. Powyżej  $T_g$ , aż do temperatury topnienia, względnie mięknięcia, zachowują się jak elastomery, ale przy wyższych temperaturach dają się przetwarzać termoplastycznie. Od elastomerów różnią się także wyższym DVR (odkształceniem trwałym po ścisnieniu). TPE relaksują znacznie wolniej niż usieciowane chemicznie elastomery. W przeciwieństwie do elastomerów (guma), TPE łatwiej poddają się recyklingowi. O właściwościach elastycznych decyduje „udział fazy miękkiej”, określanej jako „miękki segment” (udział kauczuku).

### LITERATURA

- [1] Rozporządzenie (WE) nr 1935/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 października 2004 r. w sprawie materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością oraz uchylające dyrektywy 80/590/EWG i 89/109/EWG (Dz. Urz. UE L 338 z 13.11.2004).
- [2] Rozporządzenie Komisji (WE) nr 2023/2006 z dnia 22 grudnia 2006 r. w sprawie dobrej praktyki produkcyjnej w odniesieniu do materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością (Dz. Urz. UE L 384 z 29.12.2006).
- [3] BfR Recommendation 2011. Part XXI. Commodities based on natural and synthetic rubber.
- [4] BfR Recommendation 2012. Part XV. Silicones.
- [5] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 10/2011 z dnia 14 stycznia 2011r w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych przeznaczonych do kontaktu z żywnością (Dz. Urz. UE L 12 z 15.01.2011 z późn. zm.).

Artykuł został opublikowany w czasopiśmie „Przemysł Spożywczy”, 2014, T. 68, nr 11, s. 41–43.

mgr inż. Marzena Pawlicka

mgr inż. Andrzej Starski

dr Jacek Postupolski

Zakład Bezpieczeństwa Żywności  
Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego  
– Państwowy Zakład Higieny w Warszawie



ciowane (wulkanizowane) i w konsekwencji nie ulegają topnieniu (mięknieniu) pod wpływem ciepła. Powyżej  $T_g$ , aż do temperatury topnienia, względnie mięknięcia, zachowują się jak elastomery, ale przy wyższych temperaturach dają się przetwarzać termoplastycznie. Od elastomerów różnią się także wyższym DVR (odkształceniem trwałym po ścisnieniu). TPE relaksują znacznie wolniej niż usieciowane chemicznie elastomery. W przeciwieństwie do elastomerów (guma), TPE łatwiej poddają się recyklingowi. O właściwościach elastycznych decyduje „udział fazy miękkiej”, określanej jako „miękki segment” (udział kauczuku).

Rozróżnia się tzw. miękkie wyroby, o twardości wg Shore'a A 10-85, w których faza miękka stanowi główną matrycę, oraz twarde wyroby, o twardości wg Shore'a A 80 do D75, w których główną matrycę tworzy faza twarda. Faza miękka określa giętkość i elastyczność, faza twarda – wytrzymałość i odporność cieplną.

Źródło: [www.genplast.pl](http://www.genplast.pl)

**Parametry techniczne i właściwości tworzyw sztucznych wpływające na giętkość kabli niskiego napięcia**

# Parametry wpływające na giętkość kabli niskiego napięcia

Remigiusz Joeck, Mirosław Schwann

**Koło młyńskie – jeden z najprostszych napędów mechanicznych - wywołało problem przekazu energii od silnika napędowego do poszczególnych odbiorców. Na krótkie odległości stosowano drążki, ciągną i liny, przy dłuższych odległościach (dziesiątki metrów) wykorzystywano pasy. Te proste środki spełniły zadanie w epoce kół wodnych i maszyn parowych, a potem okazały się przydatne także w początkowym okresie rozwoju napędu elektrycznego. Doświadczenia eksploatacji linii telegraficznych nasunęły w połowie XIX wieku myśl o możliwości przesyłu po przewodach również większej mocy elektrycznej [1].**

**B**elgijski wystawca Hippolyte Fontaine w czasie wystawy Expo w 1873 r. w Wiedniu, w sposób nie do końca świadomy, dokonał pewnego odkrycia. Połączył ze sobą za pomocą miedzianego kabla dwa dynamy wynalezione przez swojego partnera biznesowego Zénobe Gramme. Niespodziewanie wał drugiego dynamo zaczął się obracać po przesyle energii elektrycznej wytwarzanej w pierwszym dynamo [36, 37, 38, 39]. Na rys. 1 przedstawiono widok dynamo Gramme.

To odkrycie stało się podstawą dla wszystkich silników prądu stałego, a w następnych latach pozwoliło T. Edisonowi i N. Tesli dokonać swoich wynalazków. Chociaż w linii tej wystąpiły znaczne spadki napięcia i straty energii, a sam autor był sceptycznie nastawiony do tego pomysłu, koncepcję przesyłu energii elektrycznej poparła większość współczesnych mu elektryków. Już wtedy rozumiano, że efektywność przedsięwzięcia można podnieść przez obniżenie rezystancji przewodów linii – przy danym rodzaju przewodnika należało zwiększyć przekrój przewodów. W jednym z doświadczeń wykonanych w Rosji przesyłano elektryczność odizolowanymi od ziemi szynami nieczynnej linii kolejowej [1, 36, 37, 38, 39].

Rozpoczętego procesu rozwoju kabli wykorzystywanych do przesyłu energii elektrycznej na odległość nie można już było zatrzymać.

W nowo budowanych w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia od wielu już lat zaczęły dominować linie kablowe. W kablowych

sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia w różnych krajach Europy stosowane są obecnie kable o izolacji z tworzyw sztucznych, głównie z polichlorku winylu (PVC), sieciowanego polietylenu (XLPE) czy też gumy etylenowo-propylenowej (EPR). Różnią się one nie tylko budową, ale również rodzajem tworzyw sztucznych stosowanych jako izolacja żyły roboczej i powłoki kabla, które mają bezpośredni wpływ na ich elastyczność [37, 38, 39].

## Z KART HISTORII POLSKIEGO PRZEMYSŁU KABLOWEGO

Pierwsze wzmianki o przemyśle kablowym na ziemiach polskich datuje się na rok 1890. Powstała wtedy w Warszawie niewielka fabryczka przewodów nawojowych i dzwonekowych, której właścicielem był Stanisław Żelazo. W 1895 roku August Hüffer założył w Łodzi fabrykę maszyn elektrycznych, w której wytwarzano również druty nawojowe oraz przewody izolowane. Trzecią wreszcie – odnotowaną w kronikach i dokumentach z tamtych lat – była firma „Wichliński i Kamocki”, założona w 1899 roku przez Franciszka Kamockiego wspólnie z inż. Edwardem Wawrykiewiczem. Wytwarzano w niej przewody izolowane do przekroju 16 mm<sup>2</sup>. Fabryczkę Kamockiego wykupiła w 1902 roku firma „Diechsel i S-ka” z Sosnowca, specjalizująca się w produkcji drutów stalowych, i jeszcze przez kilka lat prowadziła w niej produkcję przewodów [5].

Warto tu przytoczyć lata powstania pierwszych w świecie firm elektrotechnicznych: ASEA (Szwecja) – 1883, AEG (Niemcy) – 1887, General Electric Company (USA) – 1892, Siemens Schuckert Werke (Niemcy) – 1903, by mieć świadomość, że w tym towarzystwie nie byliśmy ostatni [5].

Czas narodzin polskiego przemysłu kablowego to okres międzywojenny, przypadający na lata 1920-1939. Przemysł kablowy w Polsce rozwijał się na tyle prężnie, że w 1939 roku był w stanie nie tylko zaspokoić potrzeby kraju, ale i eksportować kable – do Rumunii, Argentyny, ZSRR i Jugosławii [5].

W pierwszych latach okresu międzywojennego potrzeby kraju nie były w stanie zaspokoić polskie fabryki, dlatego też konieczny był import kabli, którego największa wartość przypadała na lata 1927-1928. Budowa polskich kablowni sprawiła, że po tych latach import kabli zaczął gwałtownie maleć, by w okresie lat 30. utrzymać się na szacunkowym poziomie. Działo się tak dzięki powstaniu w latach 1920-1924: Towarzystwa Akcyjnego „Kabel Polski SA” w Bydgoszczy, Towarzystwa Przemysłowego „KABEL SA” w Warszawie, Fabryki Przewodów i Artykułów Elek-



Rys. 1. Dynamo Gramme. Źródło: [36]





Rys. 2. Płożenie kamienia węgielnego pod „Kabel Polski”, Bydgoszcz 11.11.1920 r.  
Źródło: [5]

trotechnicznych „Zwój”, firmy Bracia Jerzy i Feliks Grzywakowie w Szopienicach, „Polskich Zakładów Siemens SA” – Fabryki Przewodów w Rudzie Pabianickiej. Natomiast w latach 1927-1930 rozpoczęły działalność: Fabryka Kabli SA w Krakowie, Fabryka Kabli i Drutu. Sp. z o.o. w Będzinie, Fabryka Kabli Zahm, Stach i S-ka. Sp. z o.o. w Czechowicach, Polskie Zakłady „Skoda” SA. Warszawska Wytwórnia Kabli SA w Warszawie, Polskie Fabryki Kabli i Walcownia Miedzi SA w Ożarowie koło Warszawy [5].

Kolejny etap rozwoju polskiego przemysłu kablowego przypadał na okres powojenny w latach 1945-1990. Z wielkim trudem przywracano w fabrykach produkcję kabli i przewodów. Z trudnością przemysł kablowy zaspokajał szybko rosnące potrzeby odbudowującego się kraju. Warto przypomnieć, że to właśnie wtedy, przy braku surowców zdecydowano się zastosować niekonwencjonalne działania: z ruin Warszawy, Wrocławia i innych miast wydobywano kable, wyluskiwano z nich miedź i przetapiano ją na potrzeby przemysłu kablowego [5].

### KABLE STOSOWANE W SIECIACH DYSTRYBUCYJNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA W POLSCE

W okresie międzywojennym oraz po II wojnie światowej w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia dominowały kable trzy- i czteryżyłowe o izolacji papierowej przesyconej olejem i powłoce ołowianej. Aluminiowe lub miedziane żyły robocze były wielokrotnie owinięte taśmą wykonaną z papieru kablowego przesyconą zagęszczonym mineralnym olejem kablowym. Wszystkie izolowane żyły robocze kabla były dodatkowo owinięte taśmą papierową, a następnie pokryte szczelną powłoką ołowianą. W zależności od warunków ułożenia kable te miały pancerz z taśm lub drutów stalowych oraz osłonę przeciwkorozyjną wykonaną z asfaltowej juty. W eksploatacji znajdują się również jeszcze kable niskiego napięcia o powłoce aluminiowej typu ALAKA i ALAKY, gdzie powłoka pełniła dodatkowo rolę pancerza (jako ochronę od uszkodzeń mechanicznych) i rolę żyły ochron-

no-neutralnej. Dlatego też kable o powłoce aluminiowej były o trzech żyłach roboczych [3]. Budowę kabli o izolacji papierowej przesyconej olejem przedstawiono na rys. 3a i 3b.

Dość powszechne było, w okresie powojennym, układanie bednarki wzdłuż istniejących kabli trzyżyłowych jako żyły ochronno-neutralnej.

W latach sześćdziesiątych w Polsce pojawiły się na rynku kable czteryżyłowe o izolacji polwinitowej i o powłoce ołowianej lub polwinitowej. Budowa kabli czteryżyłowych o izolacji i powłoce polwinitowej przedstawiono na rys. 3c.

Polskie wymagania normatywne dla kabli elektroenergetycznych o izolacji papierowej przesyconej olejem i powłoce metalowej (ołowianej i aluminiowej) przedstawiono na rys. 4. Polskie wymagania normatywne dla kabli o izolacji polwinitowej lub polietylenowej i powłoce ołowianej lub polwinitowej przedstawiono na rys. 5.

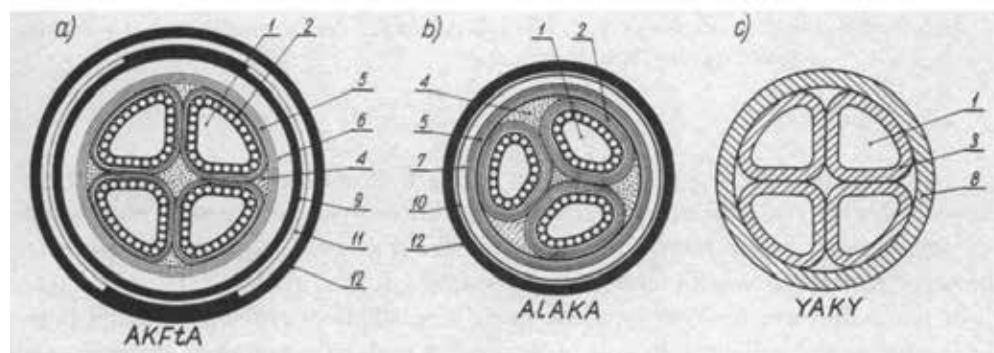
Pierwszą próbę w Polsce, zakończoną niepowodzeniem, zastąpienia izolacji polwinitowej izolacją polietylenową, w kablach dystrybucyjnych niskiego napięcia, podjął pierwszy współautor artykułu jeszcze w latach dziewięćdziesiątych poprzedniego wieku w Zakładzie Energetycznym Gdańsk. Taka możliwość pojawiła się w styczniu 1994 r., kiedy to Polskie Normy przestały być przepisem prawa. Druga próba, tym razem zakończona sukcesem, została dokonana przez współautorów w ramach prac zespołu nad standaryzacją techniczną ENERDZE Gdańskiej Kompanii Energetycznej S.A. w 2001 r. [12] (polietylenowa izolacja żył funkcjonowała na prawach równoważności z izolacją polwinitową). Rozwiązanie techniczne jednego z późniejszych oddziałów grupy energetycznej ENERGA zostało przeniesione do całej grupy w 2006 r. [13], a ostateczne wyeliminowanie izolacji polwinitowej ze standardów technicznych ENERGA-OPERATOR S.A. nastąpiło w 2008 r. z inicjatywy drugiego współautora artykułu [14]. Uzasadnieniem tego działania były lepsze parametry izolacyjne polietylenu, co pozwoliło zmniejszyć grubość izolacji i w efekcie zmniejszyć średnicę całego kabla, oraz wyższa temperatura obciążalności długotrwałej i dla zwarcia [37, 38, 39].

Zespoły standaryzacyjne pozostałych spółek dystrybucyjnych również pracowały nad zmianą rodzaju izolacji żył roboczych kabli niskiego napięcia i w efekcie tych prac, w późniejszych latach, również zmieniły swoje wymagania techniczne w tym zakresie.

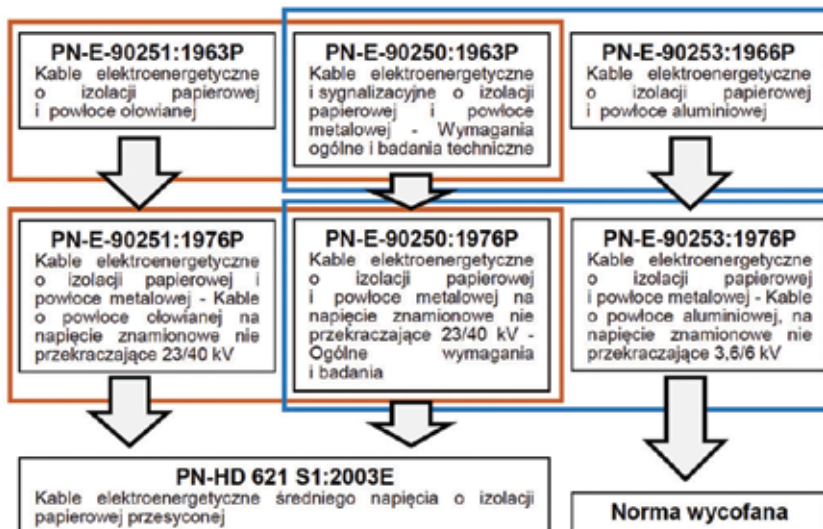
W tabeli 1 zestawiono obecne wymagania polskich spółek dystrybucyjnych. Warto zwrócić uwagę nie tylko na różne tworzywa sztuczne wymagane jako izolacja i powłoka kabli, ale także na różnice w standardowych przekrojach kabli oraz na różny sposób ich oznakowania (zgodny z Dokumentem Harmonizacyjnym PN HD 603 S1:2006P+A3:2009P Kable elektroenergetyczne na napięcie znamionowe 0,6/1 kV [33] lub zgodny z Załącznikiem krajowym NB). Należy w tym miejscu podkreślić, że nie wszystkie kable produkowane w Polsce są zgodne z ww. dokumentem harmonizacyjnym. Szerzej ten problem był omawiany w referacie [6].

Rys. 3. Budowa kabli niskiego napięcia typu: a) AKFtA; b) ALAKA; c) YAKY

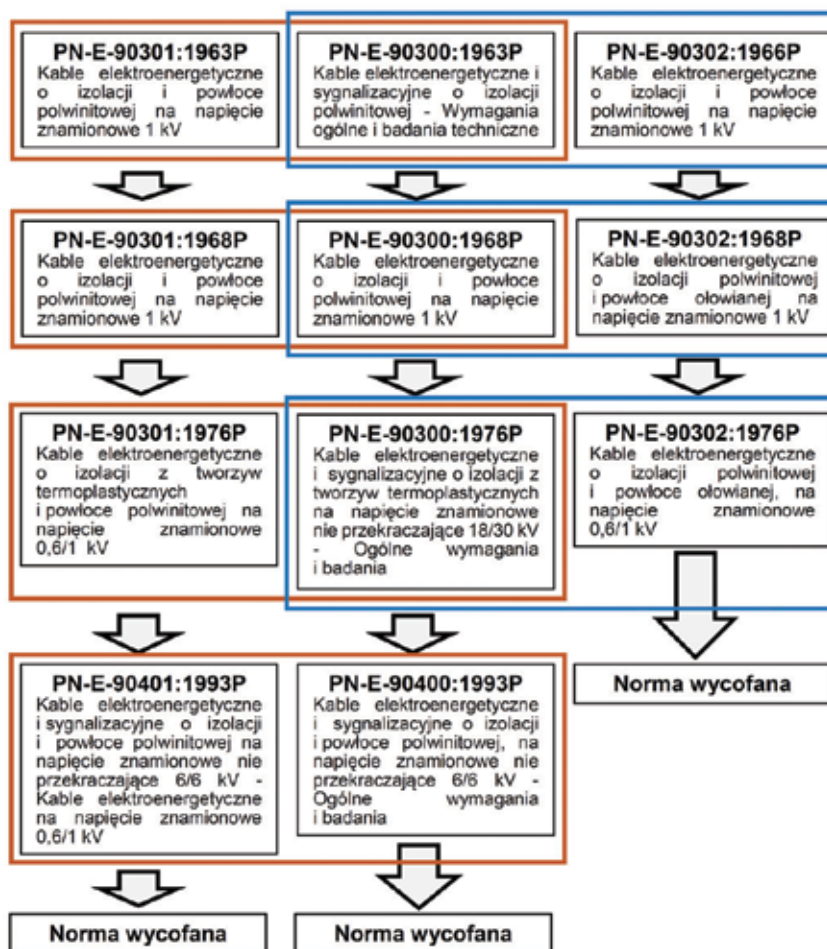
- 1 - żyła aluminiowa; 2 - papierowa przesycona olejem izolacja żyły roboczej; 3 - polwinitowa izolacja żyły roboczej; 4 - wkładka wypełniająca; 5 - izolacja rdzeniowa; 6 - powłoka ołowiana; 7 - powłoka aluminiowa; 8 - powłoka polwinitowa; 9 - osłona włóknista wewnętrzna; 10 - osłona z taśm polwinitowych; 11 - pancerz z taśm stalowych; 12 - osłona włóknista zewnętrzna (juta asfaltowa). Źródło: [3]



Rys. 4. Krajowe wymagania normatywne dla kabli elektroenergetycznych o izolacji papierowej przesyconej olejem i powłoce metalowej. Źródło: oprac. M. Schwann, na podst.: [16-21, 34]



Rys. 5. Krajowe wymagania normatywne dla kabli elektroenergetycznych o izolacji polwinitowej lub polietylenowej i powłoce ołowianej lub polwinitowej. Źródło: oprac. M. Schwann na podst.: [22-32]



W tabeli także wśród zalet wymieniono istnienie wypełniacza między żyłami, który ułatwia montaż muf rozgałęźnych (trójnikowych) oraz utrudnia penetrację wody wzdłuż kabla [37, 38, 39].

**KABLE STOSOWANE W SIECIACH DYSTRYBUCYJNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA W WYBRANYCH KRAJACH EUROPY I W USA**

W Europie Zachodniej, podobnie jak w Polsce, w okresie międzywojennym oraz po II wojnie światowej w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia dominowały kable trzy- i czterożyłowe, o izolacji papierowej przesyconej olejem i powłoce ołowianej lub aluminiowej. W latach pięćdziesiątych wykorzystano po raz

pierwszy plastyfikowany polichlorek winylu (PVC), zwany w Polsce polwinitem, jako izolację kabli [35].

Konstruktorzy przy projektowaniu kabli o izolacji i powłoce z tworzyw sztucznych do sieci rozdzielczych niskiego napięcia uwzględniali zasady przyjęte w poprzednich latach, w wielu przypadkach mających swoje źródło jeszcze w liniach napowietrznych, np. we Francji przewód neutralny jest o mniejszym przekroju niż trzy żyły robocze. W wielu krajach Europy, w przeciwieństwie do Polski, jako standard przyjęto kable z wypełnieniem. Wraz z rozwojem technologii wytwarzania tworzyw sztucznych inne tworzywa zaczęto wykorzystywać jako izolację i powłokę kabli niskiego napięcia. Na rynku pojawiły się również kable o izolacji

Tabela 1. Typy kabli stosowanych w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia w Polsce.  
Źródło: oprac. R. Joeck na podstawie [15]

Lp.	Operator sieci dystrybucyjnej (OSD)	Widok	Oznaczenie typu kabla	Izolacja żył	Powłoka	Prekrój mm <sup>2</sup>	Promień gięcia mm	Zalety	Wady
1	ENEA Operator		NAY2Y-J	PVC	PE	4x150	630	PE Wypelniacz między żyłami	PVC Mały przekrój
2	ENERGA Operator		YAKXS	XLPE	PVC	4x240	870	XLPE Wypelniacz między żyłami	Bardzo sztywny
3	PGE Dystrybucja		YAKY/ YAKXS	PVC/ XLPE	PVC	min 4x120	630/870		Brak wypełnienia między żyłami
4	PKP Energetyka		YAKXS	XLPE	PVC	4x240	870	XLPE	Bardzo sztywny Brak wypełniacza między żyłami
5	Innogy Stoen Operator		NAYY-J	PVC	PVC	4x150	630	Wypelniacz między żyłami	PVC Mały przekrój
6	Tauron Dystrybucja		YAKXS/ XAKXS	XLPE	PVC/PE	4x240	870	XLPE	Bardzo sztywny Brak wypełnienia między żyłami

z polietylenu termoplastycznego. W tabeli 2 zestawiono obecne stosowane kable w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia w wybranych krajach Europy i USA. Warto zwrócić uwagę na kable o izolacji z kauczuku etylenowo-propylenowego (EPR), wielodrutowej miedzianej żyły neutralnej, oplatającej skręcone trzy żyły robocze, o powłoce z polietylenu bezhalogenowego stosowane w sieciach dystrybucyjnych w Szwajcarii. Również konstrukcja kabli niskiego napięcia stosowana w Stanach Zjednoczonych Ameryki zasługuje na uwagę. Jest całkowicie odmienna od konstrukcji kabli stosowanych w Europie. W dużej części krajów Europy izolacja PVC została wyparta przez izolację wykonaną z polietylenu usieciowanego (XLPE) [37, 38, 39].

### BUDOWA KABLI NISKIEGO NAPIĘCIA I JEJ WPŁYW NA ELASTYCZNOŚĆ

W pierwszym okresie od wdrożenia do produkcji tworzyw sztucznych jako izolację i powłokę kabla dominującymi właściwościami, mającymi podstawowe znaczenie, była wytrzymałość izolacyjna, w przypadku izolacji żył roboczych kabla oraz ich szczelność, w przypadku powłoki. Mniejsze znaczenie miały względy eksploatacyjne, w tym elastyczność kabla oraz względy wpływu tych tworzyw na środowisko.

Zastąpienie izolacji żył roboczych kabli dystrybucyjnych niskiego napięcia wykonanej z polichlorku winylu polietylenem usieciowanym spowodowało wzrost sztywności kabla mierzonej pro-

Tabela 2. Typy kabli stosowanych w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia w wybranych krajach Europy i USA.  
Źródło: oprac. R. Joeck

Lp.	Widok	Kraj	Izolacja żył	Powłoka	Prekrój mm <sup>2</sup>	Promień gięcia mm	Zalety
1		Szwajcaria	Sieciowany EPR	PE bez-halogenowy	3x240/150	300	Bardzo giętki
2		Szwajcaria	Sieciowany EPR	PE bez-halogenowy	3x240/150	400	Giętki
3		Francja	XLPE	PCV	3x240+95	?	Pancerz
4		USA	XLPE/HDXLPE	Brak	AWG 500MCM (4x240)	354 (14")	Bardzo giętki
5		Niemcy	XLPE	PE	4x150	564	XLPE, PE Wypelniacz między żyłami
6		Niemcy	XLPE	PVC	4x240	708	XLPE Wypelniacz między żyłami
7		Niemcy	PVC	PE	4x240	672	XLPE Wypelniacz między żyłami
8		Niemcy	PVC	PVC	4x240	672	XLPE Wypelniacz między żyłami



mieniem gięcia. Nie miało to, być może, zbyt dużego znaczenia w spółkach dystrybucyjnych, gdzie standardowym przekrojem żyły roboczej była żyła robocza 150 mm<sup>2</sup>. W Polsce, gdzie jednym ze standardowych przekrojów żyły roboczej jest 240 mm<sup>2</sup>, wzrost sztywności kabla był już zauważalny przez elektryków, w szczególności podczas wprowadzania kabli do kablowych rozdzielnic szafowych naziemnych (tzw. złączy kablowych). Promień gięcia dla kabla typu YAKXS 4 x 240 mm<sup>2</sup>, najpowszechniej obecnie stosowanego w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia w Polsce, wynosi od 550 do 870 mm (w zależności od rodzaju mieszanki PVC), podczas gdy taki sam typ kabla o przekroju żył roboczych 150 mm<sup>2</sup> ma promień gięcia od 564 do 630 mm. Widok kabla o izolacji polietylenowej XLPE i powłoce polwinitowej przedstawiono na rys. 6. Widok kabla typu YAKXS 4 x 240 mm<sup>2</sup> przyłączonego do zacisków rozłącznika bezpiecznikowej z możliwym przekroczeniem promienia gięcia przedstawiono na rys. 8. Nie można nie dostrzec konstrukcji kabla o trzech żyłach aluminiowych o izolacji z kauczuku etylenowo-propylenowego (EPR) oplecionych drutami miedzianymi, jako żyły ochronno-neutralnej, gdzie promień gięcia wynosi od 300 do 400 mm (rys. 7), w zależności od rodzaju żyły roboczej [37, 38, 39].

Wybór przekroju żyły roboczej 150 mm<sup>2</sup> jako standardu po części był związany z powszechnym stosowaniem w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia, m.in. w Niemczech, muf rozgałęźnych (trójnikowych) wyposażonych w pierścien z zaciskiem przebijającym izolację z okrągłym frezem, który wcinął się ruchem obrotowo-posuwistym w żyłę roboczą po przebiciu się przez izolację. Stosowanie tego typu zacisków w kablach o żyłach wielodrutowych było niemożliwe.

Chcąc spełnić oczekiwania elektryków w zakresie zwiększenia elastyczności kabli stosowanych w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia, należałoby przeanalizować następujące rozwiązania [37, 38, 39]:

- zmniejszenie przekroju standardowego żyły roboczej z 240 do 150 mm<sup>2</sup>;
- stosowania innych tworzyw sztucznych jako izolację żyły roboczej, np. polietylen termoplastyczny (jak w napowietrznych przewodach izolowanych stosowanych w niektórych krajach Europy), sieciowany kauczuk etylenowo-propylenowy (EPR);

- stosowania innej konstrukcji kabla, np. kabla o żyły ochronno-neutralnej wykonanej z drutów miedzianych oplatających żyły robocze;
- zastosowanie kombinacji ww. rozwiązań.

Przy wyborze optymalnego rozwiązania nie bez znaczenia jest koszt kabli o elastycznej konstrukcji spełniających oczekiwania elektryków.

### STOSOWANE TWORZYWA JAKO IZOLACJA ŻYŁ ROBOCZYCH I POWŁOKI KABLI I ICH WPŁYW NA ELASTYCZNOŚĆ

Porównanie właściwości izolacyjnych i termomechanicznych polichlorku winylu i polietylenu nie zostawia złudzeń i tylko umacnia w przekonaniu o słuszności decyzji zastąpienia izolacji żył roboczych na korzyść polietylenu XLPE, nawet kosztem zwiększenia sztywności kabli. Tym bardziej, że izolacja XLPE lepiej znosi chwilowe przeciążenia, np. pochodzące od źródeł prądu przemiennego i zdecydowanie mniej wchłania wody niż PVC [8]. W przypadku powłoki kabla wybór materiału już nie jest tak oczywisty. PVC, dostępny na rynku w różnych wersjach wykonania, w tym: ciepłoodporny 90°C o temperaturze użytkowania od -20 do 90°C, ciepłoodporny 90°C o temperaturze użytkowania od 20 do 90°C, wreszcie mrozoodporny o temperaturze użytkowania od -40°C do 70°C, pozwala nabrać przekonania, że to nie ostatnia odsłona tego tworzywa w zastosowaniu tego materiału na kable, w szczególności na powłokę kabla [37, 38, 39].

Obecnie wiele firm zwraca baczną uwagę na zrównoważony rozwój, w tym poszukiwania i stosowanie materiałów izolacyjnych ekologicznych, w skład których nie wchodzi substancje niebezpieczne dla ludzi. Ma to duże znaczenie dla kabli i przewodów układanych w pomieszczeniach dostępnych dla ludzi, nieco mniej dla kabli układanych w ziemi. Izolacja i powłoka przewodów i kabli układanych w pomieszczeniach dostępnych dla ludzi powinny być wykonane z materiałów tzw. bezhalogenowych, to znaczy całkowicie pozbawionych m.in. metali ciężkich i ich związków oraz wszelkich dodatków zawierających związki chloro-, bromo- i fluoroorganiczne, trójtlenek antymonu, chloroparafiny, ftalany, polibromowe etery dwufenylowe. Tworzywa bezhalogenowe powinny być stabilne w czasie pożaru i nie ulegać rozkładowi z wydzielaniem związków toksycznych, również nie powinny wydzielać dymów



Rys. 6. Widok kabla o izolacji polietylenowej XLPE i powłoce polwinitowej.  
Źródło: [11]



Rys. 7. Widok kabla o trzech żyłach aluminiowych o izolacji z kauczuku etylenowo-propylenowego (EPR), oplecionych drutami miedzianymi, jako żyły ochronno-neutralnej.  
Źródło: [10]



Rys. 8. Widok kabla typu YAKXS 4 x 240 mm<sup>2</sup> przyłączonego do zacisków rozłącznika bezpiecznikowej z przekroczeniem promienia gięcia.  
Źródło: archiwum M. Schwann

zawierających sadzę, która mogłaby utrudniać akcję gaśniczą. Materiały termoplastyczne stosowane jako izolacja przewodów i kabli ekologicznych nie zawierają plastifikatorów i stabilizatorów oraz związków zmniejszających palność na bazie antymonu i związków bromoorganicznych. Działanie płomienia na te materiały izolacyjne nie powoduje zanieczyszczenia środowiska naturalnego halogenami. Najczęściej są to tworzywa: PE – polietylen izolacyjny spieniony powłokowy, XLPE – polietylen usieciowany, LDPE – polietylen niskiej gęstości wysokociśnieniowy, HDPE – polietylen wysokiej gęstości niskociśnieniowy, PP – polipropylen, TPEO – termoplastyczny elastomer poliolefinowy [9].

W laboratoriach wielu krajów Europy poszukuje się nowych tworzyw do stosowania jako izolacja żył roboczych oraz powłoki w kablach wykorzystywanych w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia. Operator sieci dystrybucyjnej w Holandii rozpoczął układać kable o izolacji polipropylenowej. Z kolei we Włoszech jako izolację kabli niskich napięć coraz częściej stosuje się materiały termoplastyczne oraz elastomery [37, 38, 39].

Oprócz opisywanej elastyczności kabli w zasięgu zainteresowania jest również możliwość układania kabli metodą mechaniczną. Pierwsze próby układania kabli o izolacji polietylenowej XLPE i o pogrubionej powłoce wykonanej z polietylenu o dużej gęstości HDPE miały miejsce w Austrii [37, 38, 39].

Obecnie badania w ośrodkach naukowo-badawczych zmierzają do znalezienia mieszanki znanych dotychczas tworzyw sztucznych, która co najmniej utrzymałaby dobre właściwości polietylenu XLPE i znacząco poprawiła elastyczność kabli. Usieciowany polietylen (XLPE) jest szeroko stosowany jako materiał izolacyjny w kablach elektroenergetycznych od wielu lat. Sieciowanie nadaje ulepszenie na wysokim poziomie właściwości termomechanicznych w porównaniu z polietylenem o małej gęstości. Maksymalna temperatura pracy długotrwałej jest jednak ograniczona do około 90°C, ponieważ materiał ten dramatycznie mięknie, przechodząc w etap topnienia. Z kolei polietylen o wysokiej gęstości (HDPE) ma wyższą potencjalną temperaturę pracy długotrwałej niż LDPE czy też XLPE, lecz jego bardzo duża sztywność praktycznie eliminuje to tworzywo jako izolacja żył kabli sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia. Ponadto tworzywo to zawiera miejsca o zmniejszonej wytrzymałości elektrycznej co niekorzystnie wpływa na wytrzymałość na przebicie. Niemniej jednak mieszanina opisanych powyżej polietylenów oraz polipropylenów i kontrolowana krystalizacja może prowadzić do powstania materiałów izolacyjnych o doskonałej kombinacji właściwości elektrycznych i mechanicznych poprzez uzyskanie najlepszych właściwości z każdego składnika w mieszance [37, 38, 39]. Badania te prowadzone są również pod kątem zastosowania nowych mieszanek w kablach średniego napięcia [2, 4, 7].

Oprócz szeroko opisanego polietylenu i polipropylenu od wielu lat znane są inne tworzywa sztuczne o doskonałych właściwościach. Barierą wejścia jako materiał stosowany jako izolacja i powłoka kabli niskiego napięcia dla tych tworzyw, w większości przypadków, była ich wysoka cena. Zestawienie tworzyw sztucznych do produkcji kabli i przewodów oraz ich właściwości przedstawiono w tabeli 3.

### PODSUMOWANIE

Zastąpienie izolacji żył roboczych kabli dystrybucyjnych niskiego napięcia wykonanej z polichlorku winylu polietylenem usieciowanym spowodowało wzrost sztywności kabla mierzonej promieniem gięcia.

Porównanie właściwości izolacyjnych i termomechanicznych polichlorku winylu i polietylenu nie zostawia złudzeń i tylko umacnia w przekonaniu o słuszności decyzji zastąpienia izolacji żył roboczych na korzyść polietylenu XLPE nawet kosztem zwiększenia sztywności kabli.

Chcąc spełnić oczekiwania elektromonterów w zakresie zwiększenia elastyczności kabli stosowanych w sieciach dystrybucyjnych niskiego napięcia, należałoby przeanalizować następujące rozwiązania:

- zmniejszenie przekroju standardowego żyły roboczej z 240 do 150 mm<sup>2</sup>;
- stosowania innych tworzyw sztucznych jako izolację żyły roboczej, np. polietylen termoplastyczny (jak w napowietrznych przewodach izolowanych stosowanych w niektórych krajach Europy), sieciowany kauczuk etylenowo-propylenowy (EPR);
- stosowania innej konstrukcji kabla, np. kabla o żyłach ochronno-neutralnej wykonanej z drutów miedzianych oplatających żyły robocze;
- zastosowanie kombinacji ww. rozwiązań.

Obecnie prowadzone badania w ośrodkach naukowo-badawczych zmierzające do znalezienia nowej mieszanki znanych dotychczas tworzyw sztucznych, która co najmniej utrzymałaby dobre właściwości polietylenu XLPE i znacząco poprawiła elastyczność kabli, pozwala przypuszczać, że w niedługim czasie na rynku pojawią się nowe konstrukcje kabli wykorzystujące nowe mieszanek tworzyw sztucznych.

### LITERATURA

- [1] O.H. Веселовский, Я.А. Шнейберг: Очерки по истории электротехники. Учебное издание. М.: Издательство МЭИ, 1993.
- [2] High Performance Thermoplastic Cable Insulation Systems for Flexible Network Operation, praca zbiorowa, 9th International Conference on Insulated Power Cables, Jicable'15 - Versailles 21-25 June, 2015.

Tabela 3. Tworzywa sztuczne stosowane do produkcji kabli i przewodów oraz ich właściwości.  
Źródło: oprac. R. Joeck na podstawie [15]

Lp.	Tworzywo sztuczne	Temp. pracy długotrwałej °C	Temp. przy zwarciu °C	Promień gięcia *	Twardość**
1	PVC	70	160	10 x D	37-88 Shore D
2	PE	80			41-50 Shore D
3	HDPE	Powłoka	120-180		60-70 Shore D
4	XLPE	90	250	150 x D	30-80 Shore D
5	HDXLPE	90	250		68 Shore A
6	EPR	90	250	4 x D	30-95 Shore A
7	HEPR	90	250	5 x D	26 Shore D
8	Polipropylen	Powłoka	120		45-88 Shore D
9	Poliuretan	Powłoka			80-95 Shore A
10	Teflon (PTFE)	260	327	4 x D	50-62 Shore D
11	Guma silikonowa	180	350	4 x D	10-90 Shore A

\* - wartości orientacyjne zależne od budowy; \*\* - <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/hardness-shore-d>

- [3] E. Musiał: Instalacje i Urządzenia elektroenergetyczne. Podręcznik dla technikum, WSiP, Wydanie pierwsze, Warszawa, 1998 r., s. 317.
- [4] New Generation Thermoplastic Insulation. 04/15. www.gno-sysglobal.com.
- [5] Polski przemysł kablowy, pod redakcją Grobickiego J., Bydgoszcz, 2007 r.
- [6] M. Schwann: Czy kable stosowane powszechnie w energetyce są zgodne z aktualnymi normami? – X Konferencja naukowo-techniczna Elektroenergetyczne linie kablowe. Stan obecny, nowe techniki, Kołobrzeg, 2-3.12.2015.
- [7] Thermoplastic High Performance Cable Insulation Systems for Flexible System Operation, praca zbiorowa, 2015 Electrical Insulation Conference (EIC), Seattle, Washington, USA, 7-10 June 2015.
- [8] Welcome to the world of Borealis. Company Presentation 2018.
- [9] Wymagania w stosunku do przewodów w przestrzeniach zagrożonych pożarem. Inżynier budownictwa. [http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materiały\\_i\\_technologie,artykuł,wymagania\\_w\\_stosunku\\_do\\_przewodów\\_w\\_przestrzeniach\\_zagrożonych\\_pożarem,6845](http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materiały_i_technologie,artykuł,wymagania_w_stosunku_do_przewodów_w_przestrzeniach_zagrożonych_pożarem,6845).
- [10] Brugg Kabel AG, Szwajcaria: GKN 4-Leiter Alse NS-Polymerkabel 1/0.6kV, [www.bruggcables.com/](http://www.bruggcables.com/)
- [11] NKT Cables. Kable elektroenergetyczne 0,6/1kV z 2009 r., s. 13.
- [12] Standardy techniczne obowiązujące dla urządzeń eksploatowanych w ENERGA Gdańskiej Kompanii Energetycznej S.A., opracowanie zbiorowe, Gdańsk, styczeń 2002 r.
- [13] Standardy techniczne urządzeń elektroenergetycznych WN, SN i nn w Koncernie Energetycznym ENERGA-OPERATOR S.A., Gdańsk, wrzesień 2009 r.
- [14] Specyfikacja techniczna dla kabli i przewodów elektroenergetycznych SN i nn, ENERGA-OPERATOR S.A., Gdańsk, czerwiec 2010 r.
- [15] Standardy techniczne Operatorów Sieci Dystrybucyjnych OSD linii kablowych nn:
- [www.operator.enea.pl/infoosieci/instrukcjeistandardysieci/standardywsiecidystrybucyjnejjeop](http://www.operator.enea.pl/infoosieci/instrukcjeistandardysieci/standardywsiecidystrybucyjnejjeop);
  - [www.energa-operator.pl/centrum\\_informacji/standardy\\_tech\\_niczne.xml](http://www.energa-operator.pl/centrum_informacji/standardy_tech_niczne.xml);
  - [www.innogystoenoperator.pl/pl/strona/specyfikacje-techniczne](http://www.innogystoenoperator.pl/pl/strona/specyfikacje-techniczne);
  - [www.pgedystrybucja.pl/Dla-Klienta/Przydatne-dokumenty/akordeon-Przydatne-dokumenty/wbse](http://www.pgedystrybucja.pl/Dla-Klienta/Przydatne-dokumenty/akordeon-Przydatne-dokumenty/wbse);
  - [www.pkpenerytyka.pl/Energia-dla-kolei/Dokumenty-do-pobra\\_nia](http://www.pkpenerytyka.pl/Energia-dla-kolei/Dokumenty-do-pobra_nia);
  - [www.tauron-dystrybucja.pl/uslugi-dystrybucyjne/standardy-techniczne-sieci/ksiega-standardow-technicznych](http://www.tauron-dystrybucja.pl/uslugi-dystrybucyjne/standardy-techniczne-sieci/ksiega-standardow-technicznych).
- [16] PN-E-90250:1963P Kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne o izolacji papierowej i powłoce metalowej – Wymagania ogólne i badania techniczne.
- [17] PN-E-90250:1976P Kable elektroenergetyczne o izolacji papierowej i powłoce metalowej na napięcie znamionowe nie przekraczające 23/40 kV - Ogólne wymagania i badania.
- [18] PN-E-90251:1963P Kable elektroenergetyczne o izolacji papierowej i powłoce łożowanej.
- [19] PN-E-90251:1976P Kable elektroenergetyczne o izolacji papierowej i powłoce metalowej - Kable o powłoce łożowanej na napięcie znamionowe nie przekraczające 23/40 kV.
- [20] PN-E-90253:1966P Kable elektroenergetyczne o izolacji papierowej i powłoce aluminiowej.
- [21] PN-E-90253:1976P Kable elektroenergetyczne o izolacji papierowej i powłoce metalowej - Kable o powłoce aluminiowej, na napięcie znamionowe nie przekraczające 3,6/6 kV.
- [22] PN-E-90300:1963P Kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne o izolacji polwinitowej - Wymagania ogólne i badania techniczne.
- [23] PN-E-90300:1968P Kable elektroenergetyczne o izolacji i powłoce polwinitowej na napięcie znamionowe 1 kV.
- [24] PN-E-90300:1976P Kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne o izolacji z tworzyw termoplastycznych na napięcie znamionowe nie przekraczające 18/30 kV - Ogólne wymagania i badania.
- [25] PN-E-90301:1963P Kable elektroenergetyczne o izolacji i powłoce polwinitowej na napięcie znamionowe 1 kV.
- [26] PN-E-90301:1968P Kable elektroenergetyczne o izolacji i powłoce polwinitowej na napięcie znamionowe 1 kV.
- [27] PN-E-90301:1976P Kable elektroenergetyczne o izolacji z tworzyw termoplastycznych i powłoce polwinitowej na napięcie znamionowe 0,6/1 kV.
- [28] PN-E-90302:1963P Kable elektroenergetyczne o izolacji i powłoce polwinitowej na napięcie znamionowe 1 kV.
- [29] PN-E-90302:1968P Kable elektroenergetyczne o izolacji i powłoce łożowanej na napięcie znamionowe 1 kV.
- [30] PN-E-90302:1976P Kable elektroenergetyczne o izolacji polwinitowej i powłoce łożowanej, na napięcie znamionowe 0,6/1 kV.
- [31] PN-E-90400:1993P Kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne o izolacji i powłoce polwinitowej, na napięcie znamionowe nie przekraczające 6/6 kV - Ogólne wymagania i badania.
- [32] PN-E-90401:1993P Kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne o izolacji i powłoce polwinitowej na napięcie znamionowe nie przekraczające 6/6 kV - Kable elektroenergetyczne na napięcie znamionowe 0,6/1 kV.
- [33] PN-HD 603 S1:2006P+A3:2009P Kable elektroenergetyczne na napięcie znamionowe 0,6/1 kV.
- [34] PN-HD 621 S1:2003E Kable elektroenergetyczne średniego napięcia o izolacji papierowej przesyconej.
- [35] <https://www.elandcables.com/the-cable-lab/faqs/faq-what-are-the-benefits-of-pvc-insulated-cables>.
- [36] <https://www.bie-paris.org/site/en/blog/entry/zenobe-gramme-s-electrifying-discovery-at-expo-1873-vienna>.
- [37] R. Joeck, M. Schwann: Porównanie parametrów technicznych i właściwości eksploatacyjnych tworzyw sztucznych stosowanych do produkcji kabli niskiego napięcia (współautor: Remigiusz Joeck, JOECK Usługi Konsultingowe) – Konferencja Naukowo-Techniczna Elektroenergetyczne linie napowietrzne i kablowe niskich i średnich napięć, Wiśła, 17.10.2018.
- [38] R. Joeck, M. Schwann: Analiza porównawcza tworzyw sztucznych stosowanych do produkcji kabli niskiego napięcia, Energia Elektryczna, Nr 12/2018.
- [39] R. Joeck, M. Schwann: Tworzywa sztuczne w kablach niskiego napięcia, INPE nr 234, marzec 2019.

---

**Remigiusz Joeck**  
 JOECK Usługi Konsultingowe – Gdańsk  
**Mirosław Schwann**  
 KENTIA Firma Konsultingowa – Wejherowo



**Wittmann**

**Battenfeld**

# Wynajem

robotów i wtryskarek



## Nowy program wynajmu maszyn

Wiecej niż proste finansowanie



Millennium Leasing sp. z o.o.  
Adrian Kabatnik  
adrian.kabatnik@millenniumleasing.pl  
+ 48 605 204 033

WITTMANN BATTENFELD  
E info@wittmann-group.pl  
T + 48 22 724 38 07

**Millennium**  
leasing

**Badanie klasy palności tworzyw sztucznych stosowanych w rozłącznikach bezpiecznikowych typu listwowego niskiego napięcia** (cz. 1, nr 4/2019, s. 37-43)

# Badanie klasy palności tworzyw sztucznych – cz. 2

Mirosław Schwann

Infrastruktura techniczna, zapewniająca dostawę energii elektrycznej, umieszczona w przestrzeni publicznej, rozumianej jako obszar o szczególnym znaczeniu dla zaspokajania potrzeb mieszkańców, poprawy jakości ich życia i sprzyjający nawiązywaniu kontaktów społecznych, ze względu na położenie oraz cechy funkcjonalno-przestrzenne [6], nie może pogorszyć bezpieczeństwa osób postronnych i pracowników wykonujących pracę przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych. Kluczowe dla bezpieczeństwa jest wyznaczenie odpowiednich stref i odpowiedni dobór materiałów zapewniających bezpieczeństwo w tych strefach.

## METODY BADANIA PŁOMIENIEM PROBIERCZYM 50 W wg PN-EN 60695-11-10

### Informacje ogólne o normie PN-EN 60695-11-10

Norma PN-EN 60695-11-10:2014-02E Badanie zagrożenia ogniowego – Część 11-10: Płomień probierczy – Metody badania płomieniem probierczym 50 W przy poziomym i pionowym ustawieniu próbki [17] opisuje sposób postępowania klasyfikacyjnego w małej skali laboratoryjnej, służący do porównania zachowania się w czasie palenia pionowo albo poziomo ustawionych próbek wykonanych z niemetalicznych materiałów, w tym tworzyw sztucznych, narażonych na działanie źródła zapalenia małym płomieniem o mocy znamionowej 50 W.

Podane w normie metody badań określają liniową prędkość palenia się oraz czasy płonienia-żarzenia się, jak i też długość uszkodzenia próbek. Metody te stosuje się do materiałów stałych oraz porowatych. Z kolei metod tych nie należy stosować do materiałów, które po przyłożeniu płomienia kurczą się bez zapalenia się. Opisane w normie metody badań stanowią system klasyfikacji, który można stosować w celu zapewnienia jakości lub do wstępnego doboru materiałów wchodzących w skład wyrobu,

pod warunkiem uzyskania pozytywnych wyników przy grubości użytej w danym zastosowaniu nie mniejszej niż próbki badanej.

### Próbki

Próbki należy wycinać z reprezentatywnej części tworzywa sztucznego, pobranego z wyrobu (taki sposób wykonania próbki w większości przypadków jest możliwy dla obudów kablowych rozdzielnic szafowych i szafek pomiarowych niskiego napięcia). Na rysunku 7 przedstawiono drzwi obudowy kablowej rozdzielnic szafowej z wyciętymi próbkami.

Jeżeli nie jest to możliwe, próbki należy wykonać w taki sam sposób, jaki stosuje się przy formowaniu części wyrobu (taki sposób wykonania próbki jest typowy dla podstaw bezpiecznikowych i rozłączników bezpiecznikowych typu listwowego nn).

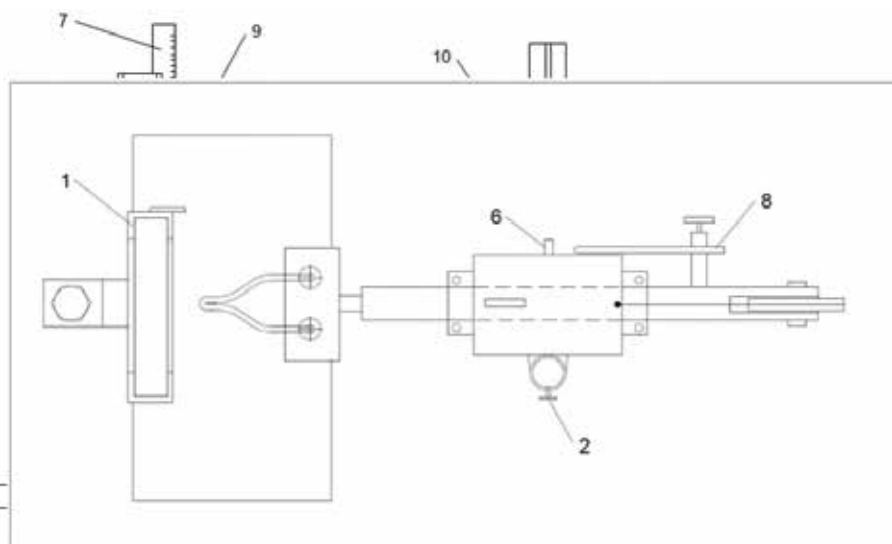
Jeżeli i to nie jest możliwe, należy zastosować odpowiednią metodę wg odpowiedniej normy ISO. Jeżeli nie jest możliwe przygotowanie próbek z zastosowaniem ww. metod, w badaniach należy wykonać próbę płomieniem igłowym, zgodnie z normą PN-EN 60695-11-5:2017-08E Badanie zagrożenia ogniowego – Część 11-5: Płomień probierczy – Metoda badania płomieniem igłowym – Urządzenie, układ do próby sprawdzającej i wytyczne [15].

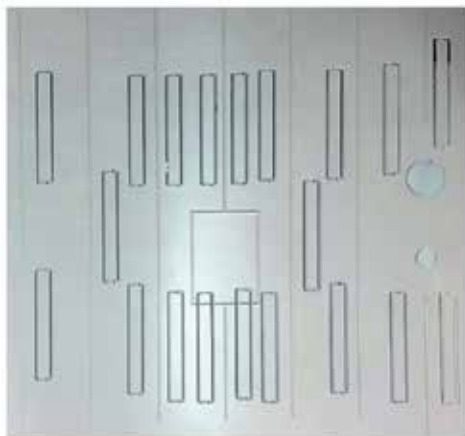
Rys. 6.

Widok z boku i z góry przykładowego urządzenia probierczego, w którym porusza się rozżarzony drut z termoelementem, statyczny jest uchwyt z badanym wyrobem. Źródło: [10].

#### Objaśnienia:

1. Uchwyt wyrobu
2. Śruba regulująca wysokość
3. Cięgno
4. Podstawa
5. Obciążnik
6. Nastawialny zderzak
7. Skala do pomiaru wysokości płomienia
8. Nastawianie głębokości wnikania drutu
9. Rozżarzony drut
10. Sworzeń hamujący
11. Sworzeń do mocowania rozżarzonego drutu
12. Rolki o małym tarcu
13. Podkładka





Rys. 7. Widok drzwi obudowy kablowej rozdzielnic szafowej z wyciętymi próbkami.  
Źródło: archiwum autora

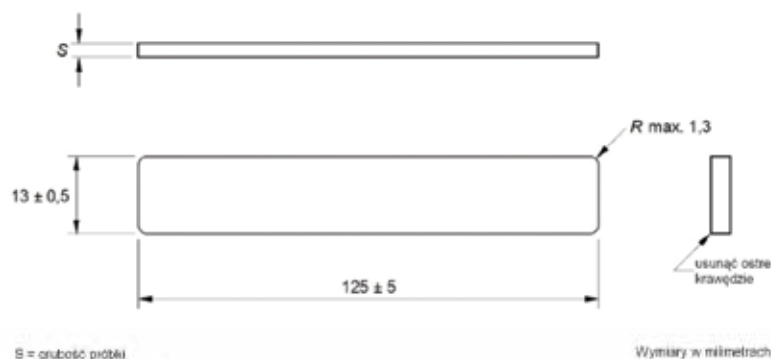
Po każdej operacji cięcia należy zwrócić uwagę na to, aby usunąć pył oraz wszelkie cząstki z powierzchni. Obcięte brzozy powinny być oszlifowane drobnym papierem ściernym, do uzyskania gładkiego wykończenia [17].

Próbki w postaci pręta powinny mieć wymiary: długość  $125 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ , szerokość  $13 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  oraz minimalne i maksymalne grubości takie jak z normalnej dostawy. Norma wskazuje korzystne grubości próbek jako: 0,1 mm, 0,2 mm, 0,4 mm, 0,75 mm, 1,5 mm, 3,0 mm, 6,0 mm i/lub 12 mm. Grubość próbek nie powinna przekraczać 13 mm. Krawędzie próbki powinny być gładkie, a promień zaokrąglenia naroży nie powinien być większy niż 1,3 mm. Można stosować inne grubości próbek po uzgodnieniu między zainteresowanymi stronami. Stosowanie innych grubości należy podać w sprawozdaniu z próby. Pomiar grubości powinny być wykonane w środkowej części próbki i na obu jej końcach za pomocą mikrometru. Wartość przyjmowana jako grubość próbki to średnia arytmetyczna z trzech ww. pomiarów [17]. Widok próbki wykonanej zgodnie z ww. wymaganiami przedstawiono na rysunku 8.

Do badań metodą A (próba poziomego palenia się) należy przygotować co najmniej sześć próbek w postaci prętów. Jeżeli w pierwszym badanym zestawie trzech próbek poddanych określone procesowi stabilizacji chociaż jedna próbka z zestawu nie spełnia wszystkich wymaganych kryteriów dla jednej z kategorii, należy poddać próbie dodatkowy zestaw trzech próbek stabilizowanych tym samym sposobem. Wszystkie próbki z drugiego zestawu powinny spełniać wymagania określone dla danej kategorii [17].

Do badań metodą B (próba pionowego palenia się) należy przygotować co najmniej dwadzieścia próbek w postaci prętów. Zestawy złożone z pięciu próbek należy stabilizować przez 48 h w temperaturze  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  i wilgotności względnej  $50\% \pm 5\%$ . Próbki, które zostały wyjęte z komory klimatyzacyjnej powinny być poddane próbie w ciągu 1 h. Kolejny zestaw złożony z pięciu próbek należy poddać starzeniu, w suszarce z obiegiem powietrza przez  $168 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$  w temperaturze  $70^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , a następnie studzić w eksykatorze przez co najmniej 4 h. Próbki wyjęte z eksykatora powinny być poddane próbie w ciągu 0,5 h.

Wszystkie próbki należy badać w atmosferze laboratorium, w temperaturze od  $13^\circ\text{C}$  do  $35^\circ\text{C}$  i wilgotności względnej powietrza od 45% do 75%. Jeżeli nawet jedna próbka z zestawu pięciu próbek, poddanych określone procesowi stabilizacji, nie spełnia wszystkich wymaganych kryteriów dla jednej z ka-



Rys. 8. Widok próbki wykonanej zgodnie z wymaganiami PN-EN 60695-11-10

tegorii, należy poddać próbie dodatkowy zestaw pięciu próbek stabilizowanych tym samym sposobem. W celu sprawdzenia całkowitego czasu płonienia należy poddać próbom dodatkowy zestaw pięciu próbek, jeśli całkowite czasy płonienia dla kategorii V-0 są w zakresie od 51 s do 55 s, lub dla kategorii V-1 i V-2 w zakresie od 251 s do 255 s. Wszystkie próbki z drugiego zestawu powinny spełniać wszystkie wymagane kryteria dla danej kategorii [17].

Jeżeli chociaż jedna próbka drugiego zestawu przy próbie palności pionowej w celu określenia jej klasy palności „V” uległa całkowitemu spalenię bądź jej czasy palenia wykraczają poza normy czasowe określone w tabeli dla danych kategorii V0, V1 bądź V2 to próbka taka nie otrzymuje żadnego oznaczenia w postaci jej klasy palności i otrzymuje status „niesklasyfikowana” dla pionowej próby palności. W takim przypadku próbkę taką należy poddać próbie poziomego palenia się, gdzie na podstawie zmierzonego jej czasu palenia określona zostanie dla niej klasa palności jako HB lub HB 40 albo HB 75 [3, 4].

#### Metoda A – Próba poziomego palenia się

W tej próbie należy badać trzy próbki. Każda próbka powinna być oznakowana dwoma liniami prostopadłymi do osi wzdłużnej pręta, w odległości  $25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  i  $100 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  od końca, który ma być zapalony. Próbkę mocuje się w statywie w taki sposób, aby wzdłużna oś próbki była w przybliżeniu pozioma, a jej oś poprzeczna nachylona pod kątem  $45^\circ \pm 2^\circ$  [17]. Widok zamocowania próbki przedstawiono na rysunku 9.

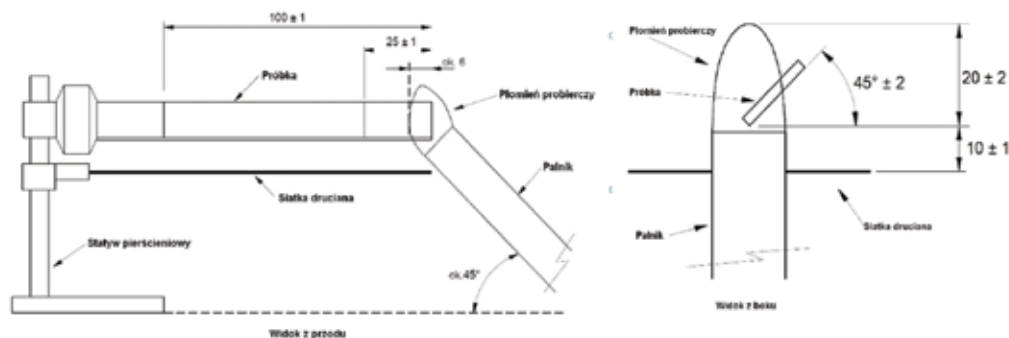
Palnik, po uprzednim wyregulowaniu, aby wytwarzał znormalizowany płomień probierczy o mocy nominalnej 50 W (spełniający wymagania PN-EN 60695-11-4:2012E Badanie zagrożenia ogniowego – Część 11-4: Płomień probierczy – Płomień 50 W – Urządzenie i metody prób sprawdzających [14]) i odczekaniu po jego wyregulowaniu 5 minut do osiągnięcia stanu równowagi z warunkami otoczenia, należy przyłożyć do próbki w taki sposób, aby oś środkowa palnika była nachylona w przybliżeniu pod kątem  $45^\circ$  do poziomu w kierunku wolnego końca próbki, a płomień był przyłożony do dolnej krawędzi wolnego końca próbki. Oś środkowa palnika powinna być w tej samej płaszczyźnie pionowej co wzdłużna dolna krawędź próbki. Sposób przyłożenia palnika przedstawiono na rysunku 9.

Płomień probierczy należy utrzymać przez  $30 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$  nie zmieniając jego położenia albo odsunąć palnik, co najmniej na odległość 150 mm, jak tylko czoło płomienia na próbce osiągnie znak 25 mm (jeśli nastąpi to wcześniej niż po 30 s). Jeżeli czoło palnika osiągnie znak 25 mm, uruchomić miernik czasu.

Jeśli po odsunięciu płomienia probierczego próbka pali się nadal płomieniem, zanotować czas potrzebny na przejście czo-



Rys. 9.  
Sposób umieszczenia próbki w próbie poziomego palenia się.  
Źródło: [17]



ła płomienia od znaku 25 mm do znaku 100 mm oraz zanotować długość zniszczenia próbki wynoszącą 75 mm. Jeżeli czoło płomienia przejdzie znak 25 mm, lecz nie przejdzie znaku 100 mm, to zanotować czas i uszkodzoną długość próbki, między znakiem 25 mm i miejscem, w którym czoło płomienia zatrzyma się.

Po wykonaniu próby materiał należy sklasyfikować jako HB, HB40 albo HB75, zgodnie z niżej podanymi kryteriami. Norma preferuje kategorie palności HB lub HB40 i dodatkowo podaje informację, że kategoria HB75 zostanie usunięta w kolejnej edycji przedmiotowej normy.

Materiał sklasyfikowany jako HB powinien spełniać jedno z następujących kryteriów [17]:

- po odsunięciu od niego źródła zapalenia nie powinien palić się płomieniem w sposób widoczny;
- jeśli próbka w dalszym ciągu pali się płomieniem po odsunięciu źródła zapalenia, czoło płomienia nie powinno przekroczyć znaku 100 mm;
- jeśli czoło płomienia przekroczy znak 100 mm;
  - wówczas liniowa prędkość palenia się nie powinna być większa niż 40 mm/min dla próbki o grubości od 3,0 mm do 13,0 mm lub
  - liniowa prędkość palenia się nie powinna być większa niż 75 mm/min dla próbki o grubości mniejszej niż 3,0 mm.

Jeśli liniowa prędkość palenia się nie przekracza 40 mm/min dla prób wykonanych z próbkami o grubości pomiędzy 1,5 mm a 3,2 mm, klasyfikacja HB jest akceptowana automatycznie w dół do minimalnej grubości 1,5 mm.

Materiał sklasyfikowany jako HB40 powinien spełniać jedno z następujących kryteriów [17]:

- po odsunięciu od niego źródła zapalenia nie powinien palić się płomieniem w sposób widoczny;
- jeśli próbka w dalszym ciągu pali się płomieniem po odsunięciu źródła zapalenia, czoło płomienia nie powinno przekroczyć znaku 100 mm;
- jeśli czoło płomienia przekroczy znak 100 mm, wówczas liniowa prędkość palenia się nie powinna być większa niż 40 mm/min.

Materiał sklasyfikowany jako HB75 powinien spełniać jedno z następujących kryteriów [17]:

- po odsunięciu od niego źródła zapalenia nie powinien palić się płomieniem w sposób widoczny;
- jeśli próbka w dalszym ciągu pali się płomieniem po odsunięciu źródła zapalenia, czoło płomienia nie powinno przekroczyć znaku 100 mm;
- jeśli czoło płomienia przekroczy znak 100 mm, wówczas liniowa prędkość palenia się nie powinna być większa niż 75 mm/min.

Jeżeli jedna próbka z zestawu nie spełnia wymagań opisanych powyżej należy postępować zgodnie z zasadami opisanymi wcześniej.

W sprawozdaniu z badań należy podać następujące szczegóły [17]:

- powołanie się na normę międzynarodową wg której przeprowadzono próbę;
- wszystkie szczegółowe dane potrzebne do identyfikacji badanego wyrobu, łącznie z nazwą wytwórcy, numerem lub kodem i barwą;
- grubość próbki:
  - do badania próbek o grubości 1,0 mm i większych, z dokładnością do 0,01 mm;
  - do badania próbek o grubości mniejszej niż 1,0 mm, z dokładnością do 0,001 mm;
- nominalną gęstość pozorną (tylko dla sztywnych tworzyw porowatych);
- kierunek anizotropii w stosunku do wymiarów badanej próbki;
- sposób stabilizowania;
- informacje o każdej obróbce próbki przed próbą, innej niż cięcie, wyrównywanie brzegów i stabilizowanie;
- informację czy próbka paliła się płomieniem w sposób ciągły po przyłożeniu do niej płomienia probierczego, czy też nie;
- informację czy czoło płomienia przekroczyło, czy też nie, znaki 25 mm i 100 mm;
- czas  $t$  i długość zniszczonego odcinka  $L$  dla próbek, których czoło płomienia przekroczyło znak 25 mm, a nie osiągnęło znaku 100 mm;
- średnią liniową prędkość palenia się  $v$  dla próbek, na których czoło płomienia osiągnęło lub przekroczyło znak 100 mm;
- informację, czy do próbek elastycznych zastosowano podpórke;
- określoną klasyfikację w połączeniu z grubością, np. „HB@3,0 mm”.

#### Metoda B – Próba pionowego palenia się

W tej próbie należy badać zestaw pięciu próbek dla każdego ze sposobów stabilizowania opisanych w części 1. artykułu. Każda próbka powinna być zamocowana w zacisku mocującym statywu pierścieniowego na długości 6 mm tak, aby wzdłużna oś próbki była pionowa, a dolny koniec próbki znajdował się 300 mm  $\pm$  10 mm powyżej poziomej warstwy bawełnianej waty (rys. 10) [17].

Palnik, po uprzednim wyregulowaniu, aby wytwarzał znormalizowany płomień probierczy o mocy nominalnej 50 W (spełniający wymagania PN-EN 60695-11-4:2012E [14]) i odczekaniu po jego wyregulowaniu 5 minut do osiągnięcia stanu równowagi z warunkami otoczenia, należy przyłożyć do próbki w taki sposób, aby utrzymać oś środkową rury palnika w położeniu pionowym, a płomień znajdował się 10 mm  $\pm$  1 mm poniżej dolnego brzegu próbki. Palnik należy przesuwac, jeśli to konieczne, w pionowej płaszczyźnie odpowiednio do zmian długości lub położenia próbki. Jeżeli w czasie przykładania płomienia do próbki spadają z niej krople roztopionego lub płonącego materiału, to w celu

uniknięcia skapywania materiału do kominka palnika przechylić palnik pod kątem 45° i wyciągnąć go ostrożnie spod próbki, zachowując w tym czasie stałą odległość palnika od dolnej krawędzi próbki. Po upływie 10 s ± 0,5 mm oddziaływania płomienia na próbkę odsunąć palnik, co najmniej na odległość 150 mm, jednocześnie włączyć miernik czasu, aby zmierzyć czas płonienia próbki. Natychmiast po zgaśnięciu utrzymującego się płomienia na próbce, ponownie umieścić płomień probierczy pod próbką zgodnie z zasadami opisanymi powyżej. Po upływie kolejnych 10 s ± 0,5 mm oddziaływania płomienia na próbkę zgasić palnik lub odsunąć go, co najmniej na odległość 150 mm, jednocześnie włączyć miernik czasu, aby zmierzyć czas płonienia próbki oraz dodatkowo zmierzyć czas żarzenia się próbki. Ponadto zaobserwować czy jakiegokolwiek cząstki materiału spadają z próbki, jeśli tak to czy zapalają one bawełnianą podkładkę [17].

Jeżeli jedna próbka z zestawu nie spełnia wymagań opisanych powyżej należy postępować zgodnie z zasadami opisanymi wcześniej.

Materiały należy sklasyfikować jako V-0, V-1 lub V-2, zgodnie z kryteriami podanymi w tabeli 3, opartymi na sposobie zachowania próbki. Jeżeli wyniki próby nie są zgodne z określonymi wymaganiami, to materiał nie może być sklasyfikowany tą metodą [3, 4].

W sprawozdaniu z badań należy podać następujące szczegóły [17]:

- powołanie się na normę międzynarodową wg której przeprowadzono próbę;
- wszystkie szczegółowe dane potrzebne do identyfikacji badanego wyrobu, łącznie z nazwą wytwórcy, numerem lub kodem i barwą;
- grubość próbki:
  - do badania próbek o grubości 1,0 mm i większych, z dokładnością do 0,01 mm;
  - do badania próbek o grubości mniejszej niż 1,0 mm, z dokładnością do 0,001 mm;
- nominalną gęstość pozorną (tylko dla sztywnych tworzyw porowatych);
- kierunek anizotropii w stosunku do wymiarów badanej próbki;
- sposób stabilizowania;
- informacje o każdej obróbce próbki przed próbą, innej niż cięcie, wyrównywanie brzegów i stabilizowanie;
- pojedyncze wartości  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  oraz  $t_2 + t_3$  dla każdej próbki,
- całkowity czas płonienia  $t_f$  dla każdego zestawu pięciu próbek, z dwóch sposobów stabilizowania;
- informację czy jakiegokolwiek płonące cząsteczki lub krople spadły z próbki i czy zapaliły one podkładkę bawełnianą;
- informację, czy którakolwiek z badanych próbek uległa spalaniu aż do zacisku mocującego;
- określoną klasyfikację w połączeniu z grubością, np. „V-0@1,5 mm”.

Należy prowadzić dialog techniczny z użytkownikami, aby określić grubość próbek do określania kategorii palności V-0 tworzyw



Rys. 10. Sposób umieszczenia próbki w próbie pionowego palenia się. Źródło: [17]

sztucznych, z których wykonane są rozłączniki bezpiecznikowe typu listwowego niskiego napięcia, stosowane w rozdzielnicach nn słupowych i wewnętrznych stacji transformatorowych SN/nn. Dla ograniczenia kosztów badania palności ponoszonych przez producenta lub dostawcę jako uzasadnioną grubość próbek podlegających badaniu można przyjąć najmniejszą grubość ścianki zewnętrznej obudowy rozłącznika bezpiecznikowego typu listwowego niskiego napięcia.

Na rysunku 11 przedstawiono widok komory do przeprowadzania próby poziomego i pionowego palenia się zgodnie z normą PN-EN 60695-11-10:2014-02E Badanie zagrożenia ogniowego - Część 11-10: Płomień probierczy - Metody badania płomieniem probierczym 50 W przy poziomym i pionowym ustawieniu próbki [17].

### WNIOSKI

Spośród wszystkich badań, jakim poddawane są prefabrykowane rozdzielnice kablowe nn i ich wyposażenie, ważną próbą dla oceny bezpieczeństwa osób postronnych w przestrzeni publicznej, w której umieszczono infrastrukturę techniczną, jest badanie rozdzielnic niskiego napięcia i ich wyposażenia w zakresie odporności na wysoką temperaturę, żar i ogień.

Uwaga użytkowników została skupiona na kategorii palności tworzyw, z których wykonano obudowę rozdzielnic oraz tworzyw, z których wykonano rozłączniki izolacyjne bezpiecznikowe typu listwowego niskiego napięcia.

Tabela 3. Kategorie pionowego palenia się

Kryteria	Kategoria materiału		
	V-0	V-1	V-2
1 Czas płonienia pojedynczej próbki ( $t_1$ , $t_2$ )	≤ 10 s	≤ 30 s	≤ 30 s
2 Całkowity czas płonienia zestawu próbek $t_f$ , dla każdego rodzaju stabilizowania	≤ 50 s	≤ 250 s	≤ 250 s
3 Czas płonienia i czas żarzenia pojedynczej próbki po drugim przyłożeniu płomienia ( $t_2+t_3$ )	≤ 30 s	≤ 60 s	≤ 60 s
4 Czy płonienie lub żarzenie przesunęło się aż do zacisku uchwytu?	Nie	Nie	Nie
5 Czy podkładka bawełniana zapaliła się od spadających na nią cząsteczek lub kropeł?	Nie	Nie	Tak

Niektórzy użytkownicy w pełni świadomie stawiają wymagania podstawowe w zakresie odporności na wysoką temperaturę, żar i ogień, wynikające z norm przedmiotowych wyrobów elektrotechnicznych, ale także w pełni świadomie stawiają wymagania dodatkowe w zakresie odporności na ogień.

Norma PN-EN 60695-2-10:2013-12E Badanie zagrożenia ogniowego - Część 2-10: Metody badań oparte na stosowaniu rozżarzonego/gorącego drutu - Urządzenie do badania rozżarzonym drutem i ogólny sposób wykonywania prób stawia niższe wymagania w zakresie odporności tworzyw sztucznych na ogień niż norma PN-EN 60695-11-10:2014-02E Badanie zagrożenia ogniowego - Część 11-10: Płomień probierczy - Metody badania płomieniem probierczym 50 W przy poziomym i pionowym ustawieniu próbki [14].

Słuszny jest wymóg formułowany przez użytkowników spełnienia kategorii palności:

- dla kablowych rozdzielnic szafowych nn: kategorie palności tworzyw, z jakich wykonano rozłączniki bezpiecznikowe typu listwowego, nie gorszej niż V-2 oraz kategorie palności V 0 dla tworzywa, z którego wykonano obudowę rozdzielnicy, co wskazuje, że zakwalifikowano te rozdzielnice do grupy o niższym znaczeniu i świadomie wybrano niższą kategorię palności dla łączników oraz ograniczono przestrzeń pożaru do obudowy, dla której wybrano kategorię V-0,
- dla rozdzielnic niskiego napięcia zarówno stacji słupowych, jak i wewnętrznych SN/nn: kategorie palności V-0 dla tworzyw, z jakich wykonano rozłączniki izolacyjne bezpiecznikowe typu listwowego oraz dla tworzywa, z którego wykonano obudowę rozdzielnicy (tylko w przypadku stacji słupowych SN/nn), co wskazuje, że zakwalifikowano te rozdzielnice do grupy o wyższym znaczeniu i świadomie wybrano wyższą kategorię palności dla samej rozdzielnicy i jej wszystkich głównych elementów.

Należy prowadzić dialog techniczny z użytkownikami, aby określić grubość próbek do określania kategorii palności V-0 tworzyw sztucznych, z których wykonane są rozłączniki izolacyjne bezpiecznikowe typu listwowego niskiego napięcia, stosowane w rozdzielnicach nn słupowych i wewnętrznych stacji transformatorowych SN/nn. Dla ograniczenia kosztów badania palności ponoszonych przez producenta lub dostawcę jako uzasadnioną grubość próbek podlegających badaniu można przyjąć najmniejszą grubość ścianki zewnętrznej obudowy rozłącznika bezpiecznikowego typu listwowego niskiego napięcia.

Minimalna grubość ścianki obudowy kablowych rozdzielnic szafowych i szafek pomiarowych niskiego napięcia wymagana przez większość spółek dystrybucyjnych wynosi 3,5 mm. Aby przekonać się, czy producent wykonał badania dla minimalnych grubości podanych powyżej, a nie innej, co dopuszcza norma pod warunkiem umieszczenia takiej informacji w sprawozdaniu, należy sięgnąć do sprawozdania z badania.

#### LITERATURA

- [1] K. Futyma: Rozłączniki w całości wykonane z tworzyw o klasie palności VO – nowy standard bezpieczeństwa czy może chwyt marketingowy? Gazetka Nr 4/2016, EFEN.
- [2] M. Schwann: Badanie prefabrykowanych kablowych rozdzielnic szafowych niskiego napięcia i ich wyposażenia w zakresie zagrożenia ogniowego, Wiadomości Elektrotechniczne, Nr 3, 2017 r., s. 3-12.
- [3] M. Schwann: Badanie palności tworzyw sztucznych stosowanych w aparatach elektrycznych na przykładzie rozłączników bezpiecznikowych listwowych izolacyjnych niskiego napięcia, Wiadomości Elektrotechniczne, Nr 8, 2018.



Rys. 11. Widok komory do przeprowadzania próby poziomego i pionowego palenia się zgodnie z normą PN EN 60695-11-10:2014-02E.  
Źródło: [32]

- [4] M. Schwann: Badanie palności tworzyw sztucznych w aparatach elektrycznych, Automatyka, Elektryka, Zakłócenia, vol. 9, nr 2 (32) 2018.
- [5] Ł. Stanisławski: Bieda R., Badanie palności tworzyw termoutwardzalnych, Elektrosystemy, Nr 10, 2009 r., s. 58-61.
- [10] PN-EN 60695-2-10:2013-12E Badanie zagrożenia ogniowego - Część 2-10: Metody badań oparte na stosowaniu rozżarzonego/gorącego drutu - Urządzenie do badania rozżarzonym drutem i ogólny sposób wykonywania prób.
- [14] PN-EN 60695-11-4:2012E Badanie zagrożenia ogniowego - Część 11-4: Płomień probierczy - Płomień 50 W - Urządzenie i metody prób sprawdzających.
- [15] PN-EN 60695-11-5:2017-08E Badanie zagrożenia ogniowego - Część 11-5: Płomień probierczy - Metoda badania płomieniem igłowym - Urządzenie, układ do próby sprawdzającej i wytyczne.
- [16] PN-EN 60695-11-10:2002P Badanie zagrożenia ogniowego - Część 11-10: Płomień probierczy - Metody badania płomieniem probierczym 50 W przy poziomym i pionowym ustawieniu próbki (norma archiwalna).
- [17] PN-EN 60695-11-10:2014-02E Badanie zagrożenia ogniowego - Część 11-10: Płomień probierczy - Metody badania płomieniem probierczym 50 W przy poziomym i pionowym ustawieniu próbki.
- [32] <http://tech-quality.com/index.php/brand/17-products/fire-testing-product/35-fire-testing> (data odczytu 13-12-2017).

Niniejszy artykuł jest zmienioną wersją artykułu o tym samym tytule, znajdującego się w materiałach seminaryjnych XXI Seminarium „Automatyka w elektroenergetyce”, które odbyło się 25-27 kwietnia 2018 r. w Krynicy-Zdroju.

mgr inż. Miroslaw Schwann – KENTIA Firma Konsultingowa



# Nowe Polskie Normy – cz. 2

Tomasz Jaruga

**Zestawienie Polskich Norm dotyczących tworzyw sztucznych i materiałów polimerowych które ukazały się w okresie: styczeń –czerwiec 2019 roku.**

**PN-EN ISO 15527:2019-01 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Płyty prasowane z polietyleny (PE-UHMW, PE-HD) – Wymagania i metody badań. Data publikacji: 23-01-2019.

**PN-EN ISO 15876-3:2017-03 wersja polska** – Systemy przewodów rurowych z tworzyw sztucznych do instalacji wody ciepłej i zimnej – Polibuten (PB) – Część 3: Kształtki. Data publikacji: 09-01-2019.

**PN-EN ISO 19062-2:2019-05 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Akrylonitryl-butadien-styren (ABS) do różnych technik formowania – Część 2: Przygotowanie kształtek do badań i oznaczanie właściwości. Data publikacji: 08-05-2019.

**PN-EN ISO 19065-2:2019-05 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Akrylonitryl-styren-akrylan (ASA), akrylonitryl-(etylen-propylen-dien)-styren (AEPDS) oraz akrylonitryl-(polietylen chlorowany)-styren (ACS) do różnych technik formowania – Część 2: Przygotowanie kształtek do badań i oznaczanie właściwości. Data publikacji: 08-05-2019.

**PN-EN ISO 20558-1:2019-04 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Poli(siarcezek fenylenu) (PPS) materiały do różnych technik formowania – Część 1: System oznaczenia i podstawa specyfikacji. Data publikacji: 25-04-2019.

**PN-EN ISO 20558-2:2019-04 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Poli(siarcezek fenylenu) (PPS) materiały do różnych technik formowania – Część 2: Przygotowanie próbki do badań oraz oznaczanie właściwości. Data publikacji: 25-04-2019.

**PN-EN ISO 20753:2019-01 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Kształtki do badań. Data publikacji: 09-01-2019.

**PN-EN ISO 20848-3:2019-02 wersja angielska** – Opakowania – Bębny z tworzyw sztucznych – Część 3: Korkowe systemy zamknięć do bębnow z tworzyw sztucznych, o pojemności nominalnej od 113,6 l do 220 l. Data publikacji: 22-02-2019.

**PN-EN ISO 21301-1:2019-04 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Kopolimery etylen-octan winylu (EVAC) do różnych technik formowania – Część 1: System oznaczenia i podstawa specyfikacji. Data publikacji: 15-04-2019.

**PN-EN ISO 21301-2:2019-04 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Kopolimery etylen-octan winylu (EVAC) do różnych technik formowania – Część 2: Przygotowanie kształtek do badań i oznaczanie właściwości. Data publikacji: 16-04-2019.

**PN-EN ISO 21304-1:2019-05 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Polietylen o bardzo dużej masie cząsteczkowej (PE-UHMW) do różnych technik formowania – Część 1: System oznaczenia i podstawa specyfikacji. Data publikacji: 22-05-2019.

**PN-EN ISO 21305-1:2019-04 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Poliwęglan (PC) do różnych technik formowania – Część 1: System oznaczenia i podstawa specyfikacji. Data publikacji: 16-04-2019.

**PN-EN ISO 21305-2:2019-04 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Poliwęglan (PC) do różnych technik formowania – Część 2: Przygotowanie kształtek do badań i oznaczanie właściwości. Data publikacji: 16-04-2019.

**PN-EN ISO 21306-1:2019-05 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Poli(chlorek winylu) nieplastyfikowany (PVC-U) do róż-

nych technik formowania – Część 1: System oznaczenia i podstawa specyfikacji. Data publikacji: 22-05-2019.

**PN-EN ISO 21306-2:2019-05 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Poli(chlorek winylu) nieplastyfikowany (PVC-U) do różnych technik formowania – Część 2: Przygotowanie kształtek do badań i oznaczanie właściwości. Data publikacji: 17-05-2019.

**PN-EN ISO 21309-1:2019-04 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Kopolimer etylen/alkohol winylowy (EVOH) do różnych technik formowania – Część 1: System oznaczenia i podstawa specyfikacji. Data publikacji: 25-04-2019.

**PN-EN ISO 21309-2:2019-04 wersja angielska** – Tworzywa sztuczne – Kopolimer etylen/alkohol winylowy (EVOH) do różnych technik formowania – Część 2: Przygotowanie kształtek do badań i oznaczanie właściwości. Data publikacji: 25-04-2019.

**PN-EN ISO 23900-4:2018-10/Ap1:2019-04 wersja angielska** – Pigmenty i wypełniacze – Metody dyspergowania i ocena dyspergowalności w tworzywach – Część 4: Oznaczenie właściwości barwnych i łatwości dyspergowania białych pigmentów w polietylenie za pomocą dwuwalcówki. Data publikacji: 11-04-2019.

**PN-EN ISO 23900-5:2018-10/Ap1:2019-04 wersja angielska** – Pigmenty i wypełniacze – Metody dyspergowania i ocena dyspergowalności w tworzywach – Część 5: Oznaczenie przez badanie wartości ciśnienia na filtrze. Data publikacji: 11-04-2019.

**PN-EN ISO 23900-6:2018-10 wersja polska** – Pigmenty i wypełniacze – Metody dyspergowania i ocena dyspergowalności w tworzywach sztucznych – Część 6: Oznaczenie metodą testu foliowego. Data publikacji: 19-06-2019.

**PN-EN ISO 23900-6:2018-10/Ap1:2019-04 wersja angielska** – Pigmenty i wypełniacze – Metody dyspergowania i ocena dyspergowalności w tworzywach sztucznych – Część 6: Oznaczenie przez badanie powłoki. Data publikacji: 11-04-2019.

**PN-EN ISO 23900-6:2018-10/Ap2:2019-06 wersja angielska** – Pigmenty i wypełniacze – Metody dyspergowania i ocena dyspergowalności w tworzywach sztucznych – Część 6: Oznaczenie przez badanie powłoki. Data publikacji: 13-06-2019.

**PN-EN ISO 24817:2017-10 wersja polska** – Przemysł naftowy, petrochemiczny i gazowniczy – Naprawy rurociągów materiałami kompozytowymi – Kwalifikacja oraz projektowanie, instalowanie, badanie i kontrola. Data publikacji: 26-06-2019.

**PN-EN ISO 24817:2017-10/Ap1:2019-05 wersja angielska** – Przemysł naftowy, petrochemiczny i gazowniczy – Kompozytowe środki do naprawy rur – Kwalifikacja oraz projektowanie, instalowanie, badanie i kontrola. Data publikacji: 29-05-2019.

**PN-EN ISO 32100:2019-02 wersja angielska** – Płaskie wyroby tekstylne powleczone gumą lub tworzywami sztucznymi – Badania fizyczne i mechaniczne – Wyznaczanie odporności na zginanie metodą fleksometryczną. Data publikacji: 01-02-2019.

**dr inż. Tomasz Jaruga**

Zakład Przetwórstwa Polimerów, Politechnika Częstochowska

Źródło opracowania: [www.pkn.pl](http://www.pkn.pl)

Data sporządzenia zestawienia: 30.07.2019

# Premierowa edycja Targów Przemysłu Tworzyw PLASTmeeting

Serdecznie zapraszamy do udziału w premierowej edycji Targów Przemysłu Tworzyw PLASTmeeting, które odbędą się w dniach 27-28 listopada 2019 roku w Centrum Targowo-Konferencyjnym Expo Silesia w Sosnowcu.

Targi Przemysłu Tworzyw PLASTmeeting to nowe wydarzenie stworzone z myślą o producentach i dystrybutorach maszyn, urządzeń, narzędzi i technologii do przetwórstwa tworzyw. Naszym celem jest stworzenie nie tylko miejsca prezentacji produktów, ale także spotkania i dyskusji pomiędzy dostawcami oraz odbiorcami powyższych rozwiązań.

Wystawa zostanie podzielona tematycznie na następujące strefy: strefa maszyn i narzędzi do przetwórstwa tworzyw; strefa surowców do produkcji tworzyw; strefa recyklingu tworzyw i ochrony środowiska.

Równoległe z Targami PLASTmeeting odbędzie się seminarium techniczne organizowane przy współpracy z Siecią Badawczą Łukasiewicz – Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych

i Barwników Oddział Farb i Tworzyw w Gliwicach. W ramach seminarium przedstawione zostaną najnowsze badania i rozwiązania z zakresu tworzyw sztucznych dla potrzeb przemysłu.

W tym samym czasie odbędą się również Targi Hydrauliki, Pneumatyki, Automatyki w procesach Przemysłowych HPAmeeeting.

Kontakt do organizatora:

Łukasz Kic  
menedżer projektu  
tel. 510 030 321  
lukasz.kic@exposilesia.pl

Sylwia Pałaczanis-Langier  
menedżer projektu  
tel. 510 031 696  
sylwia.langier@exposilesia.pl

**Expo Silesia Sp. z o.o.**

**ul. Braci Mieroszewskich 124, 41-219 Sosnowiec**

REKLAMA

27 - 28 listopada 2019

Centrum Targowo-Konferencyjne

**expoSilesia**

www.exposilesia.pl

**PLAST  
meeting**



**Targi Przemysłu  
Tworzyw**



Strefa maszyn  
i narzędzi do  
przetwórstwa tworzyw



Strefa surowców  
do produkcji  
tworzyw



Strefa recyklingu  
tworzyw i ochrony  
środowiska

Wydarzenie  
towarzyszące:

**Seminarium techniczne,  
w ramach którego przedstawione  
zostaną najnowsze badania  
i rozwiązania z zakresu tworzyw  
sztucznych dla potrzeb przemysłu.**

Organizatorzy:

SIĘC BADAWCZA  
ŁUKASIEWICZ



Centrum Targowo-Konferencyjne  
**expoSilesia**

Kontakt:  
Łukasz Kic | + 48 510 030 321 | lukasz.kic@exposilesia.pl  
Sylwia Pałaczanis - Langier | + 48 510 031 696 | sylwia.langier@exposilesia.pl

[www.plastmeeting.pl](http://www.plastmeeting.pl)



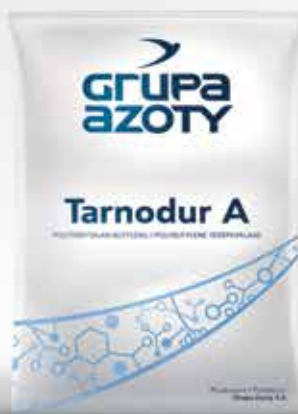
# Sprawdź nas !

**GRUPA  
AZOTY**

- ↗ najwyższa jakość
- ↗ najlepszy serwis
- ↗ produkty dedykowane
  - ↗ pewność dostaw
  - ↗ ceny producenta
  - ↗ szybka realizacja



W ofercie również:



[e-plastics.eu](http://e-plastics.eu)





# PLASTPOL

XXIV Międzynarodowe  
Targi Przetwórstwa  
Tworzyw Sztucznych  
i Gumy

Kielce

19-22.05.2020



**910**

WYSTAWCÓW



**34 000 m<sup>2</sup>**

POWIERZCHNI  
WYSTAWIENNICZEJ



PONAD **50%**  
ZAGRANICZNYCH  
FIRM



**19 760**

ZWIEDZAJĄCYCH