

Tworzywa Sztuczne Przemysłu

ISSN 2082-6877

DWUMIESIĘCZNIK

REKLAMA



YUDO

Rozwiązania wielogniazdowe
dla poprawy jakości produktu

Łatwo, Estetycznie, Wydajnie.

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



**Fiab Machines – wybór numer jeden
wśród producentów hal namiotowych
i membran do biogazowni!**



FIAB Sp. z o.o. Bronisław Koziółkiewicz Spółka K.
54-615 Wrocław, ul. Rakietowa 38
tel. +48 726 902 802
e-mail: l.chruscinski@fiabmachines.com
www.fiabmachines.com



SPIS TREŚCI

ZGRZEWANIE TWORZYW

- F 4** HPS Q-Drive – zgrzewarka, która pracuje dla ciebie!
- F 5** B 1400LXS – Zgrzewarka, która dostosowuje się do twoich potrzeb!
- N 6** Zgrzewanie termoplastycznych pasów ciągnowych metoda gorącej płyty
- 11** Co to jest zgrzewanie wysoką częstotliwością?

ROTOMOULDING

- 12** 11 powodów, dla których warto wybrać rotomoulding
- F 14** Roto4mat – lider w dziedzinie rotomouldingu
- F 16** Kingspan liderem w technologii rotomouldingu
- F 18** Roto Production House

WYTŁACZANIE

- N 20** Analiza procesu wytłaczania narzędziem elastycznym
- F 26** Przekładnie ROSSI – sprawdzone rozwiązania do napędu wytłaczarek

PORADNIK PRZETWÓRSTWA WTRYSKOWEGO

- 28** Kongres Polska Chemia
- F 29** Jak polubiłem poniedziałki w tworzywach i nie tylko w nich
- F 30** Elementy rurociągów transportu pneumatycznego stosowane w przemyśle tworzyw sztucznych
- F 32** Bezprzewodowe liczniki cykli
- N 34** Modelowanie orientacji włókien w procesie wtryskiwania kompozytów polimerowych
- N 38** Tendencje rozwojowe w technologii przetwórstwa tworzyw sztucznych
- 42** Big Bagi – najważniejsze cechy i korzyści
- F 44** Magazyny silosowe do tworzyw sztucznych
- 46** Targi narzędziem do sukcesu – podsumowanie 7. Międzynarodowych Targów Kooperacyjnych Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego INNOFORM®
- 48** Chłodzenie form wtryskowych – jak ochłodzić formy wtryskowe?
- F 54** Coraz więcej propanowej mocy w COOL-u
- F 56** Chen Hsong i BYD odnawiają strategiczne partnerstwo
- F 56** Wtryskarki z Koncernu Chen Hsong mają uznanie w przemyśle samochodowym
- F 58** Dozowniki wagowe inne niż inne
- F 60** Dozowniki HETHON – precyzyjne podawanie proszków, granulatów, barwników, ziaren
- 62** Dozowanie granulatów i proszków tworzyw sztucznych

RECYKLING I REGRANULATY

- N 64** Recykling chemiczny poliuretanów dla budownictwa modułowego
- F 73** Precyzja i efektywność w recyklingu
- N 74** Modyfikacja folii LDPE: rola regranulatu i węgla wapnia w strukturze i wytrzymałości wielowarstwowych materiałów opakowaniowych

DRUK 3D

- 79** Era przemysłowego druku 3D

OZNACZENIA: **F** – artykuł firmowy; **N** – artykuł naukowy

Tworzywa Sztuczne
Przemysle

www.tworzywasztuczne.biz

Redaktor naczelna

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

Dyrektor marketingu i reklamy

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

Dział prenumeraty

prenumerata@tworzywasztuczne.biz

Wydawca

Media Tech s.c.
mediatech@tworzywasztuczne.biz

Adres redakcji

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

www.tworzywasztuczne.biz

Rada Programowa

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

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

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



facebook
POLUB NAS
NA FACEBOOKU!

HPS Q-Drive – zgrzewarka, która pracuje dla Ciebie!

Produkcja wielkoformatowych membran do biogazowni, hal namiotowych czy air domów wiąże się z jednym kluczowym wyzwaniem – jak skutecznie i precyzyjnie łączyć ogromne powierzchnie materiału, nie tracąc przy tym czasu i energii na ich przesuwanie? Odpowiedzią jest FIAB HPS Q-Drive – przełomowa zgrzewarka jezdna, która zamiast wymuszać przemieszczanie materiału do maszyny, sama podąża tam, gdzie jest potrzebna!

MOBILNOŚĆ, KTÓRA ZMIENIA ZASADY GRY

FIAB HPS Q-Drive to wyjątkowy model samojezdnej zgrzewarki, który znacząco ułatwia pracę producentom wielkoformatowych materiałów. Dzięki czterem niezależnie napędzanym kołom maszyna porusza się w dowolnym kierunku po utwardzonej powierzchni. Może jechać do przodu, do tyłu, w lewo, w prawo, a nawet na skos oraz obracać się wokół własnej osi, czyli we wszystkich kierunkach świata! A co więcej – obrotowa głowica zgrzewająca sprawia, że nawet trudno dostępne miejsca i materiały o nieregularnych kształtach można zgrzewać bez wysiłku i z najwyższą precyzją. Dzięki kompaktowym wymiarom FIAB HPS Q-Drive sprawdzi się zarówno na dużych halach produkcyjnych, jak i w pomieszczeniach zamkniętych, gdzie miejsce jest ograniczone.

PILOT W DŁOŃ – PEŁNA KONTROLA BEZ WYSIŁKU

Kto powiedział, że praca z maszyną musi być męcząca? FIAB HPS Q-Drive jest sterowana zdalnie, za pomocą pilota. Operator nie musi krążyć wokół urządzenia ani manualnie nim sterować – po prostu naciska przyciski, a maszyna robi resztę. Dzięki temu można skupić się na precyzji i jakości zgrzewu, zamiast na logistyce przesuwania materiałów. Dodatkowym atutem jest wbudowany system akumulatorowy, który pozwala na pracę maszyny do 20 minut bez konieczności podłączania do prądu. To ogromna zaleta, szczególnie w przypadku pracy na dużych powierzchniach lub w miejscach, gdzie dostęp do źródła zasilania jest utrudniony.

NAJWIĘKSI JUŻ JEJ UŻYWAJĄ – DOŁĄCZ DO NICH!

Nie bez powodu najwięksi producenci membran do biogazowni, hal namiotowych i air domów w Europie zaufali FIAB HPS Q-Drive. Może to właśnie dzięki niej są tacy wielcy? To urządzenie pozwala im działać szybciej, sprawniej i efektywniej niż kiedykolwiek wcześniej.

TECHNOLOGIA NA TWOICH WARUNKACH

Maszyna jest już świetnie dopracowana, ale wiemy, że po-



trzeby produkcyjne bywają różne. Dlatego oferujemy całą gamę dodatkowych opcji i udogodnień, które mogą jeszcze bardziej podnieść jej funk-

cjonalność. Wśród nich znajdziesz m.in.:

- wskaźniki laserowe ułatwiające korektę położenia materiału,
- system stołu próżniowego do stabilizacji elementów,
- aplikacje do wgrzewania taśm,
- elektrody o dowolnych kształtach,
- oraz możliwość dostosowania maszyny do indywidualnych potrzeb.

POSTAW NA WYDAJNOŚĆ

Jeśli w twojej firmie liczy się efektywność, precyzja i ergonomia pracy, FIAB HPS Q-Drive to rozwiązanie stworzone dla Ciebie. Zapomnij o czasochłonnym przesuwaniu ciężkich materiałów – teraz to zgrzewarka przyjedzie tam, gdzie jest potrzebna.

Sprawdź, jak HPS Q-Drive może zmienić twoją produkcję – dołącz do liderów i bądź częścią nowej ery w technologii zgrzewania!

FIAB Sp. z o.o. Bronisław Koziółkiewicz Spółka k.

tel. +48 726 902 802

e-mail: l.chruscinski@fiabmachines.com

FIAB 1400L XS – zgrzewarka, która dostosowuje się do twoich potrzeb!

Produkcja dużych powierzchni materiałów PVC, specjalistycznych membran czy konstrukcji z tworzyw sztucznych to wymagające zadanie. Kluczem do sukcesu jest precyzja, szybkość i elastyczność. FIAB 1400LXS to maszyna, która odpowiada na te wyzwania, łącząc innowacyjne technologie, mobilność i łatwość obsługi w jednym urządzeniu.

ZGRZEWARKA JEZDNA, KTÓRA NIE ZNA GRANIC

FIAB 1400LXS to nowoczesna zgrzewarka jezdna, która wyróżnia się wyjątkową mobilnością. Dzięki innowacyjnemu systemowi obrotowej głowicy, może ona obracać się wokół własnej osi o 360°, co daje pełną swobodę w pracy. Ponadto, możliwość ruchu bocznego na 400 mm równoległe do osi stołu sprawia, że nie musisz manewrować materiałem – wygodnie i błyskawicznie steruj głowicą.

Nie ma żadnych ograniczeń co do długości stołu roboczego. Dzięki temu FIAB 1400LXS może skutecznie pracować na bardzo dużych powierzchniach bez konieczności przesuwania materiału – wystarczy, że to maszyna przemieści się w odpowiednie miejsce!

Zgrzewarka doskonale sprawdza się w produkcji dla branży, gdzie liczy się precyzyjne manewrowanie materiałem i niezawodność. Jest to idealne rozwiązanie dla producentów hal namiotowych, zadaszeń, plandek, zbiorników na płyny i gazy, a także architektury napinanej i membran, np. do biogazowni. Dzięki swojej mobilności i wszechstronności, FIAB 1400LXS jest niezastąpiona także w produkcji zapór olejowych, okładzin basenowych, pontonów i wielu innych konstrukcji.

PRECYZJA I EFEKTYWNOŚĆ W KAŻDYM RUCHU

Dzięki nowoczesnej, lekkiej konstrukcji, FIAB 1400LXS gwarantuje płynność ruchów i wyjątkową dokładność

zgrzewania. Głowica maszyny zapewnia perfekcyjny zgrzew na każdym etapie produkcji, niezależnie od kształtu materiału. Wbudowane platformy boczne pozwalają na stabilizowanie dużych elementów, co czyni maszynę odpowiednią do pracy zarówno z materiałami o standardowych wymiarach, jak i tymi wymagającymi specjalistycznej obróbki, dzięki łatwemu dostępowi operatora do materiału. Długi stół? Nie ma problemu! Platformy to miejsce pracy operatorów, ale też sposób na poruszanie się wraz z maszyną. Stań na platformie i przemieszczaj się 1,5m/s wraz ze zgrzewarką.

DOSTOSOWANA DO TWOICH POTRZEB

FIAB 1400LXS to maszyna, która może być dostosowana do indywidualnych wymagań produkcyjnych. Dzięki szerokiej gamie dodatkowych opcji i udogodnień, takich jak wskaźniki laserowe do precyzyjnego ustawienia materiału, system stołu próżniowego czy aplikacje do wgrzewania taśm, maszyna staje się jeszcze bardziej funkcjonalna. Opcjonalne zdalne sterowanie czy nieograniczona liczba elektrod i ich kształtów to kolejne udogodnienie, które pozwala na pełną personalizację urządzenia.

FIAB oferuje także możliwość modernizacji maszyny w miarę zmieniających się potrzeb produkcji. Dzięki temu maszyna może rosnąć razem z twoim biznesem, dostosowując się do nowych wyzwań.

WYDAJNOŚĆ I KOMFORT W JEDNYM

FIAB 1400LXS to maszyna, która pozwala na osiągnięcie wysokiej wydajności przy zachowaniu maksymalnej precyzji i ergonomii pracy. Dzięki innowacyjnym rozwiązaniom, czas pracy nad dużymi powierzchniami materiału jest skrócony, a cały proces staje się bardziej efektywny. Zgrzewarka, zamiast stać w jednym miejscu, „przemieszcza się” wzdłuż stołu do miejsca, w którym jest potrzebna, co znacząco zmniejsza czas poświęcony na przesuwanie materiałów i pozwala zaoszczędzić energię.

ZAUF AJ INNOWACYJNEJ TECHNOLOGII FIAB 1400LXS I DOŁĄCZ DO NAJLEPSZYCH!

FIAB 1400LXS to rozwiązanie stworzone z myślą o przyszłości w produkcji. Dzięki nowoczesnym rozwiązaniom, mobilności i wysokiej wydajności, maszyna ta może znacząco poprawić procesy produkcyjne w twojej firmie. Dołącz do europejskich liderów branż i sprawdź, jak FIAB 1400LXS może zmienić twoje podejście do zgrzewania!

FIAB Sp. z o.o. Bronisław Koziółkiewicz Sp. k.
tel. +48 726 902 802
e-mail: l.chruscinski@fiabmachines.com



Zgrzewanie termoplastycznych pasów ciągnowych metodą gorącej płyty

Krzysztof Wałęsa, Ireneusz Malujda, Krzysztof Talaśka

Pasy o przekroju kołowym i średnicach od kilku do kilkunastu milimetrów [1], powszechnie stosowane w maszynach przemysłowych, wykonane są zazwyczaj z elastomerów termoplastycznych, w szczególności z poliuretanu i poliestrów. Elementy te najczęściej pełnią funkcje: pasów ciągnowych przekazujących moment obrotowy pomiędzy kolejnymi mechanizmami, a także pasów przenośnikowych, biorąc udział w transporcie półproduktów lub gotowych wyrobów w urządzeniach przemysłu lekkiego i spożywczego [2]. Postępująca automatyzacja produkcji przemysłowej powoduje stale wzrastające zapotrzebowanie na ten rodzaj pasów. Proces ich produkcji rozpoczyna się wytworzeniem półwyrobu, w postaci pręta o przekroju kołowym i znacznej długości, wykonanego z poliuretanu lub poliestrów metodą wytłaczania. Kolejny etap obróbki wymaga ucięcia pasa na pożądaną długość i trwałego złączenia jego końców do postaci zamkniętego obwodu. W większości przypadków czynność tę przeprowadza się ręcznie. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom producentów pasów, podjęto próbę opracowania konstrukcji prototypu urządzenia do ich automatycznego zgrzewania [3]. Maszyna ta powinna wykonywać połączenia pasów ciągnowych zgodnie z przyjętymi normami. Dzięki temu możliwe będzie uzyskanie: większej wydajności produkcji, efektu odciążenia pracowników oraz pasów o wysokiej jakości, w porównaniu ze zgrzewaniem przeprowadzanym ręcznie.

Projektowanie urządzenia poprzedziła analiza uwarunkowań dotyczących: cech materiału pasów, technologii ich wytwarzania i możliwości łączenia do zamkniętego obwodu. W wyniku wstępnych rozważań uznano, że efektywną metodą łączenia tych pasów jest zgrzewanie doczołowe z zastosowaniem gorącej płyty. Przeprowadzono zatem analizy tego procesu, co pozwala rozpoznać wpływ istotnych parametrów technologicznych na jego przebieg.

Zgrzewanie doczołowe tworzyw polimerowych jest powszechnie stosowane w przemyśle motoryzacyjnym oraz inżynierii lądowej. Ta technologia służy do łączenia, np. zbiorników na płyny eksploatacyjne, obudów lamp, osprzętu silnika [4] oraz rur [5]. W związku z tym, przeprowadzono badania dotyczące zgrzewania różnych tworzyw polimerowych, m.in.:

- kopolimeru akrylonitryl-butadien-styren (ABS) [6],
- polimetakrylanu metylu (PMMA) [7],

- poliwęglanu (PC) [8],
- polipropylenu (PP) [9].

Dotychczas przeprowadzane prace badawcze dotyczyły przede wszystkim wpływu poszczególnych parametrów technologicznych na jakość uzyskiwanych zgrzein, wyrażoną np. przez wytrzymałość złącza na rozciąganie [6] lub występujące wady ujawnione podczas jego kontroli wizualnej [8]. Dodatkowo, zwracano uwagę na wpływ poszczególnych parametrów zgrzewania na przemiany fizyczne w obszarze zgrzeiny [4].

Należy zauważyć jednak, że dotychczas badano głównie proces zgrzewania tworzyw polimerowych, o znacznej sztywności. Trudno jest odnotować informację na temat łączenia tą metodą tworzyw elastycznych, jakimi są elastomery termoplastyczne, a w szczególności poliuretan i poliester. Należy więc w tej grupie materiałów przeprowadzić dokładne analizy i badania. Na tej podstawie możliwe będzie opracowanie założeń projektowych, wykonanie symulacji komputerowych weryfikujących parametry technologiczne, a także zweryfikowanie założeń konstrukcyjnych.

ISTOTA ZGRZEWANIA DOCZOŁOWEGO METODĄ GORĄCEJ PŁYTY

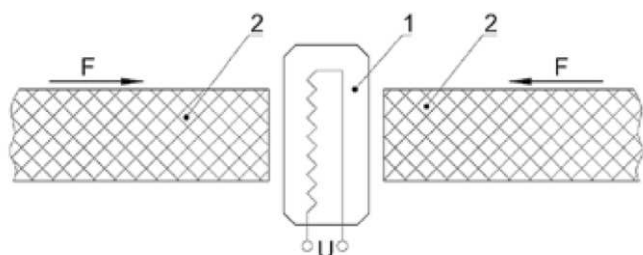
Zgrzewanie doczołowe za pomocą gorącej płyty polega na nagrzewaniu łączonych elementów w wyniku przenoszenia energii cieplnej od elementu grzejnego do powierzchni spajanego materiału. W tym celu wykorzystuje się płytowe urządzenie grzejne zasilane energią elektryczną o napięciu U , umieszczane pomiędzy zakończeniami zgrzewanego pasa (rys. 1). Dociśnięcie końcówek pasa do jego powierzchni z siłą F powoduje wzrost wartości ich temperatury w wyniku nieustalonego przepływu ciepła. Prowadzi to do miejscowego uplastycznienia i nadtopienia zgrzewanego materiału [10].

Wykonanie trwałego połączenia końcówek pasów ciągnowych przez ich zgrzanie metodą gorącej płyty wymaga zastosowania określonej sekwencji czynności, m.in.:

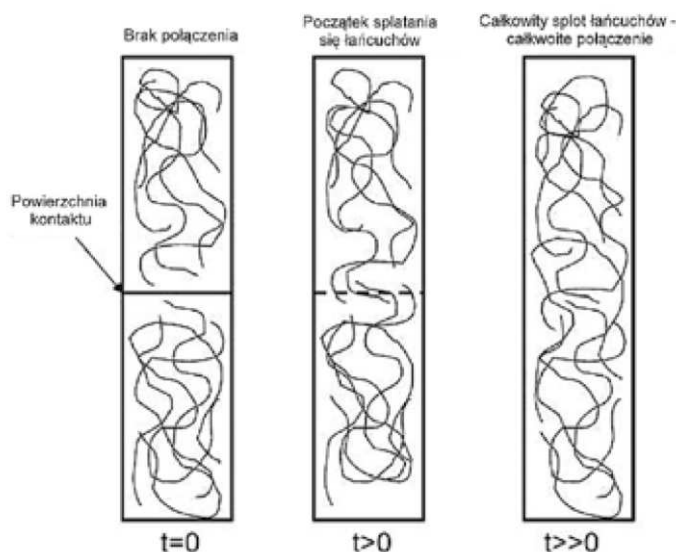
- zbliżenia, wcześniej zorientowanych względem siebie, zakończeń pasa, na niewielką odległość umożliwiającą wsunięcie pomiędzy nie płyty, uprzednio rozgrzanej do odpowiedniej temperatury;
- umieszczenia płyty pomiędzy końcówkami pasa w taki sposób, aby element grzejny miał kontakt z całymi nagrzewanymi powierzchniami pasa, dzięki czemu przyrost warto-

ści ich temperatury jest równomierny;

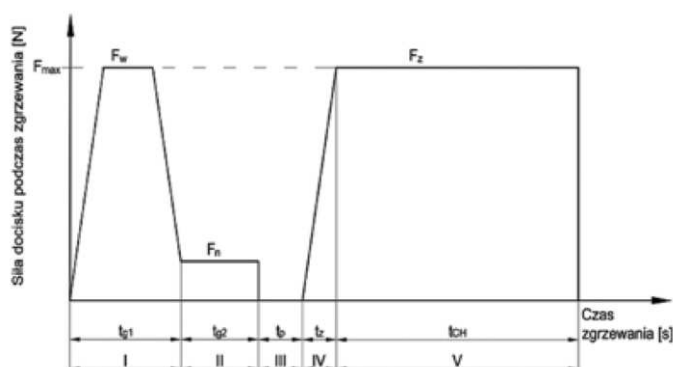
- docisku końców pasa ze ściśle określoną siłą do gorącej płyty, dzięki czemu rozpoczyna się proces przepływu energii cieplnej, co wywołuje zmianę stanu fizycznego tworzywa



Rys. 1. Zgrzewanie doczołowe pasów ciągnowych: 1 – płyta grzejna, 2 – końcówki pasa; parametry: U – napięcie zasilające, F – siła docisku końcówek pasa do gorącej płyty



Rys. 2. Przebieg relacji pomiędzy łańcuchami makrocząsteczek podczas zgrzewania doczołowego [4]: t – czas upływający od rozpoczęcia etapu właściwego łączenia



Rys. 3. Przebieg siły docisku końcówek pasa (zarówno do gorącej płyty, jak i do siebie) podczas procesu zgrzewania doczołowego [11]: etapy: I – wyrównanie powierzchni czołowej pasa przez nadtopienie na rozgrzanej płycie przy dużej sile docisku, II – nagrzewanie przy małej sile docisku, III – wysuwanie elementu grzejącego, IV – wzrost siły docisku podczas właściwego łączenia, V – właściwe łączenie i chłodzenie złącza; siły docisku: F_w – w czasie wyrównania, F_n – w czasie nagrzewania, F_z – w czasie właściwego łączenia; czas: t_{g1} – wyrównania, t_{g2} – nagrzewania, t_p – wysuwania elementu grzejącego, t_z – ponownego wzrostu docisku, t_{ch} – właściwe łączenie i chłodzenie złącza

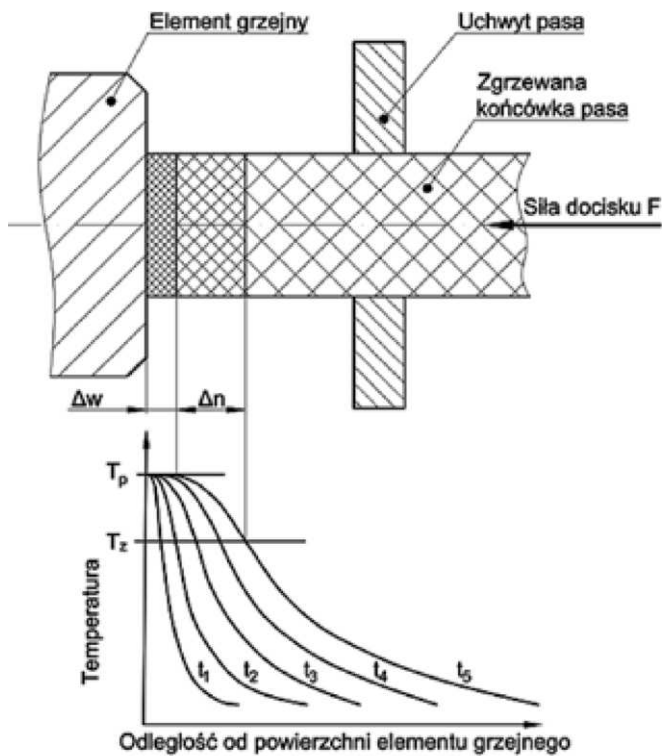
polimerowego: uplastycznienie i nadtopienie. Następuje aktywacja łańcuchów polimerowych i ich fizykochemiczne oddziaływanie podczas łączenia;

- zwolnienia siły docisku F i odsunięcia zakończeń pasa od nagrzewanej płyty po uzyskaniu pożądanego stopnia uplastycznienia i nadtopienia tworzywa;
- wycofania płyty grzejnej z obszaru roboczego;
- wzajemnego docisku łączonych elementów z określoną siłą, następującego niezwłocznie po usunięciu płyty grzejnej z obszaru złącza. Jest to najważniejszy etap procesu zgrzewania pasów, podczas którego makrocząsteczki uplastycznionego oraz nadtopionego polimeru łączą się wskutek reakcji chemicznych oraz oddziaływań fizycznych pomiędzy łańcuchami (rys. 2). Zjawiska te wiążą się z dyfuzją cząsteczek z jednej części zgrzewanej do drugiej. Proces ten jest możliwy dzięki aktywacji termicznej łańcuchów makrocząsteczek, co stymuluje zachodzenie reakcji chemicznych. Dodatkowo, łańcuchy polimerowe oddziałują mechanicznie ze sobą, splatając się. Układ dąży do uzyskania stanu stabilnego, w którym makrocząsteczki zachowują się podobnie jak w temperaturze pokojowej w litym materiale [4]. Dzięki temu następuje trwałe połączenie tworzywa;
- zwolnienia siły docisku, po czym rozpoczyna się etap ochładzania i umacniania złącza w wyniku wzrostu sztywności łańcuchów polimerowych wraz ze spadkiem temperatury;
- usunięcia wypływki, czyli pierścieniowego nadmiaru materiału w otoczeniu złącza. Jego objętość jest proporcjonalna do wymiaru skrócenia pasa.

Na podstawie wykresu przebiegu siły, docisku pasa do gorącej płyty oraz wzajemnego docisku końcówek pasa do siebie podczas procesu zgrzewania (rys. 3) można prześledzić podstawowe parametry procesu czołowego łączenia pasów.

Najważniejsze parametry zgrzewania to:

- siła docisku oddziałująca na zakończenie pasa (rys. 4), której wartość maksymalna zadawana jest w dwóch etapach zgrzewania. Jest to siła F_w we wstępnym etapie wyrównania powierzchni czołowej pasa, poprzez nadtopienie na rozgrzanej płycie, a także F_z we właściwym etapie łączenia. Ich wartość jest zależna od pola przekroju poprzecznego zgrzewanego elementu, a także tworzywa, z którego jest wykonany. Przyjmuje się, że ta wartość siły docisku powinna powodować powstanie naprężeń kontaktowych o wartości od 0,05 MPa do 0,1 MPa, w przypadku zgrzewania rur wykonanych z polipropylenu [11] (nie definiuje się jednoznacznie wartości siły, ponieważ ona zależy od pola przekroju poprzecznego zgrzewanego elementu). Zmniejszenie wartości siły docisku do poziomu F_n , w drugiej części nagrzewania, wynika z dużego spadku sztywności tworzyw termoplastycznych wraz ze wzrostem wartości temperatury. Tworzywo rozgrzane do temperatury o wartości przekraczającej granicę uplastycznienia cechuje się małą lepkością, która znacznie spada z dalszym wzrostem temperatury. Zwiększenie jej wartości o 10°C powoduje dwukrotny spadek wartości lepkości materiału [11]. Czynniki te powodują dużą wrażliwość nagrzanego materiału na obciążenia zewnętrzne, z tego powodu siła docisku w tym etapie jest zmniejszana;



Rys. 4. Schemat przebiegu nagrzewania końcówki pasa gorącą płytą bez ograniczników ruchu oraz spodziewany rozkład temperatury w czasie wg [11]: T_p – temperatura elementu grzejnego, T_z – temperatura uplastycznienia zgrzewanego tworzywa, $t_1 < t_2 < t_3 < t_4 < t_5$ – czas nagrzewania, Δw – nadatek na wyrównanie, Δn – grubość warstwy materiału nagrzanej do temperatury uplastycznienia

- czas zgrzewania, którego sumaryczna wartość wynosi zazwyczaj od kilkunastu sekund do kilkudziesięciu minut. Czas wyrównania t_{g1} jest zazwyczaj krótki i trwa maksymalnie kilka sekund. W tym etapie następuje wyrównanie powierzchni zakończeń pasa na gorącej płycie przez wstępne nadtopienie nierówności. Czas nagrzewania t_{g2} zależy od masy nagrzewanego materiału oraz jego właściwości, takich jak: współczynnik przewodzenia ciepła, ciepło właściwe oraz gęstość materiału. Przyjmuje on zazwyczaj dużo większą wartość od czasu t_{g1} i wynosi nawet kilkadziesiąt minut. Czas wysunięcia elementu grzejnego t_p , określany również jako czas przerwy, podobnie jak czas narastania siły docisku t_z , wynosi maksymalnie kilka sekund i powinien być możliwie najkrótszy, aby zmniejszyć straty energetyczne. W ostatnim etapie procesu następuje właściwe łączenie materiału oraz powolne ochładzanie złącza. Czas t_{ch} tego etapu jest często najdłuższy, jego wartość zależy od warunków chłodzenia i wynosi od kilkudziesięciu sekund do kilkunastu minut [11];
- temperatura zgrzewania T_z . Jej wartość jest zazwyczaj o kilkadziesiąt stopni niższa od temperatury nagrzewanej płyty T_p (rys. 4). Maksymalną wartość temperatury T_z ustala się na poziomie od 80°C do 90°C powyżej temperatury topnienia materiału dla polimerów częściowo skryształizowanych. W przypadku polimerów amorficznych często przyjmuje się wartości z przedziału od 150°C do 160°C powyżej temperatury zeszklenia [11]. Wartość tej temperatury powinna umożliwić przejście polimeru w stan wysokoplastyczny, nie powodując destrukcji tworzywa.

Podczas zgrzewania można również wyróżnić pewne wielkości fizyczne, które wiążą się zarówno z parametrami procesu zgrzewania, jak i zewnętrznymi warunkami wykonywania złącza (np. sposobem przygotowania powierzchni czołowej pasa), m.in.:

- stopień spęczenia tworzywa, definiowany wielkością ΔS skrócenia łączonego pasa w wyniku zgrzewania. Jest on silnie powiązany z maksymalną siłą docisku podczas tego procesu technologicznego;
- nadatek Δw na wyrównanie, czyli długość pasa, która ulega nadtopieniu w początkowym etapie nagrzewania przy zwiększonej sile docisku, w celu wyrównania powierzchni czołowej;
- grubość warstwy uplastycznionej Δn , która opisuje ilość materiału nagzanego do temperatury wyższej od wartości temperatury uplastycznienia dla danego typu tworzywa. Bezpośrednio z nią wiąże się czas nagrzewania t_{g2} oraz stopień spęczenia ΔS . Przyjmuje się, że w przypadku polimerów cechujących się częściowo krystaliczną strukturą, grubość warstwy uplastycznionej Δn powinna wynosić co najmniej 30% grubości łączonego materiału, a dla tworzyw amorficznych co najmniej 14% grubości zgrzewanego tworzywa [12].

Wykonanie poprawnego złącza zgrzewanego, pozwalającego uzyskać określone cechy geometryczne i właściwości mechaniczne pasa, wymaga uwzględnienia wielu czynników i ustalenia dużej liczby parametrów, które są ze sobą powiązane. Dodatkowe trudności z formowaniem się spoiny dotyczą trudno przewidywalnego zachowania się konkretnego rodzaju materiału podczas zgrzewania. Z tego względu zasadne jest podjęcie działań badawczych na temat wpływu parametrów tego procesu łączenia na jakość uzyskiwanych spoin.

KONTAKTOWE ZGRZEWANIE GORĄCĄ PŁYTĄ

Kontaktowe nagrzewanie powierzchni, podczas zgrzewania metodą gorącej płyty, jest powszechnie stosowanym sposobem podwyższenia temperatury tworzywa polimerowego, w którym gorąca płyta wchodzi w bezpośredni kontakt z nagrzewanym materiałem. W praktyce stosuje się dwie metody kontroli tego procesu:

- sterowanie siłą docisku nagrzewanych elementów do gorącej płyty (rys. 4). Sposób ten cechuje się tym, że podczas etapu nagrzewania wywierana jest siła docisku łączonego elementu do gorącej płyty, o określonej wartości. Jest to oprócz wartości temperatury gorącej płyty T_p i czasu: t_{g1} oraz t_{g2} , jedyny zmienny parametr wpływający na grubość Δn warstwy nagrzanej do temperatury uplastycznienia. Zmiana wartości siły docisku decyduje o wartości skrócenia pasa ΔS podczas nagrzewania. W tym przypadku nie występują ograniczniki przemieszczenia zakończeń pasa;
- sterowanie przemieszczeniem zgrzewanego elementu, które cechuje się zastosowaniem ograniczników ruchu łączonych elementów w postaci regulowanych elementów dystansujących (rys. 5). Ich wymiar określa dopuszczalne przesunięcie zgrzewanych części zarówno podczas nagrzewania, jak i właściwego zgrzewania. Zastosowanie regulowanych ograniczników ruchu pozwala na precyzyjne stero-

wanie odległościami skrócenia pasa podczas nagrzewania. Zarówno naddatek na wyrównanie Δw , jak i całkowite skrócenie pasa ΔS mogą być w tym przypadku dokładnie określone przez regulację ich długości [13]. Stanowi to wyraźną zaletę w stosunku do zgrzewania z regulacją siły docisku. Wadą tego rozwiązania jest możliwość przzerwania kontaktu nagrzewanego materiału z gorącą płytą, gdy ruch uchwytów będzie ograniczony ogranicznikami, a roztopione tworzywo wypłynie ze strefy, w której materiał jest już rozgrzany do temperatury uplastycznienia (szczególnie dotyczy to materiałów o bardzo niskiej lepkości w podwyższonej temperaturze).

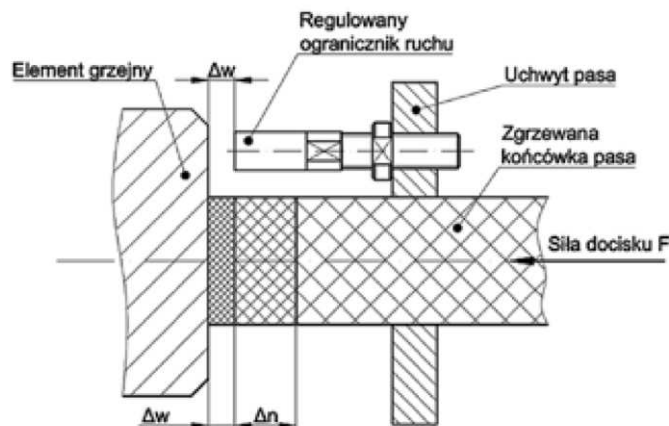
Nowoczesne urządzenia do zgrzewania tworzyw polimerowych są wyposażone w takie układy napędowe przesunięć uchwytów pasa, które pozwalają na kontrolę i precyzyjne sterowanie ich przemieszczeniem, a także wywieraną siłą. Dzięki temu sterowanie, np. naddatkiem na wyrównanie Δw i siłą docisku F , może być realizowane w sposób ciągły, bez konieczności ręcznego przestawiania elementów dystansujących [5]. Projekt prototypu urządzenia do zgrzewania pasów ciągnowych przewiduje takie właśnie rozwiązanie [3].

BEZKONTAKTOWE ZGRZEWANIE GORĄCĄ PŁYTĄ

Rozpatrując zgrzewanie doczołowe za pomocą nagrzanej płyty, należy brać pod uwagę również możliwości nagrzewania bezkontaktowego. Stanowią je: nagrzewanie za pomocą promieniowania podczerwonego, światła białego lub strumienia gorącego gazu. W tym przypadku energia cieplna przenoszona jest nie przez przewodzenie, ale dzięki promieniowaniu i konwekcji [14]. Spośród nich najbardziej rozpowszechnione jest nagrzewanie energią promieniowania podczerwonego. Proces ten odbywa się dzięki wprowadzeniu pomiędzy zbliżone do siebie powierzchnie łączonych elementów płyty nagrzanej do temperatury o wartości znacznie przekraczającej granicę topnienia tworzywa. W przypadku zgrzewania polipropylenu (PP), temperatura nagrzanej płyty osiąga wartość około 500°C , natomiast odległość pomiędzy rozgrzaną płytą a tworzywem wynosi od 1 mm do 2 mm [14]. Rozgrzana do takiej temperatury płyta emituje promieniowanie podczerwone o długości fali od 800 nm do 40 μm , czyli światło niewidzialne dla oka. Powoduje to nagrzewanie sąsiadującej powierzchni czołowej pod wpływem promieniowania oraz konwekcji. Dodatkowo następuje wzrost temperatury w dalszych częściach objętości tworzywa, w wyniku absorpcji promieniowania podczerwonego, co powoduje aktywację makrocząsteczek polimeru. Dzięki temu występuje dodatkowy mechanizm nagrzewania materiału, lecz jedynie zaabsorbowane fale elektromagnetyczne powodują wzrost temperatury, natomiast odbite oraz przepuszczone stanowią o stratach energii [15].

Rozwiązanie takie ma wiele zalet w porównaniu z kontaktowym sposobem wzrost temperatury, m.in.:

- wyeliminowanie konieczności wymuszenia siły docisku i sterowania jej wartością podczas nagrzewania, co wpływa na uproszczenie procesu. Jednocześnie, w tym przypadku, praktycznie nie występuje problem wypływania nadtopionego materiału z obszaru zgrzeiny podczas nagrzewania;



Rys. 5. Schemat przebiegu nagrzewania przedmiotu gorącą płytą z wykorzystaniem regulowanych ograniczników ruchu: Δw – naddatek na wyrównanie, Δn – grubość warstwy materiału nagrzanej do temperatury uplastycznienia

- wyeliminowanie zjawiska nierównomiernego nagrzewania w przekroju poprzecznym, co jest wadą kontaktowego procesu zwiększania temperatury. W przypadku nagrzewania bezkontaktowego temperatura w obszarze materiału zwiększa swoją wartość w sposób bardziej równomierny, głównie dzięki absorpcji promieniowania. W związku z tym rozkład temperatury jest bardziej regularny, a jej wartość na powierzchni czołowej wzrasta nieco wolniej. Osiąga ona pożądany poziom dopiero w końcowej części nagrzewania. Dzięki temu uzyskiwany jest efekt równomiernego uplastycznienia tworzywa, bez nadmiernego nadtopienia [15];
- brak kontaktu tworzywa z elementem grzewczym, co przekłada się na wyeliminowanie problemów przywierania cząstek materiału do niego. Skutkuje to brakiem konieczności stosowania specjalnych pokryć antyadhezyjnych na powierzchni nagrzewanej płyty;
- zmniejszenie sumarycznej ilości wypływu z powodu braku konieczności mechanicznego oddziaływania na uplastycznione tworzywo podczas nagrzewania.

Ta metoda nagrzewania tworzyw ma również pewne wady w porównaniu z klasycznym zwiększaniem wartości temperatury materiału, m.in.:

- uzależnienie przebiegu wzrostu temperatury od właściwości fizycznych nagrzewanego tworzywa. W tym przypadku na przewodzenie ciepła w jego strukturze wpływa nie tylko współczynnik przewodności cieplnej, ale również stopień absorpcji promieniowania przez konkretny materiał. Parametr ten zależy nie tylko od jego składu chemicznego i struktury makrocząsteczek, ale także faktury i barwy powierzchni,
- brak etapu wyrównania powierzchni przez wstępne nadtopienie na rozgrzanej płycie. Nagrzewany element nie zmienia swoich cech geometrycznych, więc niedokładności powstałe w wyniku np. nieprostopadłego cięcia pasa wpływają na przebieg etapu łączenia, przez co możliwe jest uzyskanie wadliwej zgrzeiny.

Zgrzewanie z wykorzystaniem nagrzewania bezkontaktowego jest istotną alternatywą dla klasycznego, kontaktowego zwiększania wartości temperatury końcówek pasa. W przypadku projektowanego urządzenia zdecydowano o wy-

korzystaniu tradycyjnej, kontaktowej metody nagrzewania, głównie ze względu na większą przewidywalność zachowania się materiału łączonych pasów. Sposób ten jest sprawdzony, a technologia opanowana. Należy jednak zauważyć, że wymagania dotyczące mocowania oraz mechanizmów przemieszczania urządzeń grzejnych dla obu metod są podobne. Dzięki temu przewidywana jest możliwość zmiany technologii nagrzewania bez istotnych zmian konstrukcyjnych urządzenia.

PODSUMOWANIE

Zgrzewanie doczołowe za pomocą gorącej płyty jest powszechnie stosowaną metodą trwałego łączenia termoplastycznych tworzyw polimerowych. Wykorzystując tę technologię, produkuje się przemysłowo pasy ciągnowe wykonane z elastomerów termoplastycznych, a w szczególności poliuretanu i poliestrów. Należy jednak zauważyć, że w większości przypadków taką operację technologiczną przeprowadza się ręcznie. W celu usprawnienia tego procesu podjęto się zaprojektowania urządzenia do zautomatyzowanego zgrzewania. Prace projektowe wymagają jednak wykonania szczegółowej analizy tej metody.

Zgrzewanie doczołowe gorącą płytą może występować w trzech odmianach: kontaktowej z kontrolą siły docisku, z kontrolą przemieszczenia nagrzewanych elementów oraz bezkontaktowej. Każdą z tych metod wyróżnia inna zasada dostarczania energii cieplnej, uplastyczniania i nadtapiania tworzywa. Warunki konstrukcyjne zastosowania tych metod są zbliżone, dzięki czemu mogą być stosowane zamiennie w docelowym rozwiązaniu. Ostateczny wybór sposobu nagrzewania będzie poprzedzony badaniami prototypu urządzenia zgrzewającego.

Jak wynika z przeglądu literatury, prowadzono różne badania analityczne i empiryczne zgrzewania za pomocą gorącej płyty. Dotyczyło to jednak tworzyw polimerowych o znacznej sztywności. Zgrzewanie doczołowe elastomerów termoplastycznych, a w szczególności poliuretanu, nie jest dobrze rozpoznane. Stwarza to pole do dalszych badań w tym kierunku. W związku z tym zaplanowano prace badawcze nad zgrzewaniem doczołowym tego typu materiałów i podzielono je na następujące etapy:

- badania właściwości mechanicznych i termicznych materiału pasa, np. poliuretanu, w celu uzupełnienia stanu wiedzy z zakresu właściwości tego tworzywa, zwłaszcza określenia m.in. stałych materiałowych, które są niezbędne do dalszej analizy. Należy zaznaczyć, że wartości tych wielkości fizycznych dostępne są w literaturze, jednak zazwyczaj w postaci uogólnionej dla całej grupy tworzyw, przez co ich rozpiętość jest szeroka;
- sformułowanie modelu analitycznego opisującego proces zgrzewania, którego strukturę stanowią empirycznie wyznaczone właściwości termomechaniczne materiału pasa oraz parametry formowania zgrzeiny czołowej;
- opracowanie modelu numerycznego procesu zgrzewania, symulacja i porównanie uzyskanych wyników z modelem analitycznym,
- wykonanie badań empirycznych procesu zgrzewania z wy-

korzystaniem stanowiska badawczego, a następnie zbudowanego prototypu urządzenia;

- porównanie uzyskanych wyników badań, wyciągnięcie wniosków i ich wykorzystanie do założeń projektowych urządzenia oraz opracowania efektywnych parametrów nastawczych.

Przeprowadzony program badawczy powinien zakończyć się konstrukcją i wdrożeniem funkcjonalnego urządzenia do zautomatyzowanego łączenia pasów ciągnowych o przekroju kołowym za pomocą gorącej płyty.

Artykuł recenzowany.

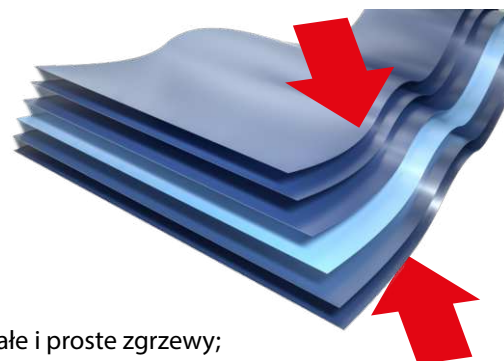
LITERATURA

- [1] BEHAbelt, 2015. Product Catalogue 2015/2016, Glottertal: BEHA Innovation GmbH.
- [2] Domek G., I. Malujda I. 2007. Modelling of timing belt construction. *Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics* 7: 45 – 46.
- [3] Wałęsa K. 2017. Projekt urządzenia mechatronicznego do zgrzewania pasów ciągnowych. Praca magisterska. Politechnika Poznańska.
- [4] Grewell D., A. Benatar A. 2007. Welding of Plastics: Fundamentals and New Developments. *International Polymer Processing* 22 (1): 43 – 60.
- [5] Troughton M. (eds.). 1997. Handbook of Plastics Joining: A practical guide. New York: Plastics Design Library.
- [6] Mokhtarzadeh A., A. Benatar. 2012. Experiments with conventional and high temperature hot plate welding of thermoplastics using temperature and pressure control. *ANTEC 2012 Plastics: Annual Technical Conference Proceedings*: 1684–1690.
- [7] Mokhtarzadeh A., Ch. Wu, A. Benatar. 2008. Comparison of hot plate and vibration welding of PMMA to ABS. *ANTEC 2008 Plastics: Annual Technical Conference Proceedings*: 856 – 861.
- [8] Krishnan C., A. Benatar. 2004. Analysis of Residual Stress in Hot Plate Welded Polycarbonate. *ANTEC 2004 Plastics: Annual Technical Conference Vol. 1: Processing*: 1149 – 1153.
- [9] Nieh J., J. Lee. 1998. Hot Plate Welding of Polypropylene Part I: Crystallization Kinetics. *Polymer Engineering and Science* (38) 7: 1121 – 1132.
- [10] Sikora R. 1993. Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych. Warszawa: Wydawnictwo Żak.
- [11] Klimpel A. 2000. Spawanie i zgrzewanie tworzyw termoplastycznych. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
- [12] Jasiulek P. 2006. Łączenie tworzyw sztucznych metodami spawania, zgrzewania, klejenia i laminowania. Krosno: Wydawnictwo KaBe.
- [13] Stokes V. 1999. A phenomenological study of hot-tool welding of thermoplastics. Part 1: Polycarbonate. *Polimery* 40 (23): 6235 – 6263.
- [14] Lin T. T., S. Staicovici, A. Benatar. 1996. Non-Contact Hot Plate Welding of Polypropylene. *ANTEC 1996 Plastics: Annual Technical Conference Vol. 1: Processing*.
- [15] Steiert T. 1998. Technologia zgrzewania tworzyw sztucznych promieniami podczerwonymi – technika i obszary zastosowań. *Biuletyn Instytutu Spawalnictwa* 3.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przegląd Mechaniczny” nr 6/2018, s. 23-27.

mgr inż. Krzysztof Wałęsa, dr hab. inż. Ireneusz Malujda, prof. PP, dr inż. Krzysztof Talaśka
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn
Politechnika Poznańska

Co to jest zgrzewanie wysoką częstotliwością?



Zgrzewanie wysoką częstotliwością (HF) lub częstotliwościami radiowymi (RF) to łączenie materiałów przez poddanie ich powierzchni działaniu energii o wysokich częstotliwościach w formie pola elektromagnetycznego (27,12 MHz) i docisku łączonego materiału.

Energia jest wytwarzana przez generator. Narzędzie wykorzystywane do podania tej energii nazywa się elektrodą. Energia elektryczna wywołuje ruch cząsteczek wewnątrz materiału, co wytwarza ciepło powodujące mięknięcie materiału i stopienie się jego warstw ze sobą. Nie dostarcza się żadnego ciepła z zewnątrz. Zamiast tego ciepło powstaje w samym materiale. Po schłodzeniu zgrzewanej powierzchni pod utrzymywaniem nadal naciskiem materiał jest stopiony razem i powstaje zgrzew. Zgrzew może być równie mocny jak otaczający go materiał albo nawet mocniejszy.

CZTERY KLUCZOWE CZYNNIKI

Na ostateczny efekt zgrzewania wpływają cztery ważne czynniki, a mianowicie nacisk, efekt (moc) zgrzewania, czas zgrzewania i czas chłodzenia. Parametry te można regulować i łączyć na różne sposoby w celu osiągnięcia optymalnego wyniku zgrzewania dla danego materiału.

MATERIAŁY

Materiałem najczęściej zgrzewanym za pomocą wysokiej częstotliwości jest PCV (polichlorek winylu) zwany również winylem i PU (poliuretan). Materiał ten może być gruby lub cienki, zbrojony lub powlekany. Może być też bezbarwny, kolorowy lub wzorzysty.

KTO STOSUJE ZGRZEWANIE HF?

Klienci Forsstrom wytwarzają z powyższych materiałów szeroką gamę wyrobów gotowych, takich jak plandeki i pokrowce na samochody ciężarowe i łodzie, płachty, namioty, konstrukcje, okładziny basenowe, osłony zaciniające, billboardy, wyroby nadmuchiwane, zbiorniki na płyny, ekrany kinowe, łóżka wodne, sufity napinane, membrany zaworów oraz pływające zapory przeciwolejewo.

ZATEM DLACZEGO UŻYWAĆ ZGRZEWANIA WYSOKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI, ZAMIAST INNYCH TECHNOLOGII?

Zgrzewanie za pomocą wysokiej częstotliwości jest najlepszą metodą łączenia PVC i PU. Zgrzew jest o wiele mocniejszy niż ten wykonywany w innych technologiach, takich jak zgrzewanie gorącym powietrzem, gorącym klinem lub impulsowe. Otrzymany zgrzew jest również hermetyczny i wodoszczelny.

ZALETY ZGRZEWANIA HF

- Powtarzalna i niezawodna technologia;

- Mocne, trwałe i proste zgrzewy;
- Zgrzewy hermetyczne, wodo- i gazoszczelne;
- Zgrzewanie wielu warstw;
- Opcja przyjazna dla środowiska.

Poza zgrzewaniem wysokiej częstotliwości istnieją inne technologie łączenia materiałów, opisane poniżej.

ZGRZEWANIE GORĄCYM POWIETRZEM

Gorące powietrze to technologia, w której gorące powietrze wytworzone przez dmuchawę jest dostarczane pomiędzy warstwy materiału za pomocą dyszy. Tak ogrzane powierzchnie są następnie łączone za pomocą rolki dociskowej.

- + Może być stosowane do materiałów przewodzących.
- Trudności w uzyskaniu powtarzalnych zgrzewów.

ZGRZEWANIE GORĄCYM KLINEM

Jest to proces, w którym materiał jest naciągany na gorący klin, a następnie dociskany za pomocą rolek.

- + Może być stosowany do materiałów przewodzących.
- Trudności w uzyskaniu powtarzalnych zgrzewów.

ZGRZEWANIE IMPULSOWE

Zgrzewanie impulsowe jest technologią, w której zastosowano stalowy opornik pokryty taśmą teflonową (PTFE). Prąd elektryczny przepływa przez opornik generując ciepło, które jest mechanicznie przenoszone na tkaninę.

- + Może być stosowany do materiałów przewodzących.
- Opornik może być bardziej gorący na końcach, co może spowodować niejednorodne zgrzewy oraz przypalenie delikatnych materiałów.

ZGRZEWANIE ULTRADŹWIĘKAMI

Ultradźwięk to dźwięk, którego wibracja przyspiesza w stronę *sonotrody* (narzędzia), w rezultacie dając mechaniczne uderzenia, które w większości tkanin generują ciepło. Ciepło musi przeniknąć przez pierwszą warstwę materiału, aby połączyć drugą warstwę materiału.

- + Może być stosowany do materiałów przewodzących.
- Trudno jest zgrzać więcej niż dwie warstwy materiału, nie uszkadzając przy tym powierzchni materiału oraz nie powodując przypaleń.

Źródło: <https://www.forsstrom.com>

11 powodów, dla których warto wybrać rotomoulding

Adam Bernacki

Rotomoulding to jedna z najważniejszych technologii produkcji z tworzyw sztucznych w dzisiejszym przemyśle. Zważywszy na dynamiczne zmiany na tym rynku, warto zastanowić się, która metoda produkcji najlepiej odpowiada potrzebom twojej firmy. Prezentujemy 11 decydujących argumentów na korzyść rotomouldingu. Zapoznaj się z nimi i sprawdź, czy ta technologia spełni twoje oczekiwania.

CZYM DOKŁADNIE JEST ROTOMOULDING?

Rotomoulding (zwany też formowaniem rotacyjnym, odlewaniem rotacyjnym lub rotoformowaniem) jest jedną z bardziej nowoczesnych metod formowania tworzyw sztucznych, stosowaną dla różnych branż i różnych przedmiotów. Formowanie rotacyjne ma wiele zastosowań. Sprawdza się zarówno w przypadku średnich, jak i dużych produktów z tworzyw sztucznych, a do tego pozwala na precyzyjne dostosowanie parametrów konkretnych wyrobów do potrzeb.

PRODUKTY, JAKIE POWSTAJĄ Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII ROTOMOULDINGU:

Formowanie rotacyjne jest technologią atrakcyjną kosztowo, dzięki czemu możliwe jest jej szerokie zastosowanie, pozwalające na seryjną produkcję wyrobów o różnych wielkościach, jak np.:

- studzienki rewizyjne;
- zbiorniki przemysłowe;
- izolowane pojemniki, skrzynie palety;
- kosze na śmieci, donice i meble ogrodowe, beczki do wody;
- pachołki, słupki i znaki drogowe;
- kajaki, łodzie, spławiki, boje i pontony;
- zabawki i wyposażenie placów zabaw;
- produkty dekoracyjne (zewnętrzne i wewnętrzne);
- przedmioty designerskie (np. elementy lamp);
- obudowy maszyn;
- i wiele innych.

Co ważne odlewanie rotacyjne zapewnia szybki proces wdrożenia nowych produktów oraz minimalizację strat tworzywa w procesie produkcyjnym.

W niektórych przypadkach opłaca się nawet wykonać produkcję krótkich serii przedmiotów, czy pojedynczą serię produkcyjną wielkowymiarowych wyrobów.



Photo by Freepik

ROTOMOULDING: OD PROJEKTU DO PRODUKCJI

Uruchomienie produkcji jest możliwe dopiero po zaprojektowaniu i wykonaniu formy do rotomouldingu. Producenci oferują wsparcie techniczne oraz projektowanie i wykonywanie form, a w zakres usługi rotomouldingu wchodzi również przygotowanie projektu.

Nie czekaj! Dostosuj technologię do swoich potrzeb, aby obniżyć koszty produkcji z tworzyw sztucznych.

JAKIE FORMY WYKORZYSTUJEMY W ODLEWANIU ROTACYJNYM?

Występują dwa rodzaje form — aluminiowe oraz stalowe. Formy aluminiowe pozwalają na większą precyzję, są więc lepsze w przypadku skomplikowanych kształtów produktów oraz tych ze zmienną geometrią. Niskie koszty form stalowych sprawiają natomiast, że rozwiązanie to jest wybierane dla prostych przedmiotów oraz właśnie w przypadku konieczności redukcji kosztów.

JAKICH MATERIAŁÓW UŻYWA SIĘ DO PRODUKCJI WYROBÓW METODĄ FORMOWANIA ROTACYJNEGO?

Najczęściej stosowane są tworzywa sztuczne z rodziny polietylenów, szczególnie polietylen liniowy o małej gęstości (LLDPE), ale także polietylen o małej gęstości (LDPE), polietylen o dużej gęstości (HDPE) oraz polietylen sieciowany (PEX). Kiedy jest to możliwe, to stosowany jest regranulat, czyli tworzywo sztuczne powstałe z przemiału (w kolorze czarnym). Co istotne, wszystkie tworzywa w tej technologii stosowane są w postaci proszku.

KIEDY WYBRAĆ ROTOMOULDING?

Przedstawiamy najważniejsze kryteria, które przemawiają za wybraniem technologii rotomouldingu.

1. Gabaryt produktu. Rotomoulding jest dobrym rozwiązaniem, kiedy mamy do czynienia ze średnio lub wiel-

kogabarytowymi wyrobami, przy czym dla produktów wielkogabarytowych jest to zdecydowanie najlepsze rozwiązanie na rynku.

2. Nakład produkcyjny. Technologia rotomouldingu jest dobrym rozwiązaniem, kiedy roczna produkcja wyrobu jest produkcją seryjną, ale nie masową, czyli mieści się w przedziale od 100 do 10 000 sztuk rocznie. Ponadto w niektórych przypadkach możliwa jest nawet produkcja w krótkich seriach.

3. Wytrzymałość. Rotomoulding jest dobrym rozwiązaniem, kiedy potrzebujemy wytrzymałych produktów o rozmaitych kształtach. Równomierna grubość ścianek wyrobu końcowego przekłada się bowiem na równomierne właściwości mechaniczne, dzięki czemu otrzymany wyrób utrzymuje stały kształt nawet podczas długotrwałego użytkowania. Co ważne, dzięki produkcji technologią rotomouldingu powstaje jednorodny wyrób. Nie występuje więc potrzeba łączenia większej liczby części, co pozwala wyeliminować słabe punkty powstające zazwyczaj na spawach czy w miejscach klejenia.

4. Montaż. Wybierz proces rotomouldingu zwłaszcza wtedy, kiedy produkt końcowy wymaga uwzględnienia dodatkowych części montażowych, takich jak elementy gwintowane, tuleje, trzpienie, czy pierścienie. Potrzebne części montażowe zostają w procesie produkcyjnym pokryte przez stopione tworzywo i stają się integralną częścią odlewu.

5. Elementy puste w środku. Formy do rotoformowania pozwalają uzyskać produkty puste w środku, co wpływa na oszczędność materiału i kosztów transportu wyrobów. Formowanie rotacyjne sprawdzi się, kiedy w obszarze twoich zainteresowań są jakiegokolwiek zbiorniki. Zwłaszcza zbiorniki wymagające izolacji.

6. Izolacja. Rotomoulding jest dobrym rozwiązaniem, kiedy w produkowanym zbiorniku musimy zastosować izolację. Omawiana technologia formowania tworzyw sztucznych umożliwia bowiem dodawanie różnych materiałów do poszczególnych warstw i łączenie ich ze sobą w jednej formie.

7. Koszt produkcji. Rotomoulding jest dobrym rozwiązaniem, również wtedy, kiedy pomimo dużych gabarytów produktu, chcemy, aby koszt formy był niski. Koszt wykonania takiej formy jest około 6-krotnie niższy niż formy o tych samych gabarytach, stosowanej do technologii wtryskowej.

8. Estetyka. Rotomoulding jest dobrym rozwiązaniem, jeśli mamy w planie produkcję wyrobów wymagających dużej estetyki. Należy jednak pamiętać, że te o skomplikowanych kształtach wymagają wykorzystania form aluminiowych. Ważnym czynnikiem wpływającym na poziom estetyki wyrobów powstałych w procesie formowania rotacyjnego jest fakt, iż wszystkie etapy procesu produkcyjnego, jak grzanie, topienie, formowanie czy chłodzenie przebiega w formie i nie wykorzystuje się w nim żadnego zewnętrznego ciśnienia. Dzięki temu nie widać nieestetycznych linii łączenia, powstających na powierzchni wyrobów przy innych technologiach przetwarzania tworzywa sztucznego.

9. Kolorystyka. Rotomoulding jest dobrym rozwiązaniem, kiedy chcemy otrzymać różne kolory produktów, ponieważ na rynku dostępne są tworzywa sztuczne we wszystkich barwach palety RAL.

Co ciekawe, masowo produkowane z tworzyw sztucznych zabawki to efekt połączenia kilku powyższych zalet technologii formowania rotacyjnego, takich jak wysoka estetyka, bogata kolorystyka, czy wytrzymałość.

10. Masa. Rotomoulding jest dobrym rozwiązaniem, kiedy potrzebne są produkty o masie od kilkudziesięciu do kilkuset kilogramów, których nie uzyskamy w technologii wtryskiwania czy wytłaczania ze względu na konstrukcyjne ograniczenia tych maszyn przetwórczych.

11. Zastąpienie metody laminowania tworzyw sztucznych technologią odlewania rotacyjnego. Jest dobrym rozwiązaniem, kiedy chcemy zamienić dotychczasowo stosowaną metodę laminowania na produkcję bardziej zautomatyzowaną i bardziej estetyczną. Poznaj najbardziej przemawiające za tą zmianą argumenty:

- wysoka powtarzalność produkcji,
- ujednolicenie właściwości mechanicznych oraz użytkowych produktu,
- niższa cena jednostkowa produktu,
- wysoka estetyka wyrobów,
- kilkukrotnie zwiększona wydajność procesu.

PODSUMOWANIE

Chociaż gotowy produkt z wykorzystaniem rotoformowania wyróżnia się trwałością, estetycznym wykończeniem i wyższą wytrzymałością na warunki zewnętrzne, co jest kluczowe dla wielu branż przemysłowych, to jednak warto mieć na uwadze jeszcze jedną kwestię. Jakość gotowego wyrobu jest ściśle związana nie tylko z technologią, ale także z jakością użytego materiału i odpowiednim projektem formy. Ważne jest więc, aby zlecić produkcję partnerowi biznesowemu, którego dogłębna znajomość i prawdziwa wiedza dotycząca technologii formowania rotacyjnego pozwalają na to, by doradzić najlepsze rozwiązanie we wszystkich tych obszarach.

Chcesz zlecić cykliczną produkcję wyrobów z tworzyw sztucznych? Rozpocznij współpracę z Plastikpol, a pomożemy zmniejszyć ilość odpadów i ograniczyć koszty.



Photo by Freepik

Plastikpol Poland

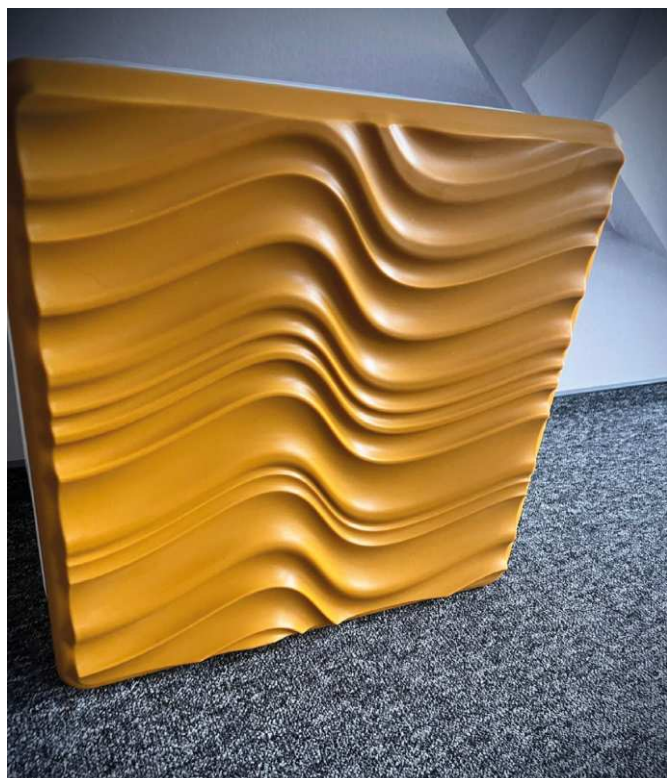
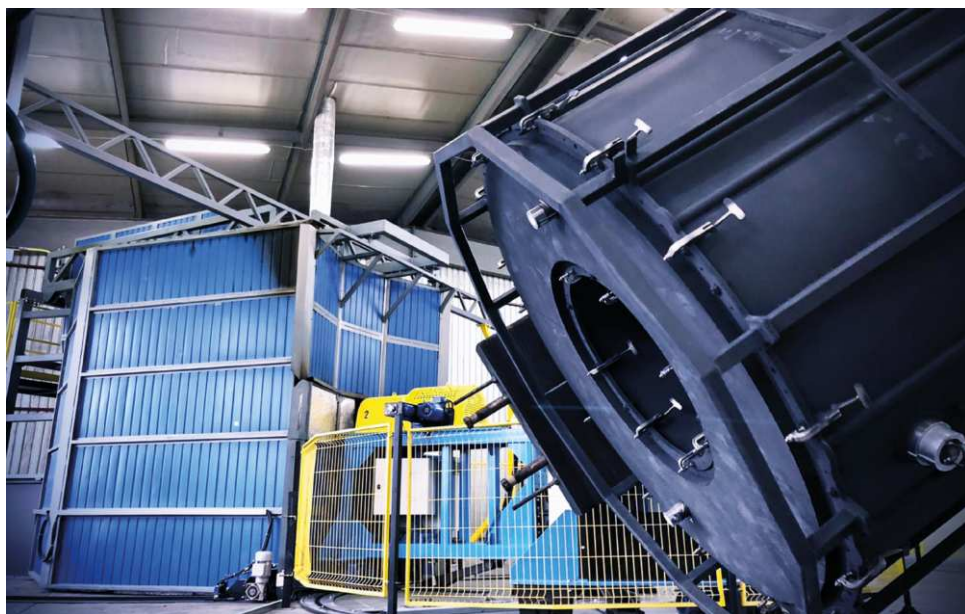
Roto4mat – lider w dziedzinie rotomouldingu

Roto4mat to marka specjalizująca się w formowaniu rotacyjnym, która od lat wyznacza standardy w branży. Od początku naszej działalności skupiamy się na wykorzystaniu technologii rotomouldingu do produkcji różnorodnych elementów z tworzyw sztucznych, spełniających najwyższe standardy jakości. Dzięki innowacyjnemu podejściu oraz ścisłej współpracy z klientami udało nam się zdobyć zaufanie odbiorców zarówno w Polsce, jak i za granicą.

Naszą misją jest „brak kompromisu w kwestii jakości”. Dzięki temu podejściu stworzyliśmy szeroką grupę zadowolonych klientów, którzy cenią nas za profesjonalizm, niezawodność oraz elastyczność w realizacji zamówień. Nasze produkty charakteryzują się wyjątkową trwałością, funkcjonalnością i nowoczesnym designem, co sprawia, że doskonale sprawdzają się zarówno w przemyśle, jak i zastosowaniach codziennych.

Oferujemy kompleksowe usługi, obejmujące projektowanie i produkcję form, drukowanie 3D oraz formowanie rotacyjne.

Wykorzystujemy najnowsze technologie i materiały nadające się do recyklingu, co wpisuje się w naszą strategię zrównoważonego rozwoju. Dzięki zastosowaniu polimerów



przyjaznych środowisku oraz efektywnemu zarządzaniu zasobami, minimalizujemy odpady produkcyjne oraz zużycie energii.

Nieustannie inwestujemy w rozwój i innowacje, aby sprostać zmieniającym się potrzebom rynku. Nasz zespół inżynierów i specjalistów stale podnosi swoje kwalifikacje, zapewniając wsparcie na każdym etapie realizacji projektu – od koncepcji, przez prototypowanie, aż po finalny montaż.

Wybierając Roto4mat, zyskujesz partnera z doświadczeniem, który stawia na jakość, innowacje oraz odpowiedzialność wobec środowiska. Jesteśmy gotowi, aby pomóc ci zrealizować nawet najbardziej wymagające projekty. Skontaktuj się z nami i sprawdź, jak możemy wesprzeć twój biznes!

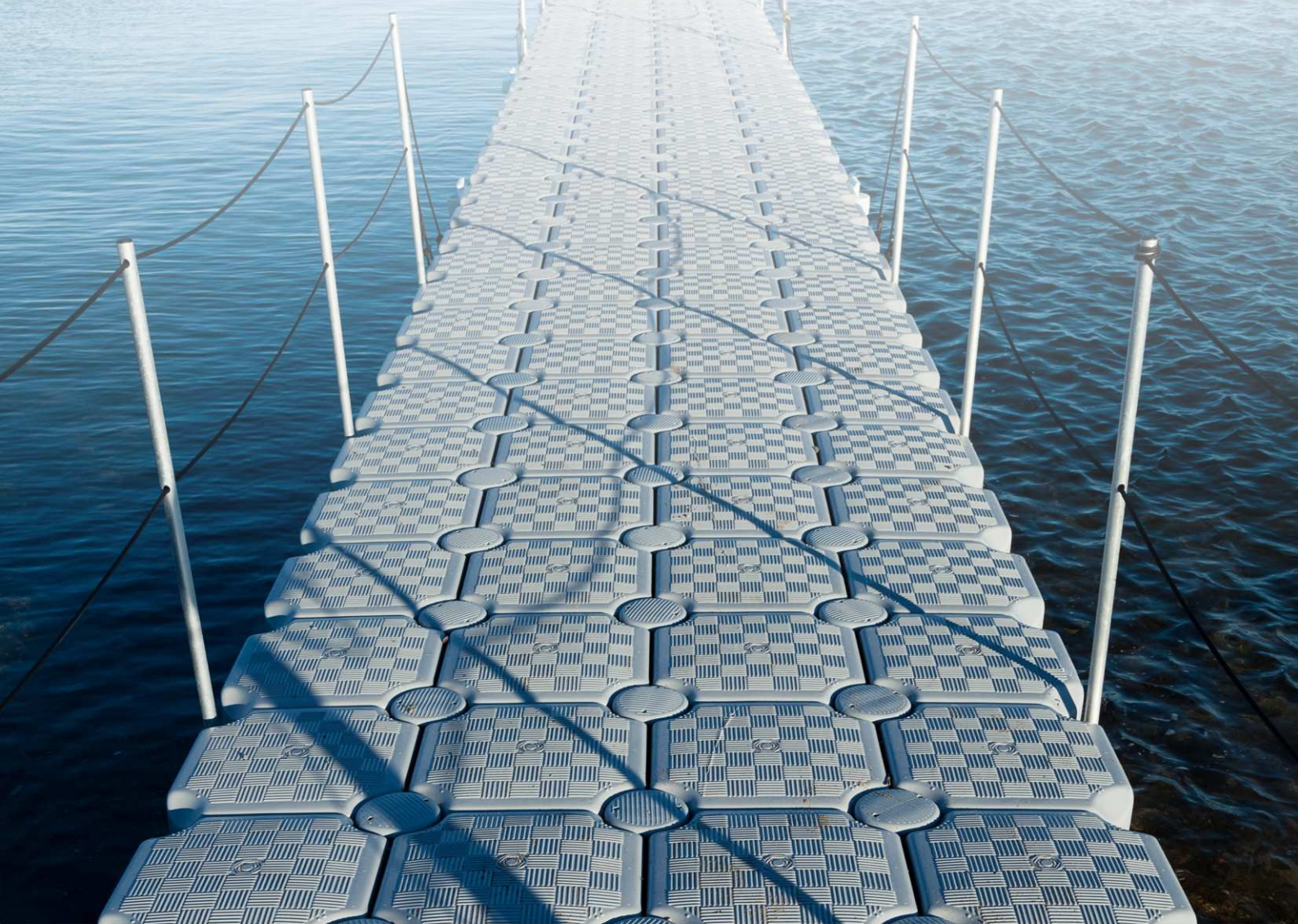
Zapraszamy do odwiedzenia naszej strony internetowej, gdzie znajdziesz więcej informacji o naszej firmie. Jeśli masz pytania lub potrzebujesz wsparcia w realizacji swojego projektu, chętnie pomożemy. Skontaktuj się z nami już dziś!

R O T O 4 M A T
rotomoulding

tel. +48 17 749 39 39
biuro@roto4mat.pl
www.roto4mat.pl

R O T O 4 M A T

WYZNACZAMY
NOWE
SZLAKI



www.roto4mat.pl

Kingspan liderem w technologii rotomouldingu

Kingspan Water & Energy to od ponad 40 lat partner licznych gałęzi przemysłu, m.in. rolnictwa, branży paliwowej czy transportu. Dostarcza rozwiązania do przechowywania nawozów płynnych, dystrybucji paliw, AdBlue®, wody, ścieków i innych substancji. Dzięki tak bogatemu doświadczeniu w technologii rotomouldingu, czyli formowania rotacyjnego, Kingspan jest znany z oferowania wiarygodnych i docenianych na całym świecie rozwiązań pod względem funkcjonalnym i produkcyjnym oraz w zakresie bezpieczeństwa i ochrony środowiska.

Polska fabryka w Rokietnicy k. Poznania działa od 25 lat, dostarczając wyroby w wielu objętościach, wyprodukowane z najwyższej jakości tworzyw sztucznych. Firma zatrudnia pracowników produkcji i wysoko wykwalifikowanych specjalistów, będąc stabilnym pracodawcą dla około 200 osób. W 2023 r. Kingspan rozbudował się o ponad 50% powierzchni produkcyjnej - powstały nowe miejsca pracy i nowoczesny park maszynowy.

– Jesteśmy uznanym na rynku partnerem z gronem lojalnych klientów, którzy wracają po więcej. Od lat pracujemy w trybie 24/7. Skala produkcji to ok. 6000 rozmaitych zbiorników w ofercie – mówi Krzysztof Sędziak, szef rozwiązań formowania rotacyjnego na zamówienie w zakładzie w Rokietnicy.

ZIARNKO DO ZIARNKA

Rozwój podpoznafskiej fabryki, choć znaczący, to nie wpłynął na zmianę technologii i procesu produkcji. Wszystkie zbiorniki tak samo jak dotychczas powstają z polietylenowego granulatu.

– Jest to idealny materiał, który dodatkowo wzbogacony jest m.in. o składniki przeciwdziałające promieniowaniu UV. Granulki rozdrabniamy na proszek, przez co drobiny mają regularny rozmiar i odpowiednio się obsypują w maszynie. Sprawdzamy dostarczany do fabryki granulaty. Każda partia materiału jest opisana unikalnym numerem seryjnym, co pozwala w razie potrzeby odtworzyć cały proces technologiczny – wyjaśnia Krzysztof Sędziak.

Kolejny etap cyklu produkcyjnego to załadunek sproszkowanego tworzywa do formy wykonanej ze stali lub aluminium. Trafia ona do specjalnego pieca, w którym obraca się dwuosiowo, a cała maszyna pracuje niczym karuzela. Forma podgrzewana jest do momentu stopienia tworzywa, które dzięki zastosowanej technologii może się przykleić praktycznie w każdym miejscu. Po osiągnięciu wymaganej temperatury forma zostaje wyjęta z pieca i umieszczona w komorze chłodzącej, gdzie cały czas się obraca.

– Może z nami konkurować jedynie technologia rodmuchu, ale występują w niej pewne ograniczenia co do

kształtu projektowanego wyrobu. U nas ograniczeniem jest jedynie wyobraźnia projektanta i wymiary – wysokość pieca i sfera obrotu. Chciałbym jednak podkreślić, że w zakładzie w Rokietnicy największa maszyna rotomouldingowa w technologii „rock and roll” pozwala produkować zbiorniki o pojemności nawet do 28 tys. litrów – mówi szef rotomouldingu kontraktowego. – Czas trwania całego procesu zależy od wymaganej grubości ścian zbiornika. Temperaturę wewnątrz formy utrzymujemy w przedziale 190-210°C, by zbiornik uzyskał najlepszą wytrzymałość. Poniżej tej temperatury wyrób byłby niedopieczony, a powyżej – spalony – dodaje.

PEŁNA KONTROLA

Niezwykle istotna jest kontrola jakości produktu realizowana w świetnie wyposażonym laboratorium przez wykwalifikowany personel.

– Zbiornik po opuszczeniu maszyny jest ważony, by określić poprawność masy zasypu oraz optymalność warunków dla procesu pieczenia. Przeprowadzamy audyt wizualny, test ciśnieniowy zbiornika oraz pomiar grubości ścian w newralgicznych punktach, a także kontrolę szczelności wszystkich elementów wtopionych w produkt – wylicza przedstawiciel firmy Kingspan. – Potrafimy odtworzyć historię zbiornika – po to zbieramy dane elektroniczne i próbki surowców, które można w dowolnym momencie przebadать. Kosztuje nas to mnóstwo pracy, ale dzięki temu dbamy o bezpieczeństwo użytkownika – argumentuje Krzysztof Sędziak.

Światowy lider w dziedzinie formowania rotacyjnego, firma Kingspan Water & Energy, tworzy produkty najwyższej jakości w oparciu o innowacyjne technologie z jednoczesną dbałością o środowisko naturalne, mając szereg międzynarodowych certyfikatów, przyznanych m.in. przez brytyjski BSI, niemiecki DIBt czy holenderskie KIWA. Polska fabryka Kingspan w Rokietnicy spełnia też restrykcyjne normy jak ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 37301:2021 czy ISO 45001:2018.

Zapraszamy do współpracy.

KINGSPAN WATER & ENERGY SP. Z O.O.

62-090 Rokietnica, ul. Topolowa 5

tel. +48 61 814 44 00

e-mail: zbiorniki@kingspan.pl

www.kingspan.pl

Facebook: <https://www.facebook.com/KingspanWaterandEnergyPolska>

Rotomoulding od Kingspan

Odkryj rozwiązania
światowego lidera
w formowaniu rotacyjnym

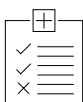
Perfekcja
produkcji



Globalna
dystrybucja



Zgodność
z przepisami



24/7

Zdolność produkcyjna
na całym świecie

4

Najlepsze w swojej klasie
zakłady produkcyjne

40+

Lat
doświadczenia



Formowanie rotacyjne - kontakt:

Krzysztof Sędziak

Custom Moulding & OEM Manager

T: +48 695 951 728

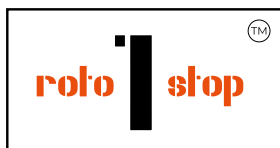
E: krzysztof.sedziak@kingspan.com

kingspan.com



Roto Production House

Witamy w ILLION – Domu Produkcyjnym Roto, gdzie nasza usługa roto1stop™ zapewnia kompleksową realizację projektów rotomouldingu, od wstępnej koncepcji po finalny produkt, wszystko pod jednym dachem.



01	product development	
mould making		02
03	rotomoulding	
roto parking		rotomoulding

Zapewniamy właściwe zarządzanie projektami na każdym etapie. Naszym priorytetem jest spełnianie oczekiwań i celów stawianych przez klientów, którzy mogą wybrać interesujący ich zakres z naszej oferty – od usługi projektowania bez zobowiązań produkcyjnych po pełen pakiet roto1stop™.

Rotomoulding, powszechnie uznawany za metodę produkcji zbiorników na deszczówkę, służy jednak szerszej gamie branż poprzez tworzenie różnorodnych i funkcjonalnych produktów. Elastyczność procesu i zdolność do produkcji bezszwowych, pustych elementów sprawiają, że jest to cenny proces do różnych zastosowań, m.in.:

- **Rolnictwo.** Trwałe zbiorniki na wodę, karmniki dla zwierząt gospodarskich i silosy do wydajnej pracy w gospodarstwie.
- **Motoryzacja.** Lekkie, ale wytrzymałe zbiorniki paliwa, kanały powietrzne i skrzynki narzędziowe do pojazdów.
- **Przemysł.** Niezawodne pojemniki magazynowe i zbiorniki na chemikalia przeznaczone do intensywnego użytkowania.
- **Rekreacja.** Wysokowydajne kajaki, wyposażenie placów zabaw i izolowane chłodziarki.

Formowanie rotacyjne sprawdza się również w tworzeniu zaawansowanych urządzeń medycznych, innowacyjnych zabawek i atrakcyjnych wizualnie ekspozycji w punktach sprzedaży – demonstrując swoje szerokie możliwości.



PROCES



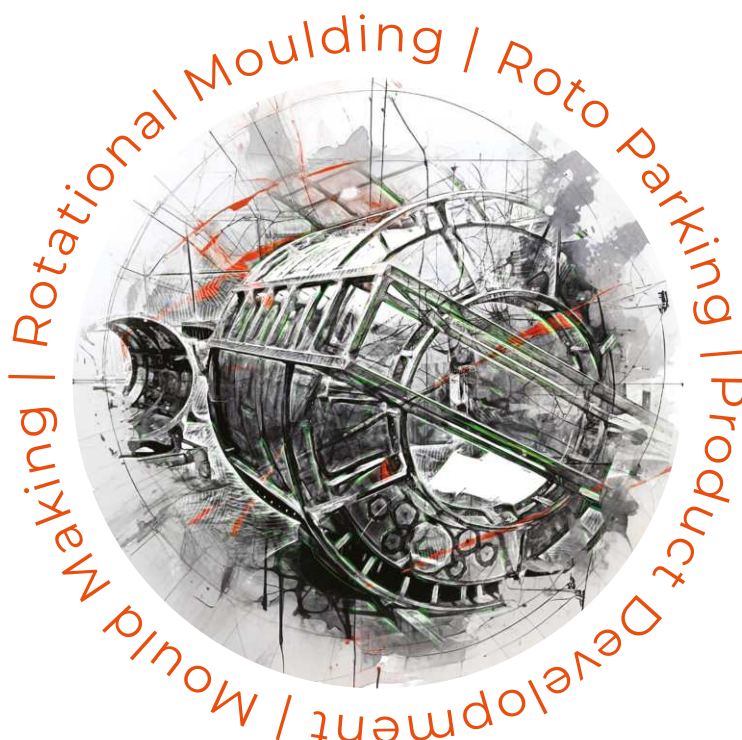
FORMOWANIE ROTACYJNE

Wszechstronny proces produkcyjny stosowany do tworzenia pustych produktów z tworzywa sztucznego w szerokim spektrum kształtów, od prostych do wysoce skomplikowanych. Proces ten oferuje znaczące zalety, w tym niskie naprężenia szczątkowe i ekonomiczne formy. Jest szczególnie niezrównany, jeśli chodzi o produkcję dużych, bezszwowych pustych przedmiotów (> 2 m³).

NASZA
JAKOŚĆ



elastyczność niskie ryzyko doskonałość innowacja
jakość & szybkość produkcji



ROTO
MOULDING

social

MEDIA



Siedziba Główna
ul. Towarowa 46A
28-200 Staszów,
Polska

 (+48) 606 203 200 biuro@illion.pl
 (+48) 668 880 122 helloroto@illion.pl



rotomoulding

ILLION | ROTO
PRODUCTION HOUSE

przekształca pomysły
w produkty za pomocą
zaawansowanej technologii
rotomouldingu, zapewniając
doskonałość formy inżynierskiej
w każdym projekcie



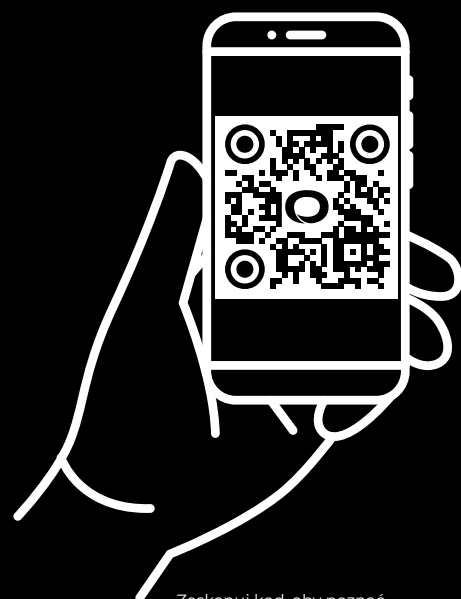
ILLION

www.ILLION.pl

W ramach usługi rotoIstop™ prowadzimy klienta od pomysłu do produktu końcowego, wytwarzanego techniką formowania rotacyjnego, kładąc ogromny nacisk na jakość procesu i doskonałość formy do rotomouldingu.

Oferujemy:

- Kompleksowe usługi projektowania i prace nad rozwojem produktu, od wstępnej koncepcji do prototypu: doradztwo, projekty 3D, opracowanie dokumentacji technicznej, wizualizacje. Przeprowadzamy też adaptacje istniejących projektów do realizacji w technice rotomouldingu.
- Tworzenie wysokiej jakości form do wykonania odlewów metodą rotacyjną. Wykonanie form stalowych.
- Usługi formowania rotacyjnego. Nasze szerokie możliwości formowania spełniają wszystkie wymagania produkcyjne, nawet te najbardziej wymagające.
- Parking Roto. Nasze kompleksowe rozwiązania magazynowe zapewniają bezpieczeństwo form, ale też wszystkich produktów zaparkowanych w naszej firmie, gotowych do dystrybucji w dowolnym momencie.



Zeskanuj kod, aby poznać
trwale i wysokiej jakości
rozwiązania w zakresie
formowania rotacyjnego dla
swojej firmy

Analiza procesu wytłaczania narzędziem elastycznym

Mariusz Krakowski, Jarosław Bartnicki

Prezentowano wyniki prac dotyczących budowy modelu numerycznego procesu wytłaczania narzędziem elastycznym. W praktyce przemysłowej najczęściej spotyka się przekładki gumowe oraz elastomerowe, których zastosowanie wydatnie obniża koszty przygotowania narzędzi w porównaniu z tradycyjnymi, stalowymi tłocznikami. W artykule zaprezentowano rezultaty symulacji numerycznych zestawionych z procesem odkształcania narzędzia gumowego w specjalnie przygotowanym do tego przyrządzie modelowym. Wykorzystanie oprogramowania do modelowania numerycznego w połączeniu z przeprowadzeniem eksperymentu w warunkach laboratoryjnych pozwoliło na wstępne opracowanie modelu materiałowego do dalszych analiz procesów kształtowania narzędziami elastycznymi.

Rozwiązania dotyczące procesów tłoczenia narzędziami elastycznymi są wykorzystywane w przypadku produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Najlepszym przykładem szerokiego wdrożenia tej technologii jest cały przemysł lotniczy, gdzie stemple elastomerowe stosuje się do kształtowania różnego rodzaju blach poszyciowych, płyt przekładkowych, przegród ogniowych, wsporników oraz elementów łącznikowych. Niektóre z tych wyrobów pokazano na rys. 1. Generalnie dla lotnictwa charakterystyczne jest ciągle udoskonalanie wyrobów, zmienianie ich i dostosowywanie do wymogów, co powoduje, że duże serie produkcyjne danego wyrobu nie mają uzasadnienia techniczno-ekonomicznego. Skomplikowane kształty produkowanych elementów, dopasowywane do krzywizn kadłuba oraz mieszczącego się w nim osprzętu, wymagają drogiego i skomplikowanego

oprzyskradowania. Często po wykonaniu kilku sztuk lub pojedynczej partii próbnej wyrób jest zmieniany lub zastępowany nowszą wersją rozwojową, co generuje bardzo wysokie koszty. Względny ekonomiczny sprawiły, że tłoczenie narzędziami elastycznymi znalazło tak szerokie zastosowanie w tym przemyśle. Niewątpliwą zaletą tej metody jest to, że do wykonania wytłoczki na prasie z poduszką gumową wystarczy wykonanie sztywnej matrycy, natomiast rolę stempla pełni poduszka gumowa, która dopasowuje się do założonego kształtu. Dzięki temu ogranicza się realne koszty narzędziowe o połowę oraz redukuje czas wytworzenia elementów kształtujących. Niejednokrotnie zdarza się, że narzędzia zaprojektowane dla danego wyrobu można po użyciu przerobić, uwzględniając zmianę wprowadzaną w wyrobie, lub przeprojektować [1–4]. Wykorzystanie w projektowaniu wyników symulacji numerycznych, bazujących na metodzie elementów skończonych (MES), pozwala na dalsze skrócenie czasu projektowania oraz szybkie zweryfikowanie poprawności przyjętych założeń konstrukcyjnych, uwzględniających zachowanie się blachy pod obciążeniem przenoszonym za pomocą elastycznego stempla. Możliwość wykrycia ewentualnych błędów na etapie konstrukcyjnym, a nie dopiero w trakcie wytwarzania narzędzi, podnosi komfort pracy człowieka i ogranicza do minimum ryzyko uzyskania niezadowolających rezultatów.

W zaprezentowanej analizie procesu tłoczenia zdecydowano się na prowadzenie symulacji w oprogramowaniu Simufact Forming, pozwalającym na wygenerowanie siatki elementów powierzchniowych, możliwie dokładnie odwzorowujących zakładany kształt półfabrykatu oraz powstającej wytłoczki.

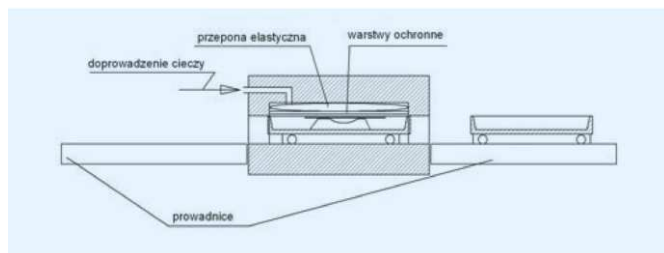
REALIZACJA PROCESU TŁOCZENIA NARZĘDZIEM ELASTYCZNYM

Realizacja procesu tłoczenia narzędziem elastycznym w warunkach przemysłowych opiera się najczęściej na zabudowaniu matrycy na stole przesuwym, poruszającym się po prowadnicach, które przygotowany zespół – z materiałem kształtowanym, warstwami ochronnymi oraz elastyczną przeponą – wprowadzają w obszar roboczy prasy (rys. 2).

Po takim przygotowaniu procesu pozostaje jeszcze podanie cieczy roboczej pod odpowiednim ciśnieniem oraz utrzymanie przyjętego czasu kształtowania, który zależy od wielu czynników technologiczno-konstrukcyjnych (od grubości i rodzaju kształtowanego materiału, zakładanego kształtu wyrobu gotowego z uwzględnieniem głębokości

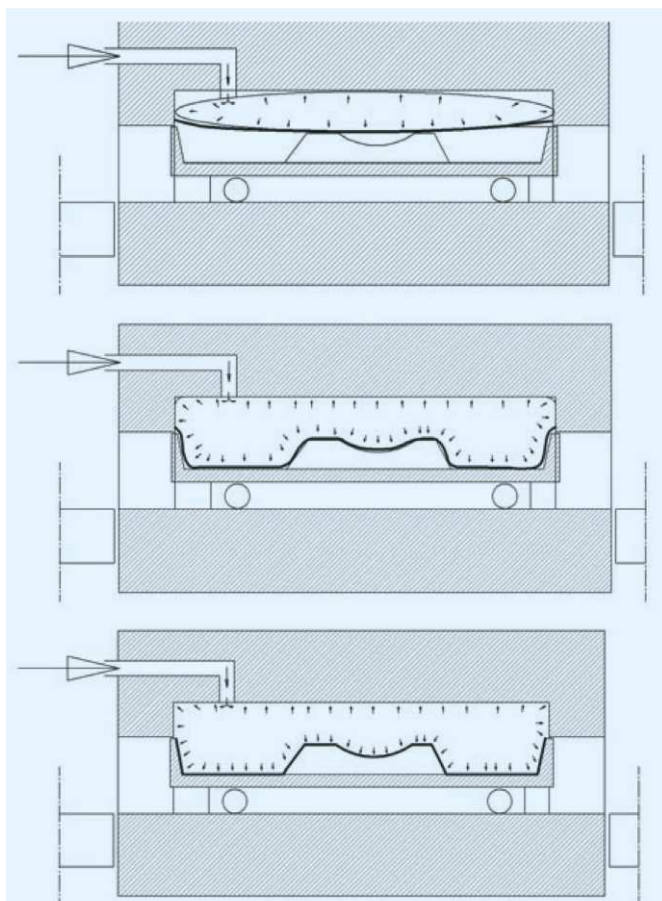


Rys. 1. Przykłady wyrobów tłoczonych stemplami elastycznymi



Rys. 2. Część dolna stołu z widocznymi listwami prowadzącymi

tłoczenia i promieni gięcia itp.). Wprowadzenie w konstrukcjach lotniczych szerszego pakietowania blach oraz rozwiązań z przekładkami z innych materiałów spowodowało, że niektóre wyroby mogą być kształtowane po wcześniejszym złożeniu. Takie procesy są szczególnie trudne do realizacji z uwagi na możliwość różnego wydłużania się i zginania wzajemnie powiązanych ze sobą elementów struktury. W tym przypadku dodatkowe wprowadzenie naprężeń wewnętrznych na etapie powstawania elementu jest niewskazane, a czasami wręcz niebezpieczne. Z tego powodu opracowywane rozwiązania konstrukcyjne narzędzi elastycznych do tłoczenia uwzględniają niekiedy konieczność wyżarzania odprężającego w tych samych przyrządach, w których półfabrykaty są mocowane do procesu tłoczenia. Na rys. 3 przedstawiono kolejne etapy procesu kształtowania stemplem elastycznym, a na rys. 4 – przykładowe prasy hydrauliczne o konstrukcji tunelowej do realizacji opisywanego procesu.



Rys. 3. Kolejne etapy procesu tłoczenia blachy narzędziami elastycznymi



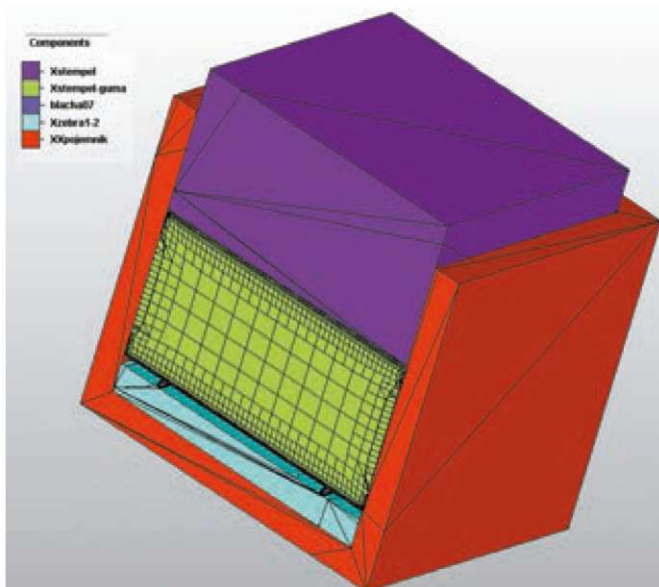
Rys. 4. Przykładowe prasy wykorzystywane do realizacji procesu tłoczenia narzędziami elastycznymi

Czeska prasa tunelowa firmy ZDAZ wymaga ustawienia matrycy z półfabrykatami na stole prasy. Po przesunięciu stołu po prowadnicach do strefy roboczej maszyny i złożeniu przygotowanego pakietu do powierzchni roboczej narzędzi następuje kształtowanie poprzez elastyczną przeponę, która oddziela komorę z narzędziami i półfabrykatami od komory roboczej z gumowym elementem w kształcie worka, wypełnianego cieczą wtłaczaną pod dużym ciśnieniem. W przypadku szwedzkiej prasy tunelowej firmy AVURE ta ciecz osiąga ciśnienie robocze na poziomie do 800 bar. W praktycznej realizacji procesów tłoczenia narzędziami elastycznymi w prasach hydraulicznych tunelowych konieczne jest duże doświadczenie technologiczno-konstrukcyjne. Jednym z podstawowych problemów jest uzyskanie wyrobów mieszczących się w założonych tolerancjach wymiarowych, co przy narzędziu odkształcalnym wcale nie jest oczywiste [5–8].

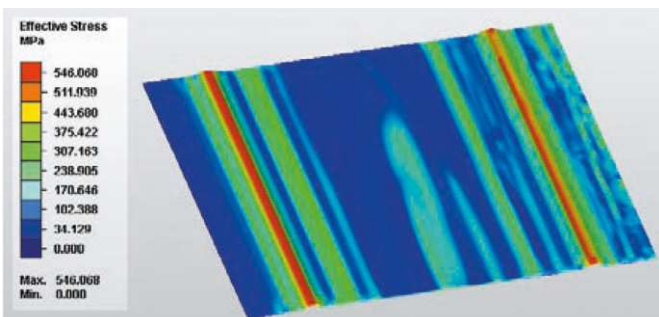
ANALIZA NUMERYCZNA PROCESU TŁOCZENIA NARZĘDZIEM ELASTYCZNYM

Do obliczeń numerycznych procesów kształtowania narzędziami elastycznymi wybrano oprogramowanie Simufact Forming, które daje szerokie możliwości dyskretyzacji modelu geometrycznego półfabrykatu. Podział blachy na elementy skończone w przewidzianym do tego module Sheet Mesh gwarantował ich optymalny rozkład na grubości blachy (w obliczeniach przyjmowano 3 lub 5 elementów na grubości) oraz pozwalał na ograniczenie ich liczby. Na rys. 5 przedstawiono przygotowany do obliczeń model numeryczny narzędzi, za pomocą których realizowano tłoczenie 2 równoległych żeber o zmiennym kształcie w wyrobie blaszanym. Główną trudnością planowanej symulacji numerycznej było wprowadzenie modelu materiałowego gumy, z której wykonany był stempel. Przyjęte założenia w zakresie modułu Younga oraz liczby Poissona posłużyły do zbudowania modelu o charakterystyce liniowej, co jednak okazało się zbyt

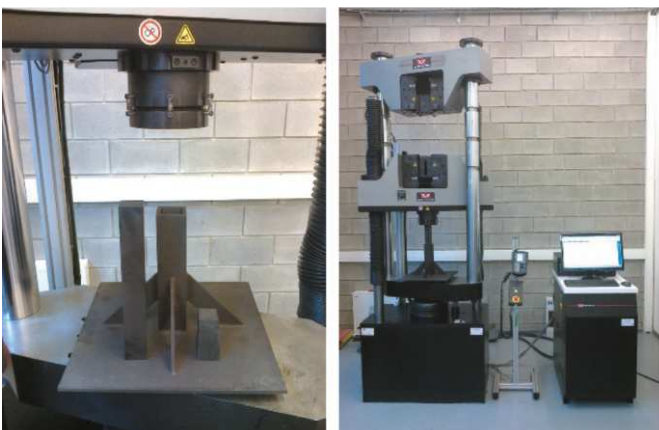
dużym uproszczeniem. Ponadto w trakcie prowadzonych analiz zdecydowano się na obudowanie elastycznego elementu gumowego sztywną obudową, ograniczającą przemieszczanie się gumy na boki. Dopiero tak przygotowany model geometryczny zapewnił wywarcie odpowiedniego nacisku, dającego możliwość odkształcania się przyjętej do obliczeń blachy tytanowej o grubości 0,5 mm. Wybór tytanu wynikał z szerokiego zastosowania tego materiału w pro-



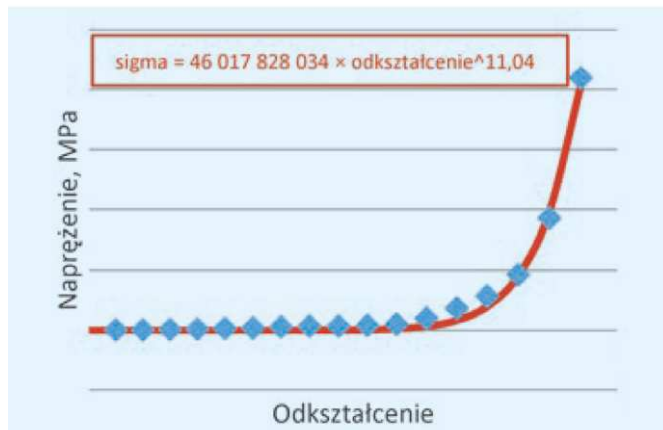
Rys. 5. Model numeryczny procesu tłoczenia stemplem elastycznym bez pokazanego półfabrykatu



Rys. 6. Rozkład naprężeń zastępczych w wyrobie kształtowanym narzędziem elastycznym (materiał Ti6Al4V)



Rys. 7. Przyrząd wraz ze stemplem gumowym oraz stalowym (po lewej) oraz jego zabudowa w maszynie wytrzymałościowej (po prawej)



Rys. 8. Wykres zależności naprężenie – odkształcenie, uzyskany w próbach ze stemplami gumowymi stosowanymi w praktyce przemysłowej



Rys. 9. Przykładowy wyrób z 2 żebrami (na górze) oraz uwidoczniona odchyłka wymiarowa do wyeliminowania (na dole)

dukcji lotniczej, np. do wykonywania przegród ogniowych lub wsporników. W przypadku tego typu wyrobów obok konieczności cięcia na wymiar zachodzi też potrzeba wprowadzania żeber usztywniających te bardzo lekkie struktury. Wyniki obliczeń wstępnych przedstawiono na rys. 6, gdzie podano przykładowy rozkład naprężeń zastępczych na koniec procesu kształtowania.

W celu dokładniejszego opisu warunków analizowanego numerycznie procesu konieczne stało się zbudowanie modelu materiałowego narzędzia elastycznego. Zdecydowano się więc na badania doświadczalne z wykorzystaniem specjalnie przygotowanego przyrządu badawczego, który zabudowano w maszynie wytrzymałościowej znajdującej się w laboratoriach Politechniki Lubelskiej (rys. 7). Po przeprowadzeniu prób ściskania stempli gumowych (wykonanych z dostępnego materiału komercyjnego) o różnej wysokości (50, 100 i 150 mm) wyznaczono zależność naprężenie

– odkształcenie, której równanie i wykres przedstawiono na rys. 8.

Na podstawie obliczeń dla podanego modelu materiałowego obecnie analizowane są procesy tłoczenia żeber na blachach tytanowych (rys. 9) – w tym przypadku problemem są najczęściej fałdowanie oraz tzw. luźne pola. Niestety, każdy z analizowanych procesów przy zmianie materiału stempla elastycznego wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań, aby przygotować dane do modeli materiałowych stosowanych w oprogramowaniu MES.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie oprogramowania MES na etapie konstruowania przyrządów do procesów tłoczenia narzędziami elastycznymi znacząco upraszcza procedurę wdrożeniową tej technologii. Ustalenie prawidłowego kształtu narzędzia sztywnego oraz dobór charakterystyki stempli elastycznych w odniesieniu do przykładanych sił kształtowania wciąż stanowi istotny problem technologiczny. Zagadnienia te stają się coraz trudniejsze i mniej przewidywalne wraz ze wzrostem skomplikowania konstrukcji złożonych z elementów produkowanych tą metodą. Dalszy rozwój technik obliczeniowych znacznie ułatwia projektowanie i możliwe, że w nowych wersjach oprogramowania symulacyjnego znajdą się modele komercyjnie stosowanych materiałów.

LITERATURA

1. Marciniak Z. Konstrukcja tłoczników. Warszawa: Ośrodek Techniczny A. Marciniak Sp. z o.o., 2002.
2. Klocke F. Manufacturing Processes. 4. Forming RWTH, Aachen 2014.
3. Großmann K., Wiemer H., Hardtmann A., Penter L. Kriechenbauer S. Adjusting the Contact Surface of Forming Tools in Order to Compensate for Elastic Deformations during the Process. 7th European LS-DYNA Conference Institute for Machine Tools and Control Engineering, TU Dresden, Dresden, Germany 2009.
4. Romanowski W.P. Poradnik obróbki plastycznej na zimno. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1976.
5. Romanowski W.P. Tłoczenie na zimno. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1974.
6. Pater Z., Samołyk G. Podstawy technologii obróbki plastycznej metali. Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2013.
7. Paquin J.R., Crowley R.E. Die design fundamentals. Second edition. NY: Industrial Press Inc., 1987, s. 244.
8. Progressive Die Wizard Help, EDS 2003.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Mechanik” nr 11/2017, s. 982-984.

mgr inż. Mariusz Krakowski,

dr hab. inż. Jarosław Bartnicki

Katedra Obróbki Plastycznej Metali, Politechnika Lubelska

REKLAMA

PLASTIC PROCESSING MACHINES

POL-SERVICE MAJCHER



Oferujemy:

- Układy plastyfikujące do wytłaczarek
- Wytłaczarki jedno i dwuślimakowe stożkowe i równoległe
- Linie do recyklingu i granulacji tworzyw
- Linie do produkcji rur i profili
- Młyny, Shreddery, Mieszalniki
- Kompandery
- Zmieniacze sit

**ZAPEWNIAMY,
WYSOKĄ JAKOŚĆ
I SZYBKIE DOSTAWY
Z NASZEGO MAGAZYNU**





Pol-Service Majcher Jacek

35-317 Rzeszów, ul. Budziwojska 90, tel. +48 17 229 3456, fax +48 17 229 3333
e-mail: maszyny@pol-service.pl | www.pol-service.com | www.pol-service.pl

Tworzywa,
które kształtują jutro




PLASTPOL

XXIX Międzynarodowe Targi
Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Gumy

20-23 | 05 | 2025

Kielce



plastpol.com



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

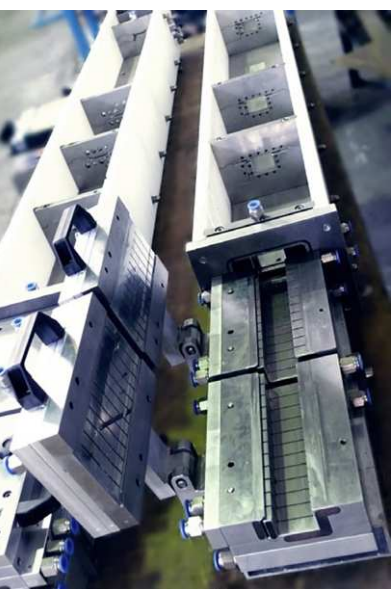


[/PlastpolFair](https://www.facebook.com/PlastpolFair)

SolGam

Rok założenia 1990

Sp. z o.o.



Firma SolGam od 1990 roku zajmuje się produkcją narzędzi do wytłaczania i form wtryskowych, wykonaniem kompletnych linii do wytłaczania, oraz urządzeń peryferyjnych (drukarki, zgrzewarki, giętarki i innych).

Oferujemy narzędzia do wytłaczania profili :

- Komorowych
- Kształtowych
- Spienionych
- Wielowarstwowych (koekstruzja, postkoekstruzja)
- Rur mono i wielowarstwowych
- Systemy rynnowe

Wykonujemy głowice szczelinowe i zespoły kalandrujące.

Nasze urządzenia są dedykowane dla całej gamy tworzyw sztucznych o różnych twardościach. Od początku naszej działalności zostało przez nas zaprojektowanych, wykonanych i wdrożonych ponad 1000 kompletnych narzędzi do wytłaczania i form wtryskowych.

Solgam Sp. z o.o.
38-200 Jasło, ul. Mickiewicza 108

tel. +48 13 491 48 44
e-mail: biuro@solgam.pl

www.solgam.pl

Przekładnie ROSSI – sprawdzone rozwiązania do napędu wytłaczarek

Sercem każdej wytłaczarki jest jej układ napędowy, którego bezawaryjna praca oraz właściwa żywotność są kluczowe dla poprawnego funkcjonowania urządzenia. Każdy nieplanowany przestój to znaczne straty dla firmy, dlatego warto sięgać po rozwiązania „zaprojektowane w boju”, od doświadczonego producenta.

Do dostawców takich sprawdzonych rozwiązań z pewnością należy firma Rossi, która już od ponad 70 lat dostarcza rozwiązania napędowe do ciężkich zastosowań przemysłowych. Asortyment firmy obejmuje 16 katalogów produkcyjnych, w tym m.in. typoszereg przekładni ze zintegrowanym łożyskiem oporowym, opracowanych specjalnie do zastosowania w wytłaczarkach (Seria GX).

JAKOŚĆ – ZAWSZE NA PIERWSZYM MIEJSCU

Od początków swego istnienia, firma stawiała na innowacje i stałe udoskonalanie produktów i procesów. Rossi przeszło długą drogę, wykorzystując swoje długoletnie doświadczenia w różnych branżach, aby stale doskonalić i ulepszać napędy. Firma konsekwentnie podąża za rozwojem technologii, inwestując co roku miliony euro w park maszynowy, ciągle doskonaląc swoje produkty oraz stosowane rozwiązania techniczne.

Dlatego jednym z głównych atutów marki Rossi jest najwyższa jakość wyrobów, kontrolowana wieloetapowo w łańcuchu dostaw oraz w procesie produkcji.

Najlepszym dowodem bardzo wysokiej kultury technicznej w firmie jest TRZYLETNIA gwarancja, oferowana jako standard dla produktów Rossi już od 1994 roku.

W stosunku do wyrobów konkurencji, przekładnie wytłaczarkowe Rossi wyróżniają się zwartą budową, korpusem dostosowanym do montażu w dowolnej pozycji oraz najwyższym na rynku nominalnym momentem obrotowym, w stosunku do masy i gabarytów jednostki. W napędach tych podpora ślimaka jest osadzona na sztywno w korpu-



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



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

sie reduktora, ze zintegrowanym (wspólnym) smarowaniem wnętrza przekładni i podpory. Dzięki temu olej lepiej i dłużej zachowuje właściwości smarne, co jest korzystne dla trwałości łożyska oporowego i całej przekładni.

Katalog obejmuje ponadto szereg dodatkowych opcji jak np.: możliwość wyjmowania ślimaka wytłaczarki poprzez wyjście przekładni, czujniki do kontroli temperatury oleju i stanu łożysk, specjalne opcje wyjścia, chłodnice przepływowe oraz zewnętrzne jednostki chłodzące. Istnieje również możliwość wykonania pozakatalogowych.

Ciekawym rozwiązaniem, dostępnym dla przekładni walcowych, jest wykonanie z korpusem wydłużonym. W tej samej wielkości mechanicznej reduktora, jak przy wykonaniu standardowym, posiada on znacznie większy rozstaw pomiędzy wejściem, a wyjściem, co daje możliwość zainstalowania silnika po stronie maszyny oraz znaczącego ograniczenia jej gabarytów. Rozwiązanie to – dostępne u nielicznych dostawców – jest często stosowane w układach wytłaczarek, ponieważ znacząco ogranicza gabaryty i zwiększa funkcjonalność całej maszyny.

Dużym ułatwieniem dla producentów wytłaczarek oraz użytkowników układów plastyfikujących jest pełna elastyczność Rossi, w kwestii sposobu wykonania oraz wymiarowania tulei podpory ślimaka: różne średnice i głębokości tulei zdawczej, wykonanie z pojedynczym lub podwójnym wpustem lub też w formie tulei wielowypustowej. Dzięki temu napęd może zostać w łatwy sposób dopasowany do czopów ślimaków, użytkowanych już wcześniej w firmie, co daje wymierne oszczędności.

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

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

oporowego (ciśnienie na ślimaku i generowane przez nie siły), moc termiczną, sprawdzaną zarówno dla przekładni, jak i podpory itp.

Na uwagę zasługują również wysokowydajne systemy chłodzenia napędu, kluczowe przy pracy z silnikami o relatywnie wysokich mocach oraz w podwyższonej temperaturze otoczenia, co jest typowe dla wyłaczarek. Na tym polu Rossi oferuje szeroki zakres rozwiązań: od wymienników przepływowych, wewnątrz przekładni, poprzez instalacje z wymuszonym obiegiem oleju, z pompą oleju, filtrem i wymiennikiem ciepła zabudowanymi na reduktorze (jak na rys. 4), aż po rozbudowane wymienniki zewnętrzne, z niezależnym zasilaniem.



Rys. 3. Uniwersalny korpus umożliwia łatwą instalację napędu w dowolnej pozycji montażowej



Rys. 4. Zintegrowany system chłodzenia, z wymuszonym obiegiem oleju oraz wymiennikiem ciepła olej/woda

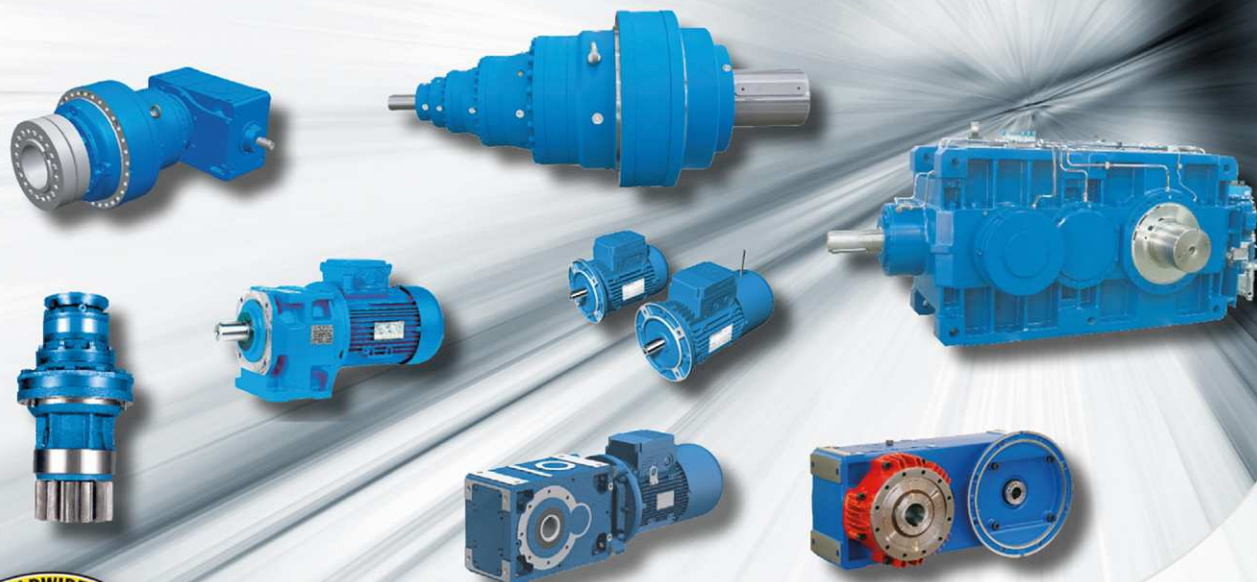
Stąd też z punktu widzenia użytkownika bardzo ważne jest lokalne wsparcie i doradztwo, właściwy dobór rozwiązania oraz serwis posprzedażny. Na tym polu Rossi zdecydowanie wyróżnia się na tle konkurencji, oferując pomoc techniczną swoich fachowców, zarówno na etapie doboru napędu i jego dopasowania do potrzeb urządzenia, jak i późniejszego serwisu urządzeń i wsparcia posprzedażnego.

Zapraszamy do współpracy!

ROSSI Polska Sp. z o.o
www.rossi.com

REKLAMA

Sprawdzone rozwiązania napędowe



Rossi ... ponieważ liczy się doświadczenie

Rossi Polska Sp. z o.o.
Równinna 31, 87-100 Toruń
tel. +48 56 6 490 450
+48 56 6 490 451
email info.poland@rossi.com
www.rossi.com/poland



Kongres Polska Chemia

Już 29-30 maja 2025 r. w Krakowie (w Centrum Konferencyjnym Fabryczna 13) odbędzie się XII edycja Kongresu Polska Chemia – najważniejszego i największego wydarzenia branży chemicznej w Polsce i Europie Środkowej organizowanego przez Polską Izbę Przemysłu Chemicznego (PIPC). Dwudniowe spotkanie co roku stanowi okazję do dyskusji o bieżącej sytuacji przemysłu chemicznego, w których uczestniczą setki przedstawicieli biznesu, administracji publicznej, ekspertów ze świata nauki i organizacji branżowych.

Tegoroczna edycja Kongresu Polska Chemia odbywa się w szczególnym czasie trwającej prezydentury Polski w Radzie Unii Europejskiej, której hasłem przewodnim jest „Bezpieczeństwo, Europo!”. Jednocześnie zmiany na amerykańskiej scenie politycznej niosą ze sobą kolejne wyzwania, na które Europa – w tym także przemysł i branża chemiczna – musi się przygotować i odpowiednio zareagować. W obliczu niestabilnych warunków gospodarczych, rosnących obciążeń regulacyjnych, a także konkurencji z krajów trzecich, zagadnienia dotyczące ochrony sektora nabierają jeszcze większego znaczenia. Administracja unijna, dostrzegając utratę konkurencyjności, postępującą deindustrializację Europy oraz przeregulowanie gospodarki, zadeklarowała szereg inicjatyw mających olbrzymi wpływ na borykającą się z wieloma wyzwaniami branżę chemiczną.

Jest to zatem przełomowy moment, a Kongres Polska Chemia stanie się centralnym miejscem debaty o przyszłości polskiego i europejskiego przemysłu chemicznego, którego stabilność i konkurencyjność są kluczowe dla zapewnienia bezpieczeństwa całej gospodarki. Branża chemiczna dostarcza produkty dla wielu kluczowych sektorów, takich jak

przemysł farmaceutyczny, motoryzacyjny, spożywczy, budowlany oraz energetyczny.

Dla branży chemicznej odgrywającej strategiczną rolę w łańcuchu wartości, dostarczającej niezbędne produkty i technologie dla wielu innych sektorów gospodarki, w tym dla rozwoju czystej energii, szczególnie istotny będzie Czysty Ład Przemysłowy (Clean Industrial Deal) – dokument łączący działania na rzecz dekarbonizacji przemysłu ze wsparciem konkurencyjności europejskiej gospodarki. Ponadto Komisja Europejska proponuje wkrótce „pakiet Omnibus”, który w odpowiedzi na postulaty przemysłu, ma doprowadzić do uproszczeń regulacyjnych w obszarze zrównoważonego rozwoju. W dalszych planach znalazł się także m.in. plan działania na rzecz przystępnej cenowo energii (Action Plan on the Affordable Energy), przegląd mechanizmu CBAM czy pakiet dla przemysłu chemicznego.

W agendzie XII Kongresu Polska Chemia nie zabraknie również możliwości zaprezentowania najlepszych dostępnych technologii. Przemysł chemiczny w Polsce i Europie jeszcze bardziej niż kiedykolwiek potrzebuje odzyskać pozycję w globalnym wyścigu technologicznym, stąd XII edycja Kongresu Polska Chemia stanie się unikalną platformą wymiany wiedzy i doświadczeń w obszarach związanych z transformacją energetyczną, dekarbonizacją gospodarki oraz inwestycjami w odnawialne źródła energii (OZE). Ważnym punktem dyskusji będą także badania i innowacje, rozwój technologii cyfrowych, współpraca z nauką oraz modernizacja infrastruktury. Kwestie te mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa, rozwoju i konkurencyjności nie tylko sektora chemicznego, lecz także całej gospodarki.

Bezpieczeństwo, ochrona konkurencyjności, deregulacje, dostęp do taniej energii, dekarbonizacja i transformacja energetyczna, inwestycje w modernizację infrastruktury, badania i innowacje oraz rozwój technologii cyfrowych – to zatem jedne z kluczowych tematów, które wybrzmiały podczas XII edycji Kongresu Polska Chemia.

W ciągu poprzednich edycji Kongresu naszymi gośćmi byli wybitni przedstawiciele świata biznesu, nauki, organizacji branżowych, polityki, a także największych firm polskiego sektora chemicznego.

Jesteśmy przekonani, że podobnie jak w latach ubiegłych Kongres będzie wydarzeniem wyjątkowym, a jego uczestnicy ponownie docenią wysoki poziom merytoryczny debat i doskonałą organizację spotkań.

XII edycja Kongresu Polska Chemia odbędzie się 29-30 maja 2025 r. w Centrum Konferencyjnym Fabryczna 13 w Krakowie.

Serdecznie zapraszam do udziału w Kongresie!

dr inż. Tomasz Zieliński

**Prezes Zarządu Polskiej Izby Przemysłu Chemicznego
– Organizatora Kongresu Polska Chemia**



Jak polubiłem poniedziałki w tworzywach i nie tylko w nich

Michał Wiśniewski

Jeszcze kilkanaście lat temu dla wielu właścicieli, szefów firm zdobycie informacji na temat, jak przebiegała produkcja w weekend, wiązało się z wykonywaniem telefonów do nadzoru bezpośrednio produkcyjnego, sprawdzaniem monitoringu lub też innymi metodami często czasochłonnymi oraz nie zawsze skutecznymi. Często też kierownicy lub średni nadzór produkcji dowiadywał się o awariach lub niezrealizowanych zleceniach dopiero po spotkaniu z raportem produkcyjnym lub po wpisie w zeszytach lub komputerze.

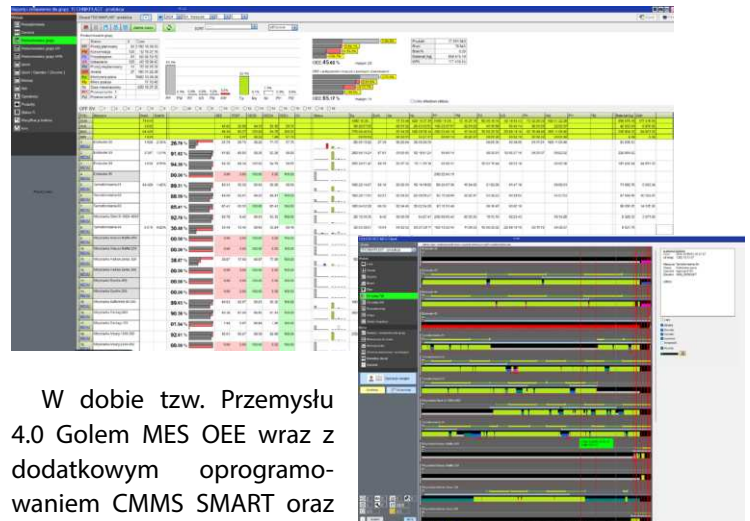
Od tych kilkunastu lat dostępny jest też system monitorowania stanu i czasu pracy maszyn GOLEM MES OEE. Jak sama nazwa wskazuje jest to system typu MES, który dzięki połączeniu fizycznemu z maszynami (wtryskarki, rozdzielarki, wytłaczarki) pokazuje nam w czasie rzeczywistym, jak wygląda praca maszyn w naszym zakładzie produkcyjnym. Sama idea działania programu jest dość prosta i w najmniej wyszukanej konfiguracji pozwala nam na sprawdzenie, ile czasu nasze maszyny pracowały, a ile czasu stały niewykorzystane. W ten oto sposób dostajemy istotną informację mówiącą nam o tym, jak wygląda wykorzystanie naszego parku maszynowego.

To jest jego podstawowa funkcjonalność, wszystko co jest ponad to, to wartość dodana. A ponad standardową konfigurację otrzymujemy możliwość:

- przypisania pracowników do stanowisk pracy operator/ustawiacz/UR;
- prowadzenia zleceń produkcyjnych z opcją zawieszania i wznawiania zleceń;
- bazy form/narzędzi/maszyn, kontroli form oraz ich zużycia;
- monitorowania zużycia energii elektrycznej maszyn i urządzeń pomocniczych;
- monitorowanie stanu maszyn – możliwość sterowania statusem maszyny.

Golem MES OEE posiada wbudowane różnego rodzaju raporty zarówno dotyczące zlecenia, jak i odnoszące się do samych maszyn. Dzięki raportom, różnego rodzaju ekranom informacyjnym oraz wbudowanym aplikacjom www posiadamy pełną kontrolę nad rzeczywistym postępem produkcji oraz nad maszynami i narzędziami (forma wtryskowa), wiemy jakie były przyczyny awarii, postojów. Możliwość wysyłki mikroraportu z końca zmiany powoduje, że posiadamy cały czas wiedzę na temat wyników produkcji, niezależnie od tego gdzie jesteśmy – oczywiście wymagany jest dostęp do skrzynki email.

TECHNIKPLAST



W dobie tzw. Przemysłu 4.0 Golem MES OEE wraz z dodatkowym oprogramowaniem CMMS SMART oraz Formy wtryskowe to rodzina programów, która od wielu już lat wspomaga procesy produkcyjne w wielu firmach. Niskie koszty wdrożenia, możliwość konfiguracji, baza danych na serwerze firmy oraz prostota obsługi systemu dają niewymierne korzyści w czasie użytkowania.

Serdecznie zapraszam firmy z branży PTS i innych do zapoznania się z systemem. W naszej ofercie znajdziecie Państwo:

- wdrożenie i konfigurację systemu Golem MES OEE, CMMS Smart, TPM, Formy Wtryskowe;
- szkolenie z obsługi wyżej wymienionych systemów;
- wsparcie posprzedażowe telefoniczne, zdalne, przyjazd serwisowo-szkoleniowy;
- wsparcie, gdy nie jesteś naszym klientem, a po prostu nie wiesz, jak zacząć przygodę z systemami;
- dostarczenie hardware do systemu.

W ofercie między innymi:

- wtryskarki NPC nowe;
- wtryskarki używane;
- sterowniki systemów gorącokanałowych nowe ToPower/MD 198;
- osprzęt do przetwórstwa tworzyw sztucznych;
- wsparcie technologiczne i techniczne.

Zapraszam do współpracy.

inż. Michał Wiśniewski

Technikplast

tel. + 48 693150054

e-mail: biuro@technikplast.pl,

www.technikplast.pl

Elementy rurociągów transportu pneumatycznego stosowane w przemyśle tworzyw sztucznych

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

TRANSPORT PODCIŚNIENIOWY

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



TRANSPORT NADCIŚNIENIOWY

Ten rodzaj transportu pneumatycznego jest stosowany przy większych wydajnościach i odległościach oraz do bardziej wymagających produktów. Do transportu nadciśnieniowego stosowane są głównie łuki wykonane ze stali nierdzewnej AISI 304 o promieniu $R = 10 \times D$ (standardowe łuki mają promień gięcia 500, 800, 1000 lub 1200 mm) oraz złączki Eurac typu „HL” oraz „H”. Łuki z reguły są gięte na zimno z rur mających ścianki o grubości 2 lub 3 mm, zakończone obustronnie odcinkami prostymi po 100 lub 200 mm (żeby można było założyć złączkę). W przypadkach produktów bardzo wycierających stosowane są łuki o większej grubości ścianki lub po specjalistycznej obróbce cieplnej (HVA-Niro®). Łuki po specjalistycznej obróbce cieplnej (HVA-Niro®) są 20-

PROORGANIKA



30 razy bardziej wytrzymałe na wycieranie od łuków standardowych. Złączki „HL” oraz „H” wykonane są ze stali węglowej ocynkowanej i mają (dla długości 150 mm) w zależności od średnicy trzy śruby M10 lub M12 (typ „HL”) oraz M12 lub M16 (typ „H”). Złączki dla długości $L=200$ mm mają cztery śruby, a dla długości $L=250$ mm pięć śrub. Złączki mogą mieć uszczelnienie wykonane z białego NBR lub z czarnego SBR. Wszystkie złączki mają specjalne nity lub pasek ze stali nierdzewnej (służący do elektrostatycznego połączenia rur).

TRANSPORT WENTYLATOROWY

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

PRO-ORGANIKA Sp. z o.o.

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

PROORGANIKA



System rurowy JACOB – nr 1 w Europie
Szczelność • Trwałość • Niezawodność

Pełny kompletny system z tysiącami sprawdzonych elementów.

Rury, łuki, trójniki, redukcje, przepustnice, przesypy itp.

Zakres średnic: od DN 60 do DN 1600.

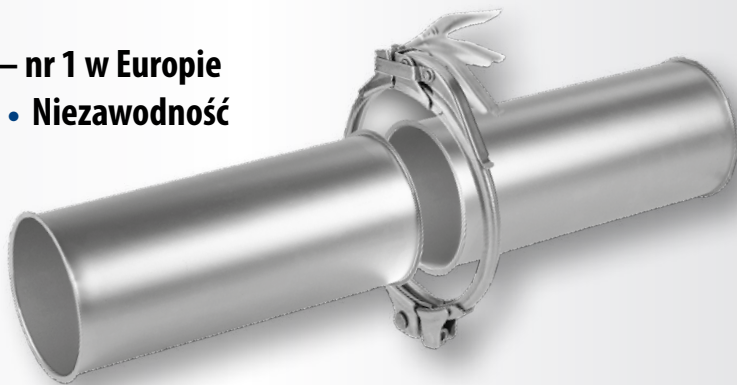
Od DN 350 połączenia na kołnierze luźne,

od DN 1200 na kołnierze spawane.

Grubość ścianki: 1, 1,5, 2 lub 3 mm.

Wykonanie materiałowe stal węglowa malowana proszkowo,
stal węglowa ocynkowana, stal nierdzewna AISI 304 lub AISI 316.

Zastosowanie: instalacje przesypowe, transportu pneumatycznego
niskociśnieniowego, odpylania i odkurzania.



Łuki o dużym promieniu R=75 do R=1200.

Zakres średnic: od DN 38,0x1,5 do DN 219,1x3,0.

Grubość ścianki: 1,5, 2,0 lub 3,0 mm.

Wykonanie stal nierdzewna AISI 304.

Duża odporność na wycieranie (seria HVA-Niro®).

Zastosowanie: instalacje transportu pneumatycznego.



Centrum dystrybucji złaczek www.eurac.pl

Złączki do łączenia rurociągów.

Wykonanie: stal węglowa ocynkowana lub stal nierdzewna.

Typy złączek: „L”, „M”, „HL”, „H”.

Zakres średnic: od D=38,0 do D=219,1 (w zależności od typu złączki).

Zastosowanie: instalacje transportu pneumatycznego, odpylania i odkurzania.



SYSTEM ZDALNEGO ODCZYTU LICZNIKÓW

Bezprzewodowe liczniki cykli

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



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

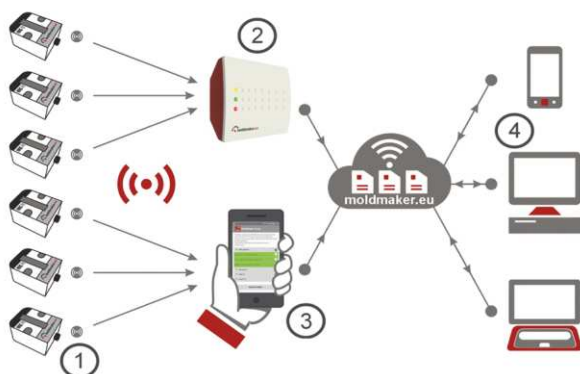
Wdrożenie systemu w zakładzie produkcyjnym to proces bardzo prosty. Wystarczy zamontować do form elektroniczne liczniki MoldMaker w miejsce liczników mechanicznych. Następnie za pomocą aplikacji mobilnej MoldMaker Scan ustawia się wartość startową na każdym liczniku w celu zachowania kontynuacji zliczania.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

ZASADA DZIAŁANIA SYSTEMU MOLDMAKER

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

PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ

Nowym elementem systemu MoldMaker są bezprzewodowe panele operatorskie. Za ich pomocą operator zgłasza



Schemat przepływu danych w systemie MoldMaker

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

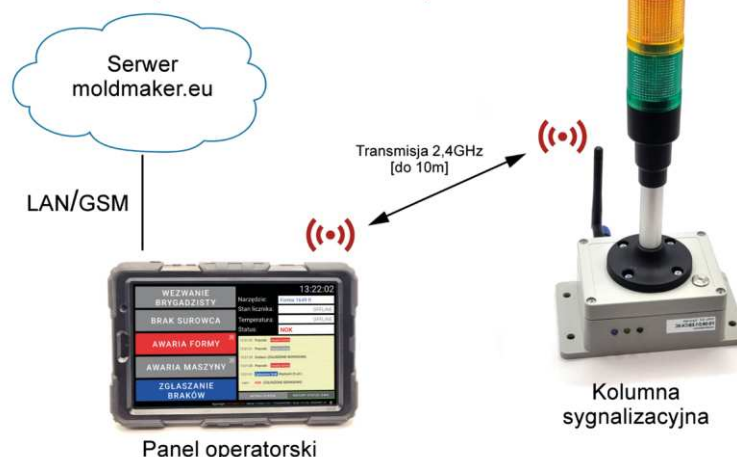


np. awarię maszyny lub formy, brak surowca, wzywa brygadzystę itp. Możliwe zdarzenia konfiguruje się w zależności od potrzeb firmy. Najważniejsza funkcja paneli operatorskich to zgłaszanie braków produkcyjnych, co pozwala na kontrolę i rejestrowanie przyczyn ich powstawania.

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



PANEL OPERATORSKI Z KOLUMNĄ SYGNALIZACYJNĄ



BEZPRZEWODOWE LICZNIKI CYKLI

Najbardziej uniwersalny i przeznaczony do większości zastosowań jest licznik MMC-11 STD. Gabaryt licznika (47,8 x 38 x 25 mm) i rozstaw śrub mocujących (28,5 mm) jest zgodny z gabarytami typowych liczników do form. Dopuszczalna temperatura pracy licznika MMC-11 STD to 85°C, a gwarantowany zasięg odbioru to 30 m. W praktyce zasięg ten dochodzi do 100 metrów. Czas pracy baterii: 4-5 lat.

Liczniki wysokotemperaturowe to: MMC-12 HT do 150°C przewidziane do form grzanych olejowo oraz MMC-12 UHT



Licznik MMC-11STD



Licznik MMC-12HT



Obudowa ochronna

do 205°C do form wulkanizacyjnych do gumy oraz innych narzędzi o najwyższej temperaturze pracy.

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

KONCENTRATOR MMCD

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

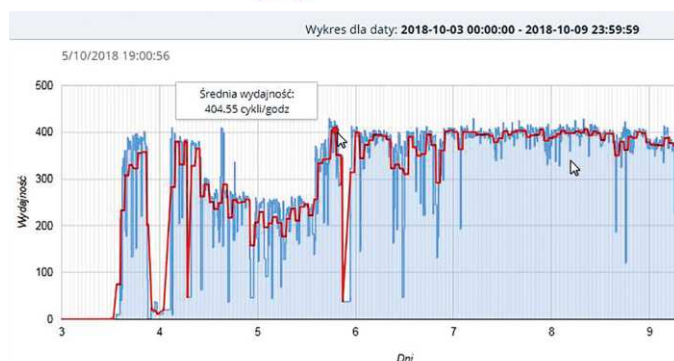
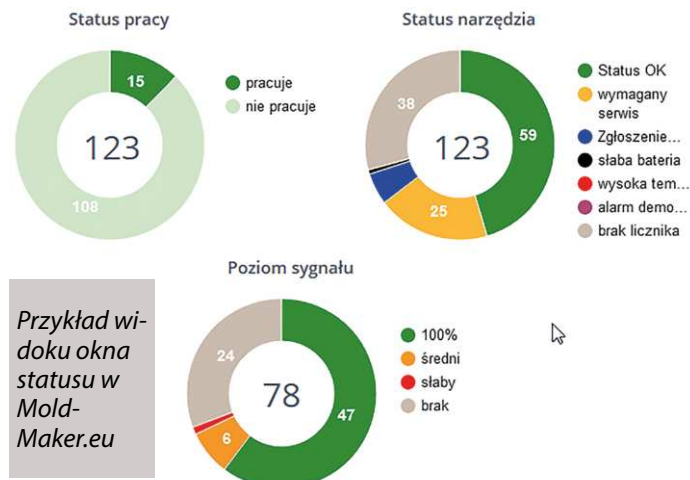
APLIKACJA SMARTFONOWA MOLDMAKER SCAN

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

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

Sercem systemu MoldMaker jest serwis internetowy dostępny przez standardową przeglądarkę. Z tego poziomu

użytkownik może posługiwać się wszystkimi funkcjonalnościami systemu, m.in. nadzorować pracę narzędzi w czasie rzeczywistym, analizować wydajność i inne statystyki, obserwować współczynnik OEE, nadzorować realizację przeglądów technicznych itp.



Przykład wykresu wydajności narzędzia w MoldMaker.eu



Przykład montażu licznika MoldMaker do formy

Producentem systemu MoldMaker, operatorem i administratorem danych jest:

MEGA MOLD Sp. z o.o.
36-002 Jasionka 252E, POLAND
tel. +48 607 259 412



email: moldmaker@moldmaker.eu
<https://moldmaker.eu>

Oficjalnym dystrybutorem urządzeń MoldMaker jest:

PROPLASTICA Sp. z o.o.
25-663 Kielce, ul. K. Olszewskiego 6
email: sales@proplastica.pl
<https://www.proplastica.pl>



Modelowanie orientacji włókien w procesie wtryskiwania kompozytów polimerowych

Przemysław Narowski

Wtryskiwanie jest obok wytłaczania najważniejszą techniką przetwórstwa tworzyw polimerowych. Polega na cyklicznym uplastycznianiu tworzywa w układzie uplastyczniającym wtryskarki i następnie wtryskiwaniu tego uplastycznionego tworzywa do zamkniętego w czasie formowania narzędzia, zwanego formą wtryskową. Projektowanie wtryskiwania jest prowadzone na podstawie doświadczenia [1], jak i przy zastosowaniu narzędzi CAD/CAE [2-5]. Aktualny stan wiedzy w zakresie modelowania procesu wtryskiwania przedstawiono w monografii [2]. Nowoczesne narzędzia i metody CAD/CAE umożliwiają obecnie rozwiązywanie zagadnień dotąd nierozwiązanych, jak np. zagadnienie nierównomiernego wypełniania form wtryskowych zrównoważonych geometrycznie [3] lub zagadnienia optymalizacji procesu wtryskiwania przy zastosowaniu technik sztucznej inteligencji, np. sieci neuronowych [4]. Przełomowe znaczenie mają prace zmierzające do zbudowania globalnego modelu procesu wtryskiwania, ujmującego interakcyjne współdziałanie maszyny (wtryskarki) i narzędzia (formy wtryskowej) [5]. Odrębnym i bardzo aktualnym problemem jest zagadnienie przetwórstwa, w tym oczywiście wtryskiwania, zaawansowanych materiałów polimerowych, takich jak kompozyty polimerowe, mieszaniny polimerowe i tworzywa napełniane. W przypadku tych materiałów znane modele zwykle zawodzą, a ponadto brakuje wiarygodnych danych materiałowych, które umożliwiałyby sensowne modelowanie procesu wtryskiwania. Kompozyty polimerowe budowane na podstawie różnego rodzaju osnowy polimerowej i różnego rodzaju wzmocnień stanowią bardzo ważny segment nowoczesnych i dynamicznie rozwijających się materiałów polimerowych. Zagadnienie modelowania orientacji włókien w procesie wtryskiwania tworzyw polimerowych, pomimo już swojej ponad stuletniej historii [6], jest jednym z najbardziej kluczowych zagadnień w nowoczesnym przetwórstwie tworzyw. Rozwój narzędzi CAE, komputerowego wspomaganie projektowania, jest w głównej mierze przyczyną pobudzenia i podtrzymywania aktywności naukowej w tej dziedzinie już od końca lat 70. XX w. [7, 8]. Od niedawna dostępne w programach symulacyjnych rozwiązania pozwalają już nie tylko na wyznaczenie orientacji włókien wynikającej z przepływu tworzywa w formie wtryskowej, ale też na określenie wpływu tej orientacji na warunki przepływu (tzw. modele

sprężone) [9, 10]. Prowadzone obecnie badania nad bezpośrednią symulacją ruchu włókien z pomocą mechaniki elementów dyskretnych (DEM) zapowiadają jeszcze wyższą jakość przewidywania orientacji włókien w elementach wtryskiwanych [11]. Jednak stosunkowo niedużo jest doniesień o przydatności coraz dokładniejszej symulacji orientacji włókien w wyrobach wtryskiwanych (wypraskach) w zastosowaniach inżynierskich [12]. Orientacja ta ma fundamentalny wpływ na właściwości mechaniczne wyrobów. Dlatego w pracy podjęto problem oceny przydatności stosowanych obecnie na świecie metod modelowania orientacji włókien w procesie wtryskiwania w praktyce inżynierskiej.

Celem pracy było przeprowadzenie badań symulacyjnych procesu wtryskiwania przy zastosowaniu różnych modeli orientacji włókien i porównanie wyników symulacji wytrzymałości próbek z wynikami badań doświadczalnych.

Wyniki badań mają stanowić podstawę optymalizacji procesu kształtowania orientacji włókien w procesie wtryskiwania kompozytów polimerowych.

Stosowany w badaniach kompozyt charakteryzuje się wyjątkowymi właściwościami mechanicznymi oraz termicznymi, co czyni go idealnym materiałem do zastosowań w różnych branżach przemysłowych. Poliamid 6 (PA6) jest popularnym tworzywem technicznym, cenionym za swoje właściwości mechaniczne, takie jak wysoka wytrzymałość na zrywanie i zginanie, dobra udarność oraz stosunkowo wysoka temperatura użytkowania.

Dodatek włókna szklanego znacząco poprawia jego właściwości mechaniczne, zwiększając sztywność i odporność na pękanie. Tarnamid T-27GF50 jest stosowany w różnych gałęziach przemysłu, w tym w motoryzacji, elektrotechnice, budownictwie i meblarstwie [13].

CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA – MATERIAŁY

Do badań doświadczalnych i symulacyjnych wykorzystano kompozyt poliamidu 6 z 50-proc. udziałem masowym drobno ciętego włókna szklanego E-glass (PA6GF50) o nazwie handlowej Tarnamid T-27GF50 produkowanego przez Azoty Tarnów SA.

METODYKA BADAŃ

Statyczną próbę rozciągania przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej ZwickRoellZ020 o maksymalnym za-

kresie obciążenia 20 kN, przestrzeni badawczej o wysokości 1000 mm i prędkości ruchu trawersy do 500 mm/min. Badania symulacyjne wtryskiwania próbek wykonano w programie Moldex3D 2024R2, Cadmould 17.0.1.4, homogenizację właściwości mechanicznych kompozytu w programie Digmata-MS 2023.4, a symulację próby rozciągania w programie Marc Mentat 2024.1. Na rys. 1 i 2 przedstawiono przykłady modelowania w tych środowiskach.

Statyczną próbę rozciągania przeprowadzono zgodnie z normami [14, 15] dla 5 próbek wykonanych metodą wtryskiwania. Badania symulacyjne wykonano wg następującej procedury: (I) symulacja wtryskiwania z modelowaniem orientacji włókien dla 4 wariantów modelu numerycznego: model standardowy (Folgara i Tuckera) - powierzchniowa siatka elementów skończonych, model standardowy (Folgara i Tuckera) - przestrzenna siatka elementów skończonych, model rozszerzony (iARD) - przestrzenna siatka elementów skończonych i model sprzężony z polem lepkości (Favaloro i Pipesa) - przestrzenna siatka elementów skończonych; (ii) homogenizacja właściwości mechanicznych kompozytu oraz (iii) symulacja statycznej próby rozciągania.

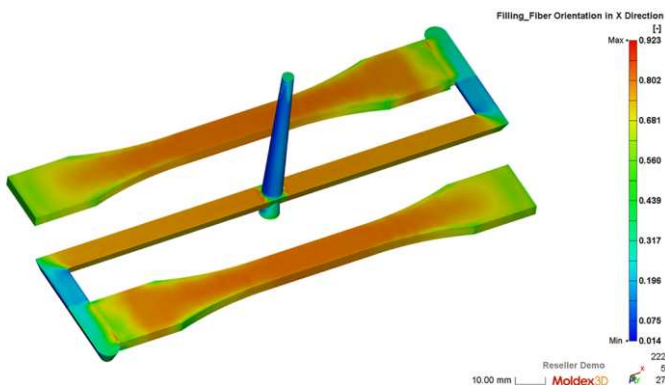
Parametry symulacji wtryskiwania przedstawiono w tabeli 1. Określenie orientacji włókien szklanych w produkcji, powstałej podczas przepływu tworzywa w formie było kluczowym elementem prowadzonych badań, wymagającym zastosowania zaawansowanych programów do modelowania przepływu tworzyw. Przy modelowaniu przepływu

Tabela 1. Wybrane parametry symulacji wtryskiwania

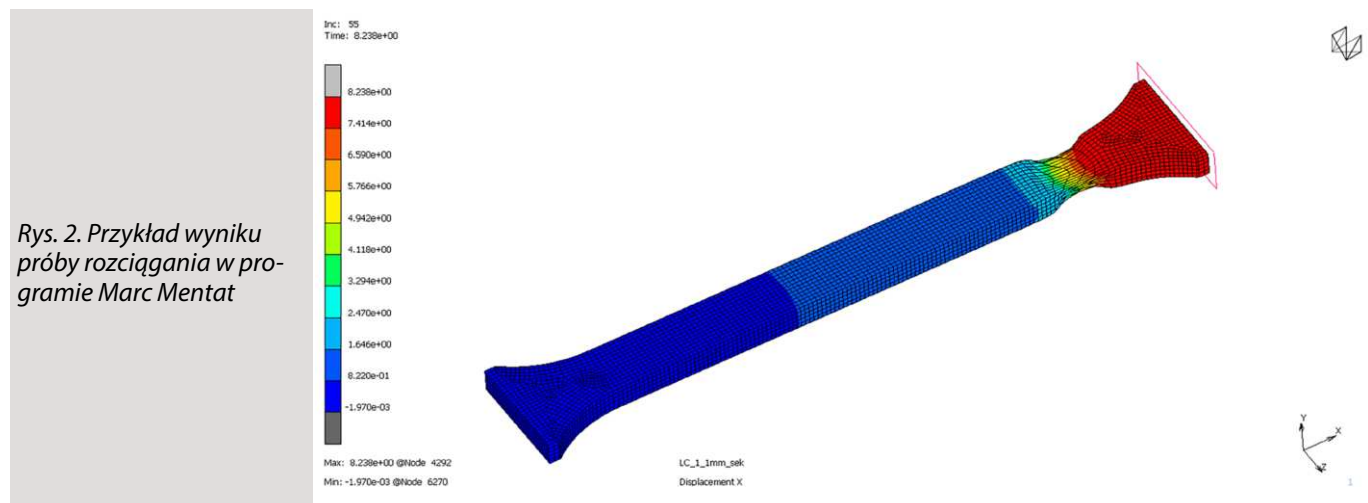
Temperatura wtrysku tworzywa. °C	270
Temperatura formy wtryskowej. °C	80
Czas wtrysku, s	0,6
Czas docisku, s	5
Czas chłodzenia, s	26

tworzywa w formie podczas wytwarzania próbek do badań wytrzymałościowych przyjęto jako założenia podstawowe, że przepływ jest nieustalony, laminarny, nieizotermiczny, nienewtonowski i jest w pełni rozwinięty (pominięto efekty wlotowe i końcowe). Założono także, że ciecz jest ściśliwa, brak jest poślizgu na ściankach kanałów formy i pominięto siły grawitacji i bezwładności.

Do symulacji wtryskiwania wykorzystano programy Cadmould i Moldex3D. Cadmould dyskretyzuje przestrzeń przepływu za pomocą siatki 2.5D. Program generuje trójkątne elementy skończone, którymi pokrywa powierzchnię wypraski, tworząc w ten sposób tzw. skorupę. Obliczenia przeprowadzane są tylko w obszarze „skorupy”. Wewnątrz modelu nie występują elementy skończone siatki. Przez grubość ściany wypraski przeprowadzone jest do 25 równoległych warstw, w których wartości są wyznaczane z leżących naprzeciwko siebie elementów powierzchniowych w „skorupie”. Oprogramowanie Moldex3D korzysta w pełni z trójwymiarowej siatki elementów skończonych. Obliczenia przepływu są zatem prowadzone również w środku ścian wypraski. Dodatkowo Moldex3D umożliwia wybór metody modelowania orientacji włókien, podczas gdy w Cadmould jedynym dostępnym modelem jest model Folgara i Tuckera. Model Folgara i Tuckera oparty jest na zasadach tensorowej reprezentacji orientacji włókien. Model iARD-RPR rozszerza model Folgara i Tuckera, uwzględniając efekty dyfuzji rotacyjnej. Model IISO (Favaloro i Pipesa) poprawia przewidywanie orientacji włókien poprzez uwzględnienie dodatkowych parametrów, które uwzględniają efekty anizotropii lepkości.



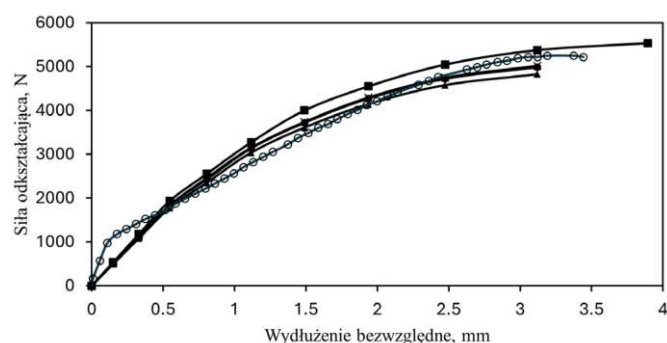
Rys. 1. Przykład wyniku orientacji włókien w osi X (zgodnej z kierunkiem przepływu) w programie Moldex3D



Rys. 2. Przykład wyniku próby rozciągania w programie Marc Mentat

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki doświadczalnej i numerycznych prób rozciągania przedstawiono na rys. 3 i w tabeli 2. Model standardowy, zarówno przy dyskretyzacji powierzchniowej, jak i bryłowej, wykazał największe rozbieżności względem doświadczenia



Rys. 3. Wyniki prób rozciągania (● – model iARD; ▲ – model Folgara i Tuckera 3D; ■ – model Folgara i Tuckera 2D; ✕ – model Favaloro i Pipesa; ■ – doświadczenie)

Tabela 2. Wyniki statycznej próby rozciągania

Model	Siła niszcząca [N]	Wydłużenie przy zerwaniu [mm]
Folgara i Tuckera (siatka 2D)	5536	3,89
Folgara i Tuckera (siatka 3D)	4828	3,12
iARD	4989	3,12
Favaloro i Pipesa	5018	3,12
Doświadczenie	5247	3,38

w kontekście przewidywanej siły i wydłużenia niszczącego. Błąd względny wynosił $\Delta_F = 5,5\%$ dla siły i $\Delta_E = 15\%$ dla wydłużenia. Najbliższe wartościom zmierzonym w eksperymencie okazały się wyniki dla modelu sprzężonego, najbardziej złożonego ($\Delta_F = 4,4\%$ i $\Delta_E = 7,7\%$), ale nie były znacząco lepsze od wyników modelowania metodą iARD ($\Delta_F = 4,9\%$ i $\Delta_E = 7,7\%$).

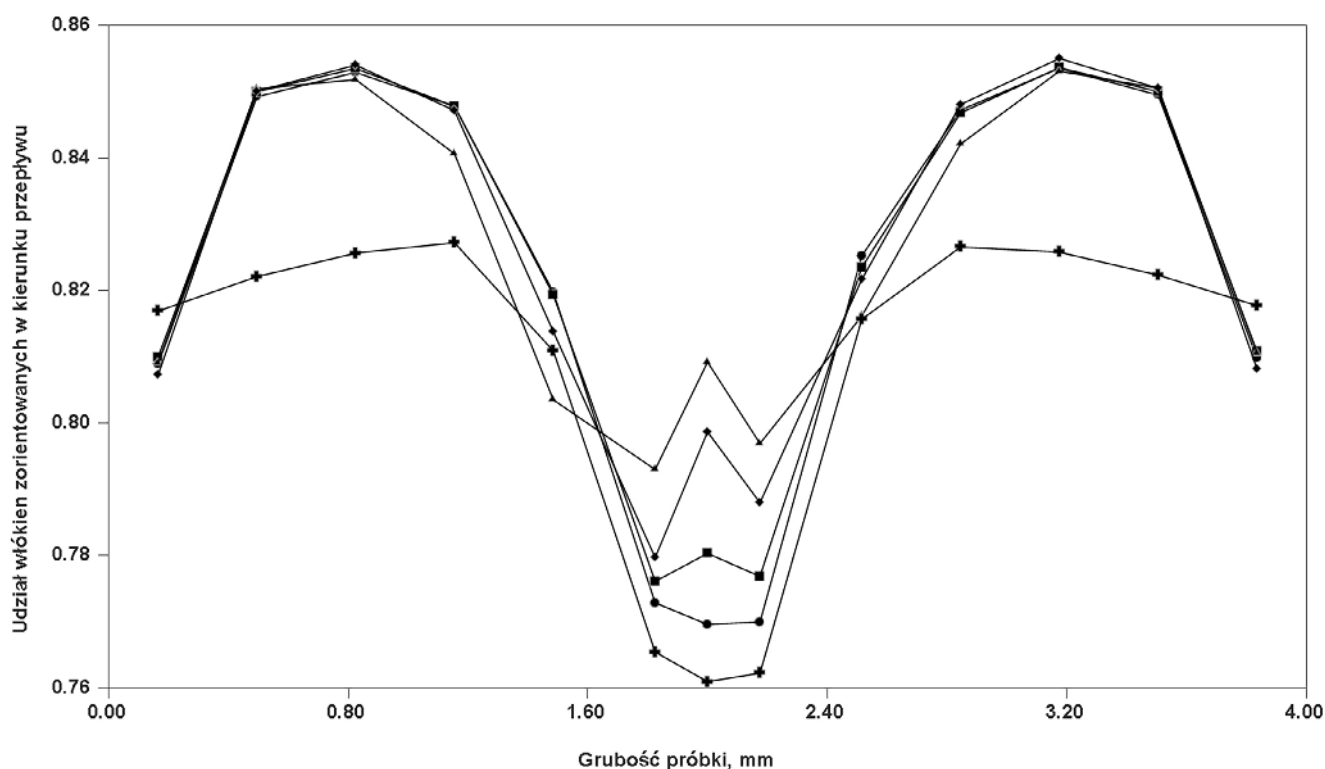
Na rys. 4 przedstawiono wyniki symulacji orientacji włókien na grubości próbki dla różnych wersji modelu. Model standardowy (Folgara i Tuckera) wyraźnie nie doszacował ilości zorientowanych włókien w warstwach przyściennych. Przewidywał wartości na poziomie 82,6%, podczas gdy wyniki pozostałych modeli były w przedziale 85-85,5%. Model sprzężony (Favaloro i Pipesa) wskazał na większą liczbę włókien zorientowanych w środku grubości (80,9%) niż pozostałe modele (76-79%).

PODSUMOWANIE

Dokładność przewidywania właściwości mechanicznych wyprasek wzmocnionych włóknami szklanymi zależy od przyjętej metody modelowania orientacji włókien i od sposobu dyskretyzacji modelu geometrycznego. W pracy wstępnie oceniono przydatność dostępnych modeli orientacji włókien. Dokładna weryfikacja musiałaby nastąpić na większej liczbie rzeczywistych wyrobów, ze względu na nietypowy dla elementów wtryskiwanych kształt próbki.

LITERATURA

- [1] K. Wilczyński, P. Narowski, Polym. Eng. Sci. 2019, 59, nr2, 233.
- [2] K. Wilczyński, Rheology in polymer processing. Modeling and simulation, Hanser, Monachium 2020.
- [3] K. Wilczyński, P. Narowski, Polymers 2019, 11, nr4, 639.



Rys. 4. Wyniki orientacji włókien na grubości próbki (● – model iARD; ▲ – model Folgara i Tuckera; ✕ – model Favaloro i Pipesa; ■ – doświadczenie)

- [4] K. Wilczyński, P. Narowski, Polymers 2020, 12, nr 4, 805.
 [5] P. Narowski, K. Wilczyński, Polymers 2024, 16, nr 1, 147.
 [6] G.B. Jeffery, Proc. Roy. Soc. 1922, A102, 161.
 [7] C.L. Tucker, Computer modeling for polymer processing, Hanser, Monachium 1989.
 [8] C.L. Tucker, Fundamentals of fiber orientation, Hanser, Monachium 2022.
 [9] A.J. Favaloro, H.C. Tseng, R.B. Pipes, Compos. Part. 2018, 115, 112.
 [10] H.C. Tseng, A.J. Favaloro, J. Rheol. 2019, 63, 263.
 [11] S.K. Kugler, G.M. Lambert, C. Cruz, A. Kech, T.A. Osswald, D.G. Baird, AIP Conf. Proc. 2020, 2205, 020050.
 [12] Y. Shi, W.J. He, H. Ji, V. Deshpande, EMAS 2024, 1, 1.
 [13] <https://grupapazoty.com>, dostęp 6 października 2024 r.

- [14] EN ISO 527-1, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości rozciągających. Cz. 1. Zasady ogólne.
 [15] EN ISO 527-2, Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości rozciągających. Cz. 2. Warunki badania tworzyw sztucznych do formowania i wytłaczania.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny”, 2024, 103/12, s. 1450 – 1453.

Dr inż. Przemysław Narowski
 Wydział Mechaniczny Technologiczny
 Politechnika Warszawska

REKLAMA



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



■ **FORMY WTRYSKOWE**
 INJECTION MOLDS

■ **TŁOCZNIKI**
 PRESS TOOLS

■ **WYKROJNIKI**
 BLANKING TOOLS

■ **NARZĘDZIA SPECJALNE**
 SPECIAL EQUIPMENT

■ **ELEMENTY ZNORMALIZOWANE**
 STANDARDIZED ELEMENTS



www.formtechnik.pl

Katalog Branżowy 2025!

Już w marcu znajdziesz informacje, których szukasz!

wersja elektroniczna na
www.tworzywasztuczne.biz

Tendencje rozwojowe w technologii przetwórstwa tworzyw sztucznych

Maciej Heneczkowski

W artykule omówiono aktualne tendencje w dziedzinie modyfikacji tworzyw polimerowych, w tym kompozytów, nowych technik przetwórczych i systemów sterowania procesami produkcyjnymi.

Branża przetwórstwa tworzyw sztucznych jest silnie rozwijającą się gałęzią przemysłu, korzystającą z wielu dziedzin techniki: syntezy i modyfikacji polimerów, nowych technologii wytwarzania, budowy maszyn i narzędzi, systemów informatycznych do projektowania, symulacji i sterowania procesami wytwórczymi oraz symulacji użytkowania wyrobów, tj. poddawania ich naprężeniom mechanicznym i wpływowi otaczającej atmosfery (szokom termicznym, starzeniu pod wpływem promieniowania UV czy termooksydacji). Liczne zalety tworzyw sztucznych, wynikające z ich dobrych właściwości eksploatacyjnych i przetwórczych, sprawiają, że materiały te coraz częściej stają się zamiennikami tradycyjnych tworzyw. Z tych powodów w rozważaniach na temat tendencji rozwojowych tej branży skoncentrowano się na takich obszarach, jak:

- nowe materiały, w tym zwłaszcza kompozyty polimerowe;
- innowacyjne procesy przetwórcze przyjazne dla środowiska, w tym recykling;
- systemy do komputerowej symulacji i sterowania przetwórstwem (w sferze projektowania, przetwarzania i stosowania tworzyw sztucznych);
- nowe, technologicznie zaawansowane maszyny i narzędzia;
- technologie przyrostowe;
- systemy zapewniające elastyczne reagowanie na indywidualne potrzeby odbiorców i konsumentów.

NOWE MATERIAŁY POLIMEROWE

Znaczący postęp w inżynierii materiałowej i technologii polimerów umożliwił opracowanie nowych tworzyw wielokształteczkowych o znacznie większej wytrzymałości mechanicznej i cieplnej, a więc o szerszym zakresie zastosowania. Pod tym względem ważną rolę odgrywają kompozyty polimerowo-włókniste, a zwłaszcza tworzywa wzmacniane włóknami węglowymi, które wyraźnie poprawiają wytrzymałość mechaniczną i moduł sprężystości przy niewielkim zwiększeniu gęstości produktu. W ostatnich latach kompozyty polimerowo-węglowe (CFRP) na dużą skalę stosowano

w budowie elementów konstrukcyjnych kadłubów samolotów pasażerskich, m.in. Boeinga 787 (Dreamlinera) czy Airbusa A350XWB. W tych modelach elementy kompozytowe stanowią 50% (Boeing), a nawet 53% (Airbus) masy samolotu. Dzięki zastosowaniu CFRP w tak dużej ilości Boeing 787 jest (według danych Japan Carbon Manufacturers Association [1]) o 20% lżejszy od samolotu o tradycyjnej konstrukcji, zawierającego ok. 3% kompozytów, a ponadto podczas rocznej eksploatacji emituje o 2700 t mniej CO₂, co odpowiada zużyciu benzyny lotniczej zmniejszonemu o ok. 880 t i pozwala na zwiększenie zasięgu lotów. To przełożyło się na wyraźne ograniczenie zużycia lekkich stopów lotniczych z ok. 70% masy samolotu (w latach 90. ub.w.) do ok. 20%. W przypadku samochodów, których karoseria byłaby zbudowana z CFRP, ograniczenie emisji CO₂ wyniosłoby 0,4 t/rok.

Poważną przeszkodą w upowszechnieniu CFRP jest wysoka cena włókna węglowego oraz kosztowny proces technologiczny kompozytów. Z tego względu CFRP są stosowane głównie do wytwarzania produktów, które muszą zapewnić dobre osiągi techniczne (wysoką wytrzymałość przy niewielkiej masie) – w tym przypadku cena odgrywa mniejszą rolę. Te kompozyty wykorzystuje się zatem w takich obszarach, jak: lotnictwo, sprzęt sportowy, elektrownie wiatrowe, specjalne konstrukcje budowlane czy samochody elektryczne.

Dotychczasowe tradycyjne techniki formowania kompozytów włóknistych – metoda kontaktowa i pultruzja – zastępuje się metodami wydajniejszymi i zapewniającymi bardziej powtarzalne właściwości wyrobów. Polegają one na stosowaniu prepregów, nawijaniu, wstępnym przesycaniu włókien i natrysku żywicy.

Ważnym zagadnieniem eksploatacji elementów z CFRP (zwłaszcza odpowiedzialnych części, z których są wykonane środki transportu publicznego – np. samoloty) jest monitorowanie ich stanu technicznego. Do tego celu wykorzystuje się różne metody fizyczne:

- wprowadzenie do kompozytu włókien węglowych zasilanych prądem elektrycznym – w przypadku pęknięcia włókna następuje zanik przewodnictwa,
- metody ultradźwiękowe,
- zastosowanie czujników światłowodowych wbudowanych w kompozytowe elementy konstrukcyjne [2].

Ostatnia z tych metod pozwala na ciągłe monitorowanie

konstrukcji i diagnozowanie jej stanu, co ułatwia przewidywanie nawet nieznacznego pogorszenia struktury kompozytów.

Ważnym kierunkiem jest rozwijanie samonaprawialnych kompozytów (SHC – *self healing composites*). Do naprawy służą zawarte w tych kompozytach żywica i katalizator. Są one zamknięte w szklanych sferach i uwalniają się pod wpływem mechanicznego uszkodzenia kompozytu – wtedy dochodzi do reakcji i zalanania pęknięcia, dzięki czemu element staje się znów gotowy do eksploatacji [3].

Rozszerzenie zastosowań polimerów następuje w konsekwencji stałego doskonalenia ich właściwości, zwłaszcza odporności cieplnej i własności przetwórczych. W tym przypadku, obok syntezy nowych rodzajów polimerów, ogromną rolę odgrywa inżynieria materiałowa, m.in. opracowywanie nowych tworzyw w wyniku komponowania ze sobą różnych polimerów lub innych materiałów, z uwzględnieniem występujących między nimi efektów synergicznych.

Warto też wspomnieć o intensywnym rozwoju nanokompozytów polimerowych, w których napelniacze (modyfikowane glinokrzemiany warstwowe, grafen, nanorurki węglowe) rozproszone są w osnowie polimerowej do rozmiarów nanometrycznych, co pozwala na uzyskanie znacznie większej wytrzymałości takich tworzyw [4, 5].

Podstawowe tendencje w obszarze modyfikacji znanych polimerów to również przygotowywanie nowych blend, które pozwalają na poszerzenie zakresu zastosowania tworzyw standardowych bądź inżynierskich mieszanek z polimerami należącymi do wyższej kategorii (tworzyw inżynierskich, specjalnych) oraz ułatwiają przetwórstwo niektórych materiałów wielkocząsteczkowych. Jest to możliwe dzięki opracowywaniu innowacyjnych metod skutecznie poprawiających wzajemną kompatybilność składników mieszanek. Klasycznymi przykładami są chociażby takie blendy, jak: PA/PP, PPE/PS, PPE/PP, PC/ABS, PA/PPA, PEI/PEEK.

Jednym z głównych kierunków rozwoju specjalnych tworzyw polimerowych jest ich zastosowanie w medycynie – na implanty, materiały opatrunkowe, akcesoria medyczne itp.

Na rys. 1 pokazano prototyp implantu stawu kolanowego, całkowicie wykonany z tworzyw polimerowych, który ma lepsze właściwości eksploatacyjne (m.in. mniejszą ścieralność) w porównaniu z jego odpowiednikami wytworzonymi ze stopów metali.

PROCESY PRZETWÓRCZE PRZYJAZNE DLA ŚRODOWISKA

Stały nacisk na rozwój technik produkcji niezagrażających środowisku naturalnemu i pozwalających na ograniczanie zużycia zasobów naturalnych dotyczy także przetwórstwa tworzyw sztucznych. Można tu wymienić takie tendencje, jak:

- maszyny i technologie energooszczędne,
- ograniczanie zużycia surowców z zachowaniem funkcjonalności wyrobów,
- skracanie czasu operacji technologicznych,
- opracowywanie różnorodnych form recyklingu.

Innowacyjne procesy gwarantujące mniejsze zużycie energii koncentrują się na: ograniczaniu poboru prądu pod-



Rys. 1. Prototyp implantu stawu kolanowego firmy Okani Medical Technology, wykonany całkowicie z tworzyw polimerowych. Głównymi elementami konstrukcyjnymi są kształtki z PEEK o nazwie handlowej Zeniva [6]

czas wykonywania operacji pomocniczych lub uruchamiania napędu, zmniejszaniu strat ciepła, skracaniu niektórych operacji technologicznych lub wymiany narzędzi. Dla form wtryskowych opracowano systemy elektromagnetycznego mocowania oraz zunifikowanego podłączania mediów chłodzących bądź zasilania elektrycznego. W przypadku wtryskarek zmniejszenie zużycia energii jest realizowane przez zastosowanie maszyn elektrycznych bądź hybrydowych (hydrauliczno-elektrycznych) i wprowadzenie izolacji ogrzewania cylindrów. Sposobem na zwiększenie efektywności pracy wtryskarek hydraulicznych było wprowadzenie akumulatorów hydraulicznych i serwonapędu, co przyspieszyło wykonywanie operacji technologicznych i zapewniło oszczędności energii. W podobnym kierunku następuje także rozwój rozdmuchiwarek.

Zmniejszenie zużycia tworzyw zapewnia technologia wtrysku wspomaganego gazem (GAIM) lub parą wodną (WAIM) oraz wtrysku wyprasek mikroporowatych (MuCell – wtrysk tworzywa wraz z gazem wprowadzanym w stanie nadkrytycznym do cylindra uplastyczniającego). Trzeba podkreślić, że ze względów ekonomicznych technologia GAIM rozwijana jest zdecydowanie bardziej niż WAIM. Wspomniane techniki pozwalają także na skrócenie czasu chłodzenia wyprasek oraz zmniejszenie ciśnienia wtrysku i siły zwarcia wtryskarki niezbędnej do przeprowadzenia procesu. Dzięki równoczesnemu zastosowaniu technologii MuCell oraz systemu szybkiego ogrzewania i chłodzenia gniazd formujących (RHCM) wyeliminowano podstawową pierwotną wadę tej technologii – gorszy połysk wyprasek w stosunku do kształtek wtryskiwanych tradycyjnie. Obecnie maszyny dostosowane do tej techniki oferują wszyscy znaczący producenci wtryskarek.

Firma MuCell Extrusion LLC proponuje linie wytłaczarskie do folii lub płyt, wykorzystujące mutację technologii MuCell. Inne warianty procesu wytłaczania folii bazują na rozwiązaniu, które pozwala na zmniejszenie jej grubości dzięki zastosowaniu opracowanej przez firmę Alpha Marathon Film Extrusion Technologies Inc. głowicy z modularnymi dyskami, w której następuje podział strumienia stopu na wiele war-

stewek o niewielkiej grubości (nanowarstw) [7]. W ten sposób grubość folii można zmniejszyć o ok. 25% w stosunku do folii wytworzonej w typowej technologii. Wytłaczanie rur złożonych z kilku (dwóch lub trzech) warstw, z których wewnętrzna może być wykonana z tworzywa wzmocnionego włóknem szklanym, a pozostałe – z materiału niezbrojonego, poprawia właściwości eksploatacyjne produktu. Podobnie można wykonać płyty lub folie, w których wewnętrzną warstwę stanowi recyklat. Takie produkty, w których recyklat jest odizolowany warstwą polimeru wyjściowego, mogą być stosowane w wyrobach stykających się z żywnością. W ostatnich latach rozwinęło się również wiele bardziej przyjaznych dla środowiska technologii obróbki wyrobów gotowych, np. metalizacja za pomocą próżniowego pokrywania powierzchni detali tworzywowych (*sputter deposition*), która stanowi alternatywę dla dotychczas stosowanej metalizacji elektrochemicznej (w tej metodzie uzyskanie końcowej powłoki z metalicznego chromu wymagało zastosowania kąpieli z toksycznymi związkami tego pierwiastka na stopniu utlenienia IV). Z kolei w celu poprawy barierowości tworzyw opakowaniowych (PET) ich powierzchnię pokrywa się SiO_2 w obecności niskotemperaturowej plazmy.

Największym wyzwaniem badawczym w obszarze recyklingu tworzyw sztucznych jest zagospodarowanie odpadów kompozytów polimerowo-włóknistych, w których osnowę stanowią usieciowane żywice. W literaturze naukowej ten temat pojawia się często, ponieważ jest ważny także z punktu widzenia ekonomicznego i ekologicznego. Jednym z zagadnień jest recykling opon samochodowych. Zużyte opony często są przeznaczane do spalania w piecach do wypalania cementu, gdyż mają dużą wartość opałową. Podejmowane są jednak projekty, w których w wyniku pirolizy wywołanej za pomocą różnych czynników – przegrzanej pary wodnej, ultradźwięków czy promieniowania mikrofalowego – następuje pękanie wiązań wielosiarczkowych, odzyskanie

łańcuchów kauczuku i przeznaczenie ich do ponownego przetwórstwa. Taki produkt jest jednak zanieczyszczony pochodnymi siarki, co ogranicza jego zastosowanie, dlatego trwają prace nad usunięciem tej wady.

W przypadku odpadów kompozytów konstrukcyjnych polimerowo-węglowych bardzo cennym surowcem jest zwłaszcza włókno węglowe. Na temat odzysku tych surowców w ostatnich latach pojawiło się kilkadziesiąt prac, w których opisano różne sposoby oddzielania utwardzonego polimeru od włókna węglowego, lecz na razie projekty te osiągnęły zaledwie skalę laboratoryjną.

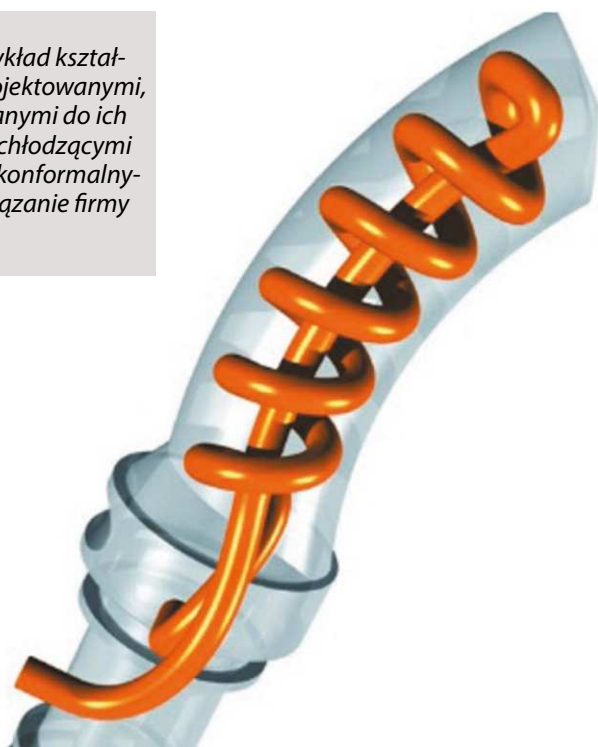
W ostatnim czasie intensywnie rozwijają się tworzywa sztuczne na osnowie z polimerów – takich jak polilaktyd, poli(kwas glikolowy) czy modyfikowane polimery naturalne – ze wzmocnieniem z włókien konopnych, sisalowych, lnianych itp. Są one otrzymywane lub pozyskiwane ze źródeł odnawialnych. Zaletą tych materiałów jest ich biodegradowalność, przez co nadają się one zwłaszcza na produkty o krótkim okresie użytkowania (np. na naczynia jednorazowego użytku, opakowania jednorazowe) i nie stanowią długotrwałego obciążenia dla środowiska jako odpady poużytkowe.

SYSTEMY KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA PRAC INŻYNIERSKICH (CAE)

W dobie intensywnego rozwoju informatyki oraz sterowania procesami projektowymi i wytwórczymi narzędzia te wkroczyły bardzo silnie do przetwórstwa tworzyw sztucznych. Dotyczy to zwłaszcza: wtryskiwania, prasowania przetłocznego i wytłaczania, formowania kompozytów, a ostatnio – także termoformowania.

Do projektowania kształtu i symulacji obciążenia wyprasek wtryskowych służy większość dostępnych programów CAD: CATIA, NX, Pro/Engineer, Autodesk Inventor itp. Do symulacji formowania wtrysku wyprasek przeznaczone są programy: Autodesk Moldflow Insigth (AMI), CADMOULD,

Rys. 2. Przykład kształtek z zaprojektowanymi, dostosowanymi do ich geometrii chłodzącymi kanałami konformalnymi – rozwiązanie firmy FADO [2]



Moldex3D i SIGMA Soft – wobec szybko wprowadzanych modyfikacji technologii wtrysku są one stopniowo uaktualniane, aby nadążać za zmianami i sprostać konkurencji. Za uważalna jest także tendencja do łączenia tych programów z systemami CAD. W ten sposób najstarszy program symulacyjny Moldflow został wykupiony przez firmę Autodesk, co pozwoliło na jego integrację z innymi produktami obecnego właściciela. Ułatwia to projektowanie form wtryskowych za pomocą programu Autodesk Inventor i przenoszenie wyników do obliczeń wytrzymałościowych (w programie Nastran). Podobne działania podjęły firmy CoreTech (właściciel Moldex3D) i Siemens PLM Software (właściciel NX) – na mocy ich porozumienia program Moldex3D został zintegrowany z systemem NX, począwszy od wersji NX 8.5.

Współczesne wtryskarki wyposaża się w czujniki monitorujące temperaturę i/lub ciśnienie panujące w gniazdach formujących, a także w systemy sterowania, które pozwalają na bieżącą kontrolę stanu wypełniania gniazda i odpowiednie korygowanie ustawień maszyny albo na eliminowanie wadliwych kształtek, wytworzonych przy źle dobranych parametrach. Przykładem takiego systemu jest Priamus, przeznaczony głównie do wytwarzania kształtek o zwiększonej dokładności. Czołowi producenci wtryskarek stosują systemy oparte na podobnej idei, gwarantujące bieżącą, statystyczną kontrolę procesu dostosowaną do koordynacji ze zdalnym sterowaniem produkcją. Wszystkie te działania mieszczą się w ramach tzw. czwartej rewolucji przemysłowej – Industry 4.0. Podobnie jest w przypadku wytłaczania, dla którego opracowano kilka komercyjnych programów do projektowania narzędzi i sterowania procesem: ANSYS Polyflow, COMPUPLAST VEL, polyXtrue, LabVIEW i ERP (dla wytłaczania profili).

TECHNOLOGIE PRZYROSTOWE – ZAGROŻENIE CZY WZBÓGACENIE TRADYCYJNYCH METOD PRZETWÓRCZYCH?

Techniki przyrostowe (*rapid prototyping*), które początkowo miały ułatwić i przyspieszyć wytwarzanie prototypów, szybko się rozwinęły i stały się bardzo elastyczną metodą produkcji narzędzi (*rapid tooling*) oraz krótkich serii wyrobów (*rapid manufacturing*). Takie metody, jak FDM czy SLS, są często stosowane do wytwarzania z tworzyw sztucznych niewielkiej liczby detali, przy czym dają możliwość szybkiej

modyfikacji kształtu tych detali bez konieczności zmiany narzędzi. Duża elastyczność technologii przyrostowych pozwala na łatwe dostosowywanie cech wyrobów do potrzeb i wymagań klientów. Te metody skutecznie konkurują więc z wtryskiwaniem, wytłaczaniem, termoformowaniem itp., a więc z procesami, w których każda zmiana cechy wyrobu wymaga modyfikacji narzędzi (np. formy, głowicy), co zazwyczaj jest kosztowne i czasochłonne. Należy się zatem spodziewać dalszego rozwoju technologii przyrostowych. Technologie przyrostowe, zwłaszcza te z grupy *rapid tooling* – np. laserowe spiekanie proszków metali (DMLS) – umożliwiają wytwarzanie bardzo skomplikowanych geometrycznie gniazd formujących oraz uzyskiwanie dostosowanych do kształtu wyprasek kanałów chłodzących gniazda lub rdzenie formujące – tzw. kanałów konformalnych (rys. 2) [2]. W tych przypadkach technologie przyrostowe zapewniają większą efektywność wtryskiwania dzięki bardziej równomiernemu chłodzeniu wyprasek i skróceniu czasu tej operacji w formach wyposażonych w kanały konformalne.

INFORMATYZACJA ZAPEWNIAJĄCA ELASTYCZNE REAGOWANIE NA POTRZEBY RYNKU

Kolejnym czynnikiem, zdecydowanie wkraczającym do przetwórstwa tworzyw sztucznych oraz powodującym bardziej efektywne i elastyczne reagowanie na mocno zindywidualizowane wymagania klientów, jest pełna informatyzacja procesu wytwarzania. Realizuje się ją poprzez takie systemy, jak:

- statystyczna kontrola procesu SPC (*statistical process control*) – program do stałej oceny jakości wyrobów, polegającej na ciągłej kontroli parametrów technologicznych i sprawdzaniu, czy mieszczą się one w dopuszczalnych granicach. Połączenie tych danych w systemie informatycznym pozwala na eliminację wadliwych produktów i zapobiega konieczności wyrzutowego sprawdzania jakości produktów;
- system realizacji produkcji MES (*manufacturing execution system*) – pozwala na bieżące zbieranie, gromadzenie i selekcję informacji o stanie poszczególnych procesów produkcyjnych bezpośrednio, praktycznie ze wszystkich stanowisk pracy. Dzięki temu dyspozytor ma wgląd do danych o stanie realizacji zamówień i może sterować zmianą

REKLAMA

• Zestawy GEFTRAN Sensormate do pomiaru naprężenia kolumn wtryskarek.

Trans-West autoryzowany dystrybutor firmy GEFTRAN

• Płyty izolacyjne do form wtryskowych AGK

• System detekcji wycieku niemieckiej firmy wfplastic

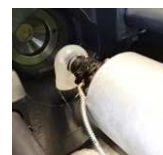
Wysokiej jakości części zamienne m. in. do wtryskarek, wytłaczarek i termoformowania.

W ofercie posiadamy m. in.: termostaty wodne i olejowe, grzałki, czujniki, wtyczki, regulatory temperatury GK, dysze wtryskowe OFS, ślimaki i cylindry MAXI MELT, szybkozłącza do form wtryskowych.

GEFRAN
BEYOND TECHNOLOGY



wfplastic
Testing Measuring Controlling



PPHU Trans-West GmbH Sp. z o.o.

tel. +48 61 287 02 64, e-mail: biuro@transwest.pl

www.transwest.pl

mi poszczególnych strumieni materiałowych. System ten jest zazwyczaj skorelowany z MRP i ERP;

- planowanie zapotrzebowania materiałowego MRP (*material requirements planning*) i planowanie zasobów przedsiębiorstwa ERP (*enterprise resource planning*) – MRP określa procedury dotyczące surowców, materiałów, komponentów itp., natomiast ERP obejmuje systemy informatyczne do wspomagania zarządzania przedsiębiorstwem lub firmami stanowiącymi łańcuch dostawców, tj. systemy zbierające potrzebne poszczególnym jednostkom dane oraz pozwalające na ich obrabianie. Dopasowywanie produkowanych wyrobów do indywidualnych wymagań różnych klientów/konsumentów jest możliwe dzięki wprowadzaniu tzw. inteligentnych robotów reagujących na bieżące potrzeby. To główny kierunek zmian w organizacji wytwórczości zgodnie z regułami Industry 4.0.

LITERATURA

- [1] www.carbonfiber.gr.jp/english/tech/lca.html.
- [2] www.immt.pwr.wroc.pl/~gasior/hpvl/KMP%20%20Aplikacja%20%C5%9B-wiat%C5%82owodowych%20metod%20czujnikowych%20do%20monitorowania%20ekstremalnie%20wyt%C4%99%C5%BConych%20konstrukcji%20kompozytowych.pdf.

- [3] Wang Y., Pham T.D., Ji C. Self-healing composites: A review. *Materials Engineering*. 2 (2015), 1075686.
- [4] Bhattacharya M. Polymer nanocomposites – A comparison between carbon nanotubes, graphene, and clay as nanofillers. *Materials*. 9 (2016): s. 262.
- [5] Yurddaskal M., Celik E. Effect of halogen-free nanoparticles on the mechanical, structural, thermal and flame retardant properties of polymer matrix composite. *Composite Structures*. 183, 1 (2018): s. 381–388.
- [6] https://omnexus.specialchem.com/news/industry-news/solvay-peekokani-medical-all-polymer-knee-implant-000213766?lr=iom18031715&li=100212492&utm_source=NL&utm_medium=EML&utm_campaign=iom18031715&_i=CFoCDiIYR_cKlwFUpJVAy6JPrlx1vIr8a9qDqYFbeBlxNVBwabyzPUiIlaPQZGHQwA8FFUUL0v3BJpegq3eaq05J1scZCa.
- [7] www.alphamarathon.biz/alpha-exclusive-technologies/alpha-s-patented-annular-nano-layer-die.html.
- [8] www.fado.info/oferta/chlodzenie-komformalne.

Artykuł został po raz pierwszy opublikowany w czasopiśmie „Mechanik” nr 4/2018, s. 274–277.

Dr hab. inż. Maciej Heneczkowski, prof. PRz

Zakład Kompozytów Polimerowych, Politechnika Rzeszowska

Big Bagi – najważniejsze cechy i korzyści

Worki Big Bag, powszechnie znane również jako kontenery elastyczne czy worki wielkogabarytowe, od lat cieszą się popularnością w różnych branżach, od rolnictwa i budownictwa po przemysł chemiczny. Znajdują zastosowanie wszędzie tam, gdzie trzeba przechowywać lub transportować duże ilości materiałów sypkich, takich jak zboża, piasek, żwir, cement, nawozy czy odpady przemysłowe. Co sprawia, że Big Bagi są tak wszechstronne i praktyczne?

MATERIAŁ I SPOSÓB WYKONANIA BIG BAGÓW

Worki Big Bag produkowane są z wytrzymałego polipropylenu – materiału, który charakteryzuje się niezwykłą odpornością na uszkodzenia mechaniczne, wilgoć oraz działanie czynników atmosferycznych. Materiałem, z którego szyje się Big Bagi, jest polipropylen (PP) – syntetyczne tworzywo o wysokiej wytrzymałości mechanicznej, odporne na ścieranie, wilgoć, promieniowanie UV i działanie większości substancji chemicznych. Polipropylen stosowany do produkcji Big Bagów jest tkany w formie mocnych włókien, które tworzą elastyczną, a jednocześnie bardzo trwałą strukturę, pozwalającą na przenoszenie nawet kilku ton ładunku.

Big Bagi są szyte za pomocą mocnych, specjalistycznych nici, odpornych na rozerwanie oraz zmienne warunki atmosferyczne. Szwy wykonane są w sposób wzmacniający całą konstrukcję, gdyż są gęste i rozmieszczone w miejscach największego obciążenia, takich jak narożniki czy punkty mocowania uchwytów.

Ważnym elementem Big Bagów są wspomniane uchwyty, czyli taśmy polipropylenowe przyszyte w górnej części wor-

ka. Standardowe modele mają cztery uchwyty, co umożliwia łatwe podnoszenie i transport za pomocą wózków widłowych lub dźwigów. Funkcjonują także warianty z jednym lub dwoma uchwytami, przeznaczone dla lżejszych ładunków. Uchwyty te są tak skonstruowane, aby równomiernie rozkładać ciężar, co zwiększa bezpieczeństwo podczas transportu.

Każdy Big Bag jest uszyty tak, by wytrzymać obciążenia nawet do kilku ton. W zależności od przeznaczenia, worki mogą mieć różne rodzaje dna (np. otwarte, zamykane lub lejkowe) oraz wyspy i wyspy umożliwiające łatwe napełnianie i opróżnianie. Mocne szwy wzmacniają konstrukcję, a uchwyty wykonane z polipropylenowych taśm pozwalają na bezpieczne podnoszenie i transport za pomocą wózków widłowych lub dźwigów.

RODZAJE BIG BAGÓW – ZALETY

Big Bagi ułatwia procesy logistyczne. Dzięki różnorodności konstrukcji i rozmiarów można je dopasować do konkretnych zadań. Worki mogą być jednorazowego użytku (tzw. worki klasy A), ale są też warianty wielokrotnego użytku,

które pozwalają na wielokrotne wykorzystanie.

Zalety big bagów są dużo większe! Niektóre z nich wyposażone są w warstwę laminowaną, która chroni zawartość przed wilgocią i pyłem, co jest szczególnie ważne w przypadku materiałów sypkich, takich jak cement, nawozy czy ziarno. Wersje antystatyczne (klasy C) są przeznaczone do użytku w strefach zagrożonych wybuchem, zapewniając dodatkowe bezpieczeństwo.

Warto wspomnieć, że Big Bagi pozwalają na optymalizację kosztów. Dzięki możliwości transportu dużych ilości materiałów za jednym razem zmniejsza się liczba kursów i nakład pracy. Ich stosunkowo niska cena w porównaniu do innych pojemników czy kontenerów sprawia, że są one niezwykle ekonomiczną formą opakowania.

Co więcej, worki te są łatwe w przechowywaniu. Po opróżnieniu można je złożyć, co pozwala zaoszczędzić miejsce w magazynach czy na placach budowy.

ZASTOSOWANIE BIG BAGÓW W PRAKTYCE

Zalety big bagów sprawiają, że są one popularne w wielu branżach. We wspomnianej wyżej dziedzinie budowlanej Big Bagi są używane przede wszystkim do transportu materiałów sypkich, takich jak cement, piasek czy gruz. W rolnictwie służą do przechowywania zboża, ziemniaków czy nawozów. W sektorze spożywczym znajdują zastosowanie jako opakowania na cukier, sól czy mąkę, zapewniając higienę i bezpieczeństwo przewożonych produktów. W przemy-

śle chemicznym worki te są wykorzystywane do transportu granulatu, proszków i innych substancji, które wymagają szczelnego i trwałego opakowania.

Ponadto Big Bagi relatywnie szybko zyskują na popularności w gospodarce odpadami – świetnie sprawdzają się bowiem jako pojemniki na gruz budowlany, odpady zielone czy inne materiały przeznaczone do recyklingu. Ich wytrzymałość i pojemność pozwalają na sprawne zarządzanie dużymi ilościami odpadów przy minimalnym wysiłku logistycznym.

Jednocześnie są przyjazne dla środowiska – wersje wielokrotnego użytku pozwalają na ograniczenie odpadów. Worki te, wykonane z wytrzymałego tworzywa sztucznego, mogą być poddane recyklingowi mechanicznemu, podczas którego są mielone, oczyszczane i przetwarzane na granulát polipropylenowy. Uzyskany materiał może być wykorzystany do produkcji nowych opakowań, elementów przemysłowych, a nawet produktów codziennego użytku, takich jak doniczki czy pojemniki. Dzięki recyklingowi Big Bagi nie trafiają na wysypiska, co redukuje ilość odpadów, ogranicza zużycie surowców pierwotnych i zmniejsza emisję CO₂.

Podsumowując, Big Bagi to produkt, w który inwestycja zwraca się szybko dzięki temu, że jest trwały, łatwy w załadunku i niedrogi.

Źródło: paktainer.com.pl

REKLAMA

STACJE ROZŁADOWCZE

HELIOS OKTOMAT

STACJE OKTOMAT OFERUJĄ

- / AUTOMATYCZNE CAŁKOWITE OPRÓŻNIANIE BIG-BAGA / OKTABINY
- / MOŻLIWOŚĆ ROZŁADUNKU WORKÓW BIG-BAG ORAZ OKTABIN
- / AUTOMATYCZNY NAPINACZ FOLII / BIG BAGÓW
- / WIBRUJĄCĄ GŁOWICĘ SSĄCĄ
- / ŁATWĄ W OBSŁUGĘ URZĄDZENIA
- / MINIMALNE KOSZTY EKSPLOATACJI



www.labotek.pl

Magazyny silosowe do tworzyw sztucznych

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

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

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

W ofercie Agremo znajdziemy również różnego rodzaju systemy kontrolno-pomiarowe, związane z magazynowaniem i transportem surowców. W zależności od potrzeb możemy wyposażyć silosy w pomiar temperatury, systemy wa-



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

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

Agremo Sp. z o.o.

MAGAZYNY GRANULATÓW TWORZYW SZTUCZNYCH

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



Agremo Sp. z o.o.

ul. Parkowa 7, 49-318 Skarbimierz Osiedle

tel. 77 40 29 460, 77 40 29 480

e-mail: agremo@agremo.pl

www.agremo.pl

Targi narzędziem do sukcesu – podsumowanie

7. Międzynarodowych Targów Kooperacyjnych Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego INNOFORM®

Sukces zaczyna się od spotkań – takimi słowami wicemarszałek województwa kujawsko-pomorskiego, Zbigniew Ostrowski, otworzył 7. edycję targów INNOFORM®. To wyjątkowe wydarzenie, które na stałe wpisało się w kalendarz branży narzędziowo – przetwórczej nie tylko w Polsce, ale i w Europie, odbyło się w dniach 4-6 marca w Bydgoskim Centrum Targowo-Wystawienniczym. Były to trzy dni wymiany wiedzy, doświadczeń i innowacyjnych pomysłów, które kształtować będą przyszłość rynku formierskiego. Oprócz strefy wystawców, integralną część wydarzenia stanowiły debaty, spotkania B2B oraz szkolenia, poprowadzone przez ekspertów. Targi odwiedziło 2682 przedsiębiorców, którzy zapoznali się z ofertą 190 firm z całego świata.

BIZNESOWE SPOTKANIA I RELACJE

Biznesowy charakter targów INNOFORM® podkreślają przedstawiciele firm. Paweł Stawnicz, Sales Representative z Mold-Masters Europa GmbH tak podsumował udział: – Po raz pierwszy wystawiamy się na Targach INNOFORM®. Wcześniej uczestniczyliśmy w nich jako odwiedzający. Do wystawienia przekonało nas to, że coraz większa liczba naszych potencjalnych klientów odwiedza te targi. Uważam, że Targi INNOFORM® po 7 latach stały się już targami rozpoznawalnymi nie tylko w Polsce, ale też w Europie.

Na wysoki poziom rozmów i zapytań od klientów zwraca uwagę Robert Banaś, właściciel firmy Formtechnik Banaś AG – Jesteśmy praktycznie w dolinie narzędziowej, więc dla praktyków, jest to bardzo dobre miejsce. Ważne jest, że przychodzą tutaj konstruktorzy, ponieważ to oni szukają nowych rozwiązań po to, żeby zaistnieć u klienta.

W tym roku nowością targów INNOFORM® była Strefa Spotkań, dedykowana handlowcom, którzy na wspólnej przestrzeni prezentowali rozmaite rozwiązania dla narzędziowni i wtryskowni. Jeden z nich, Kamil Jakubczak, Country Manager & Sales Engineer firmy Heller Sales and Services Sp. z o. o. zauważa: – Są firmy, które nie decydują się na tworzenie dużych stoisk, ponieważ dla jednej osoby, która reprezentuje firmę w Polsce, może to być zbyt duże obciążenie. Forma, jaką mamy tutaj, wydaje się idealna do zaprezentowania swoich produktów i nawiązania nowych kontaktów.

PROMOCJA LOKALNYCH PRZEDSIĘBIORCÓW

Bydgoski Klaster Przemysłowy Dolina Narzędziowa – współorganizator wydarzenia – pozyskał środki na udział w targach INNOFORM® na lata 2025-2027. To szansa dla małych i średnich przedsiębiorstw z województwa kujaw-

sko-pomorskiego na udział w targach przy minimalnym zaangażowaniu środków. Dofinansowanie do 85% kosztów udziału w targach jest realizowane w ramach programu „Promocja MŚP z branży narzędziowo-przetwórczej na rynku krajowym i zagranicznym” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej z Funduszy Europejskich dla Kujaw i Pomorza. O korzyściach płynących z tej formy wsparcia mówi Paulina Ciechanowska, Młodsza Specjalistka ds. Grafiki i Wizerunku z firmy CBT Polska Sp. z o.o. – Muszę przyznać, że proces uzyskania dofinansowania był bardzo prosty. Po dostarczeniu odpowiedniej dokumentacji, którą trzeba było przygotować, pozostawały już tylko kwestie związane z tym, jak widzimy nasze stanowisko.

Na pytanie o to, jak dofinansowanie wpłynęło na decyzję o udziale w Targach INNOFORM® odpowiada także pan Arkadiusz Badziński, Manager Narzędziowni i Wtryskowni ds. Technicznych z firmy DTM SYSTEM Daniel Kujawski S.K.A.: – Dofinansowanie bardzo nam pomogło w podjęciu decyzji o udziale w targach. Zastanawialiśmy się nad udziałem w tegorocznej edycji i możliwość otrzymania dofinansowania sprawiła, że podjęliśmy pozytywną decyzję.

EDUKACYJNY WALOR TARGÓW INNOFORM®

Kształcenie w kierunkach technicznych odgrywa kluczową rolę w rozwoju przemysłu i innowacji w regionie. Perspektywy rozwoju branży narzędziowo-przetwórczej stwarzają ogromne możliwości zdobycia zawodu przyszłości, jednocześnie dostarczając przedsiębiorcom wykwalifikowanych pracowników. Jak co roku trzeci dzień targów dedykowany był uczniom ósmych klas szkół podstawowych, szkół średnich i studentom. 200 młodych ludzi, którzy stoją przed wyborem zawodowej drogi odwiedziło ekspozycję targową. Po spotkaniu doradczym z ekspertami, uczestnicy podzielili na grupy, z przewodnikami zwiedzali targi i poznawali maszyny i technologie w praktyce. O tym, jak bardzo ważne są tego typu wizyty mówił dr hab. inż., prof. PBŚ, Dariusz Sykuta z Politechniki Bydgoskiej: – Moim zdaniem targi to jest najlepsze miejsce, gdzie młodzi ludzie mogą w jednej hali zobaczyć tak różne technologie związane przede wszystkim z wytwarzaniem form. Co więcej, mają okazję zobaczyć, jak te narzędzia trafiają na maszyny, a z nich powstają gotowe produkty, takie jak na przykład prezentowane tutaj doniczki czy inne wyroby.

Organizatorzy już dziś zapraszają na 8. edycję Targów Narzędziowo-Przetwórczych INNOFORM®, które odbędą się w dniach 3-5 marca 2026 r. w Bydgoszczy.

Szczegóły na stronie www.innoform.pl



HUZAP GmbH Marie-Curie-Straße 1 53773 Hennef (Niemcy)

Telefon +49 2242 96999 0 Fax +49 2242 96999 29

Internet www.huzap.com e-mail huzap@huzap.com

INSTALACJE LINII MIESZALNICZYCH DLA PRZEMYSŁU TWORZYW SZTUCZNYCH

Qualidata
Zertifizierung
ISO 9001



Magazynowanie
i transport głównych
surowców

Magazynowanie
i odważanie
dodatków

Systemy odważania
głównych surowców
i surowców płynnych

Transport
i magazynowanie
mieszanek

Zaopatrywanie
wylączarek

Sterowanie
elektroprocesorowe



Chłodzenie form wtryskowych – jak ochłodzić formy wtryskowe?

CZYM JEST CHŁODZENIE FORM WTRYSKOWYCH?

Chłodzenie form wtryskowych to kluczowy element procesu wtrysku tworzyw sztucznych, mający na celu regulację temperatury formy podczas wtryskiwania i po wtryskiwaniu stopionego materiału. Optymalna temperatura jest niezbędna do uzyskania wysokiej jakości wyrobów, ponieważ wpływa na szybkość krzepnięcia i ostateczne właściwości fizyczne produktu.

Proces chłodzenia rozpoczyna się natychmiast po wtrysku rozgrzanego polimeru do wnętrza formy. Aby przyspieszyć jego utwardzanie i umożliwić szybkie wyjęcie, formy są wyposażone w systemy chłodzące, najczęściej składające się z serii kanałów, przez które przepływa chłodziwo (np. woda lub olej).

Kanały mogą być rozmieszczone na wiele sposobów. Zależy to od kształtu i rozmiaru formy, a także od wymagań termicznych.

DLACZEGO CHŁODZENIE FORM WTRYSKOWYCH JEST WAŻNE?

Chłodzenie form wtryskowych jest ważne, ponieważ bezpośrednio wpływa na jakość, wydajność i ekonomiczność procesu wtryskiwania. Wynika to z kilku powodów.

Po pierwsze, **odpowiednia temperatura formy zapewnia szybsze twardnienie materiału, co skraca cykl produkcyjny**. Krótszy cykl pozwala natomiast na zwiększenie wydajności i obniżenie kosztów operacyjnych wtryskiwania. Jest to kluczowe w warunkach przemysłowych, gdzie każda sekunda przestoju generuje dodatkowe koszty.

Po drugie, **równomierne chłodzenie materiału wpływa na jakość końcowego produktu**. Nierówne odprowadzanie ciepła może prowadzić do wewnętrznych naprężeń, deformacji, a nawet pęknięć, co z kolei zwiększa ilość odrzutów i obniża standardy jakościowe. Natomiast dobre chłodzenie skutkuje jednolitymi właściwościami fizycznymi produktu, takimi jak wytrzymałość, elastyczność oraz estetyka.

Po trzecie, **skuteczne chłodzenie ma wpływ na trwałość samej formy**. Redukuje bowiem ryzyko jej uszkodzenia z powodu nadmiernego nagrzewania się, które może skutkować koniecznością wymiany lub przeprowadzenia drogich napraw. Optymalna temperatura pracy zwiększa żywotność formy i zapewnia lepsze wyniki produkcyjne.

Po czwarte, **zaawansowane systemy chłodzenia zapewniają większą elastyczność w projektowaniu produktów**. Inżynierowie mogą eksperymentować z bardziej złożonymi kształtami i cieńszymi ściankami, co otwiera drogę do innowacji i rozwoju nowych, lepszych wyrobów.

Ponadto **procesy wspierane przez precyzyjne sterowanie temperaturą są bardziej zrównoważone i ekologiczne**, co ma coraz większe znaczenie w odpowiedzialnym przemyśle produkcyjnym.

CZYM JEST BILANS CIEPLNY FORMY WTRYSKOWEJ?

Bilans cieplny formy wtryskowej odnosi się do zarządzania ilością ciepła wprowadzanego i usuwanego z formy podczas cyklu produkcyjnego. Aby osiągnąć wysoką jakość i wydajność, niezbędne jest precyzyjne zrównoważenie obu procesów.

Ciepło jest wprowadzane do formy poprzez stopiony polimer, który podczas wtrysku wypełnia jej gniazdo. Jednak ciepło to musi być jednocześnie efektywnie (i w odpowiednim tempie) usuwane, aby umożliwić szybkie i równomierne stygnięcie oraz krzepnięcie tworzywa. W tym celu projektuje się system chłodzenia formy.

Równoważenie bilansu cieplnego wymaga uwzględnienia wielu czynników, w tym właściwości termicznych użytego tworzywa, geometrii formy, prędkości wtrysku i temperatury chłodziwa. Od skuteczności na tym polu zależy wydajność całego cyklu produkcyjnego. Zbyt wolne odprowadzanie ciepła wydłuża cykl i zwiększa koszty produkcji, podczas gdy zbyt szybkie może prowadzić do wad materiałowych, takich jak naprężenia wewnętrzne czy skurcz.

JAKA POWINNA BYĆ TEMPERATURA FORMY WTRYSKOWEJ?

Temperatura formy wtryskowej powinna być dostosowana do rodzaju i właściwości termicznych używanego tworzywa sztucznego, a także do specyfikacji produktu końcowego.

Dla tworzyw termoplastycznych, takich jak polipropylen (PP) czy polietylen (PE), temperatura formy zazwyczaj waha się w zakresie od 30°C do 90°C. Z kolei tworzywa inżynierskie, takie jak nylon czy poliwęglany, wymagają wyższych temperatur formy, często sięgających od 80°C do 140°C, co jest niezbędne do uniknięcia wad materiałowych, takich jak nierównomierne kurczenie czy naprężenia wewnętrzne.

Ustalenie odpowiedniej temperatury formy to proces, który wymaga uwzględnienia wielu czynników, takich jak:

- **Charakterystyka tworzywa** - różne materiały mają inne temperatury przetwarzania i krzepnięcia.
- **Geometria produktu** - złożoność kształtu i grubość ścianek produktu także wpływają na wymagania cieplne.
- **Cykl produkcyjny** - krótszy cykl wymaga szybszego chłodzenia, ale należy wziąć pod uwagę, że zbyt niska temperatura może prowadzić do wad produkcyjnych.
- **Jakość wykończenia powierzchni** - w celu uzyskania gładkiej powierzchni bez śladów łączeń czy zarysowań mogą być potrzebne wyższe temperatury.

Inżynierowie stosują symulacje komputerowe i empiryczne testy do optymalizacji temperatury form, aby maksymalizować jakość i wydajność, jednocześnie minimalizując ryzyko defektów i maksymalizując trwałość formy.

Jednak zarządzanie temperaturą to nie tylko kwestia ustaleń technicznych, ale też kosztów i efektywności produkcji, co ma bezpośredni wpływ na konkurencyjność wyrobów na rynku.

JAK DZIAŁA UKŁAD CHŁODZENIA FORMY WTRYSKOWEJ?

Układ chłodzenia formy wtryskowej działa na bazie precyzyjnie zaprojektowanego systemu kanałów chłodzących, przez które przepływa chłodziwo (najczęściej woda lub specjalny płyn chłodzący).

Zasada działania układu chłodzenia jest stosunkowo prosta, lecz kluczowa dla całego procesu produkcyjnego:

- **Wprowadzenie ciepła** - podczas wtrysku gorące tworzywo wprowadza do formy dużą ilość ciepła, które musi być skutecznie usunięte, aby materiał mógł stwardnieć.
- **Przepływ medium chłodzącego** - medium chłodzące przepływa przez kanały wykonane w formie, które są strategicznie rozmieszczone, aby zapewnić równomierne chłodzenie całej powierzchni formy. Jest to kluczowe dla zapobiegania deformacjom i innym wadom wyrobu. Zaleca się, aby średnice kanałów nie były mniejsze niż 6 mm, ponieważ przy mniejszych wartościach następuje tłumienie przepływu medium chłodzącego, co utrudnia chłodzenie formy. Z kolei górna granica średnicy kanału wynosi ok. 20 mm. Powyżej tej wartości intensywność chłodzenia nie wzrasta, a zwiększa się tylko wydatek chłodziwa, co jest zjawiskiem niepożądanym.
- **Odbiór ciepła** - medium chłodzące absorbuje ciepło z formy, a następnie odprowadza je na zewnątrz układu. Efektywność tego procesu zależy od wielu czynników, w tym od rodzaju i temperatury medium chłodzącego oraz od konstrukcji i materiału formy.
- **Regulacja temperatury** - nowoczesne układy chłodzenia są wyposażone w zaawansowane regulatory temperatury, które pozwalają na dynamiczne dostosowywanie parametrów chłodzenia w odpowiedzi na zmieniające się warunki.

Przy projektowaniu układu chłodzenia należy mieć również na uwadze długość drogi przepływu medium chłodzącego przez formę wtryskową. Całkowita długość kanałów powinna być możliwie jak najkrótsza, aby zapewnić minimalną różnicę temperatury chłodziwa na wejściu i wyjściu, nie większą niż 2-3°C. Wynika to z faktu, że niewielka różnica równomiernie odbiera ciepło z wypraski we wszystkich strefach gniazda formującego.

JAKIE ELEMENTY WTRYSKARKI WYMAGAJĄ CHŁODZENIA?

Elementami wtryskarki, które wymagają chłodzenia są forma wtryskowa oraz system hydrauliczny.

- **Forma wtryskowa** - Jest to najbardziej oczywisty i kluczowy element wymagający chłodzenia. Systemy chłodzące w formie wtryskowej są zaprojektowane do szybkiego odprowadzania ciepła, które jest do niej wprowadzane przez stopione tworzywo. Zapewnia to odpowiedni czas stygnięcia i krzepnięcia materiału, co jest niezbędne do uzyskania pożądanej jakości i wymiarów produktu.
- **System hydrauliczny** - Wiele wtryskarek wykorzystuje hydraulikę do napędzania ruchów maszyny, w tym zamknięcia formy czy wtrysku. Olej hydrauliczny używany w tych systemach generuje ciepło podczas pracy, które musi być kontrolowane przez dedykowane chłodnice oleju, aby zapobiec przegrzewaniu się i awariom.

JAKIE SĄ TECHNIKI CHŁODZENIA FORM WTRYSKOWYCH?

Główne techniki chłodzenia form wtryskowych to:

- konwencjonalny układ chłodzący,
- chłodzenie konformalne,
- chłodzenie konturowe,
- technologia BFMOLD.

Poniżej opisujemy każdą z nich.

KONWENCJONALNY UKŁAD CHŁODZĄCY FORM WTRYSKOWYCH

Konwencjonalny układ chłodzenia form wtryskowych to standardowe rozwiązanie, które jest wykorzystywane ze względu na prostotę wykonania oraz stosunkowo niskie koszty. Głównym elementem tego typu systemów są otwory wiercone w elementach formy, przez które przepływa medium chłodzące.

Otwory te są rozmieszczone w jednym kierunku, a ich połączenie odbywa się za pomocą otworów poprzecznych lub przez zastosowanie elastycznych węży na zewnątrz formy, co umożliwia skuteczne przesyłanie cieczy chłodzącej.

Ze względu na konieczność kontroli przepływu medium w każdej strefie chłodzenia, część kanałów chłodzących jest zamykana specjalnymi korkami, zazwyczaj wykonanymi z miedzi lub jej stopów. Pozwalają one na izolowanie poszczególnych sekcji układu chłodzenia.

Jedną z głównych wad tego rozwiązania jest ryzyko przecieków, które mogą zakłócać efektywność chłodzenia.

Poza tym utrzymanie odpowiedniej temperatury staje się wyzwaniem w przypadku form z ruchomymi rdzeniami czy długimi częściami stemplowymi, gdzie trudno jest zapewnić skuteczny przepływ medium chłodzącego. Dlatego w takich sytuacjach stosuje się specjalne konstrukcje chłodzenia stempli (np. przegrody proste lub spiralne), które kierują przepływ chłodziwa, minimalizując różnicę temperatury między stroną wlotu i wylotu.

W elementach długich, takich jak stemple, używane są także dysze chłodzące, które mogą być rozmieszczone szeregowo lub równolegle. Oferują one szereg korzyści, w tym łatwość instalacji, możliwość pracy w dowolnej orientacji oraz niski spadek ciśnienia, co jest szczególnie ważne przy projektowaniu efektywnych systemów chłodzenia.

CHŁODZENIE KONFORMALNE FORM WTRYSKOWYCH

Chłodzenie konformalne to nowoczesna technologia, która wykorzystuje zaawansowane metody przyrostowe, takie jak laserowe przetapianie proszków metali (*Direct Metal Laser Sintering* - DMLS, lub *Selective Laser Melting* - SLM). Dzięki temu możliwe jest tworzenie kanałów chłodzących, które idealnie dopasowują się do kształtu i złożoności wyprasek.

W chłodzeniu konformalnym kanały chłodzące prowadzone są blisko powierzchni formujących, dzięki czemu bardzo efektywnie odbierają ciepło z wypraski.

Kanały mogą mieć dowolne, często skomplikowane przekroje poprzeczne, czego nie da się osiągnąć przy zastosowaniu tradycyjnych metod wiercenia. Takie rozwiązanie pozwala na utrzymanie równej odległości między kanałem a powierzchnią formującą, co przekłada się na równomierne

rozłożenie temperatury na całej powierzchni formy. Oznacza to eliminację problemu nierównego chłodzenia, który jest typowy dla tradycyjnych układów, gdzie odległość kanałów chłodzących od powierzchni formującej bywa zmienna.

Dzięki zastosowaniu chłodzenia konformalnego, możliwe jest osiągnięcie wyższej precyzji kontroli temperatury, co jest szczególnie ważne w produkcji skomplikowanych komponentów wymagających szczególnej dbałości o detale i redukcji ryzyka deformacji.

Technologia chłodzenia konformalnego umożliwia nie tylko skrócenie cyklu wtrysku, ale także intensyfikację chłodzenia dzięki selektywnemu odbiorowi ciepła z poszczególnych obszarów wypraski. Pozwala to na tworzenie gradientu struktury w materiałach, otwierając nowe możliwości w projektowaniu właściwości fizycznych produktów.

Chłodzenie konformalne jest także wykorzystywane do chłodzenia specyficznych elementów, takich jak stemple, trzpienie czy rdzenie za pomocą jednego lub kilku specjalnie zaprojektowanych kanałów, co zwiększa efektywność i precyzję procesu produkcyjnego.

CHŁODZENIE KONTUROWE FORM WTRYSKOWYCH

Chłodzenie konturowe form wtryskowych polega na wykonaniu frezowanych kanałów chłodzących bezpośrednio w rdzeniu stempla. Później na taki rdzeń nakładana jest oprawka, która zapewnia odpowiednie uszczelnienie i utrzymuje medium chłodzące w określonej trajektorii.

Kanały chłodzące są prowadzone blisko powierzchni formującej, więc lepiej odwzorowują kształt wypraski i wydajniej odbierają ciepło z przetwarzanego tworzywa. Skutkuje to bardziej intensywnym i równomiernym rozkładem temperatury, co jest kluczowe dla osiągnięcia wysokiej jakości finalnego produktu.

Główną zaletą tego rodzaju chłodzenia jest intensywny odbiór ciepła, co przekłada się na szybsze stygnięcie materiału i krótsze cykle produkcyjne. Duża objętość przepływu medium chłodzącego i związane z nią efektywne odprowadzanie wysokiej temperatury jest szczególnie ważne przy produkcji gabarytowych lub złożonych elementów.

Wadą chłodzenia konturowego jest natomiast konieczność zapewnienia szczelności połączenia między rdzeniem stempla a oprawką. Brak hermetyczności może prowadzić do przecieków medium chłodzącego, co obniża efektywność chłodzenia i jakość wypraski.

Metoda ta ma również ograniczone zastosowanie przy chłodzeniu płyt stemplowych o małej grubości, ponieważ frezowanie kanałów może osłabić ich strukturę i wytrzymałość.

TECHNOLOGIA BFMOLD

Technologia BFMOLD® to innowacyjna technologia, która charakteryzuje się zastosowaniem dwóch niezależnych obiegów cieczy, które służą do dynamicznego zarządzania temperaturą

Główny obieg odpowiada za podstawową regulację temperatury formy. Z kolei obieg drugi, zlokalizowany w okolicach gniazda formującego, służy do szybkiego podnoszenia temperatury w momencie potrzeby. Kluczowym elementem

tej technologii jest kieszeń wewnątrz wkładu formującego, którą wypełniają kulki. Zapewniają one nie tylko odpowiednią sztywność konstrukcji, ale również sprzyjają równomiernemu rozkładowi temperatury na powierzchni formującej.

W momencie aktywacji, obieg wody przepływa przez wnękę z kulkami, co umożliwia efektywną i szybką zmianę temperatury powierzchni formującej. Pozwala to na dynamiczną adaptację do dynamicznych warunków procesu wtrysku, co jest kluczowe dla zachowania optymalnych parametrów produkcji. Technologia BFMOLD® została opatentowana przez brytyjski koncern Wittmann Group, która znacząco usprawnia proces regulacji temperatury w formach wtryskowych. Korzyści z zastosowania technologii BFMOLD® są następujące:

- **Zwiększenie wydajności produkcji** - skrócenie czasu cyklu jest możliwe dzięki szybszej regulacji temperatury, co bezpośrednio przekłada się na większą ilość wyprodukowanych przedmiotów w jednostce czasu.
- **Dynamiczna regulacja temperatury** - zwiększenie powierzchni czynnej wymiany cieplnej umożliwia bardziej efektywne i precyzyjne sterowanie temperaturą, co jest istotne w produkcji elementów o złożonych geometriach.
- **Minimalizacja zniekształceń wyprasek** - równomierny rozkład temperatury minimalizuje ryzyko zniekształceń i innych wad, poprawiając ogólną jakość produktów.
- **Unikanie wad wyprasek** - technologia ta eliminuje typowe problemy, takie jak widoczne punkty wtrysku czy linie łączenia, co jest szczególnie ważne dla estetyki wyrobów.

CO MA WPLYW NA EFEKTYWNOŚĆ CHŁODZENIA FORM WTRYSKOWYCH?

Na efektywność chłodzenia form wtryskowych wpływa przede wszystkim ułożenie kanałów chłodzących i projekt obwodu.

Rozmieszczenie kanałów chłodzących w formie ma decydujący wpływ na jednorodność temperatury jej powierzchni. Istotnymi parametrami są tutaj głębokość i rozstaw kanałów. Na przykład w stalowych formach P20 ze średnicą linii wodnej 11,1 mm (D) i temperaturą chłodziwa 30°C, różne konfiguracje mogą znacznie wpływać na efektywność chłodzenia.

Wyłtuaczymy to sobie na kilku scenariuszach:

- **Głębokość 1.0D i rozstaw 2.5D** - powierzchnia formy pozostaje stosunkowo jednorodna z różnicą temperatur w okolicach 1°C. Natomiast średnia temperatura jest o około 10°C wyższa, niż temperatura chłodziwa.
- **Głębokość 1.0D i rozstaw 10D** - różnica temperatur na powierzchni formy wzrasta do 25°C, a średnia temperatura osiąga 56°C. Pokazuje to, że kanały rozmieszczone dalej od siebie chłodzą mniej efektywnie.
- **Głębokość 5D i rozstaw 10D** - temperatura powierzchni formy pozostaje jednorodna w granicach 2°C, ale średnia temperatura jest o 46°C wyższa, niż temperatura chłodziwa. Skuteczne ułożenie kanałów chłodzących powinno zapewnić jednorodną temperaturę powierzchni formy, która nie jest znacznie wyższa, niż temperatura chłodziwa.

Projekt obwodu – projektanci form mają do wyboru dwa główne typy obwodów chłodzenia: równoległe i szeregowe.

- **Obwody równoległe** - kanały chłodzące są wiercone prosto przez formę od kolektora doprowadzającego do zbierającego. Zróżnicowanie oporów przepływu w poszczególnych kanałach prowadzi do różnic w efektywności transferu ciepła, co może generować "gorące punkty" i powodować nierównomierne chłodzenie.
- **Obwody szeregowe** - kanały chłodzące połączone są w jedną pętlę, od wlotu do wylotu chłodziwa. Jest to rozwiązanie częściej stosowane, ponieważ umożliwia utrzymanie jednolitego przepływu przez całą długość kanału, co jest preferowane dla osiągnięcia optymalnej efektywności chłodzenia.

Odpowiedni projekt układu chłodzenia form wtryskowych jest kluczowy dla minimalizacji zniekształceń i maksymalizacji wydajności cyklu produkcyjnego.

JAKIE NARZĘDZIA SĄ POTRZEBNE DO CHŁODZENIA FORM WTRYSKOWYCH?

Do chłodzenia form wtryskowych potrzebne są liczne narzędzia, takie jak:

- **Węże do układów chłodzenia** - niezbędne do przesyłania medium chłodzącego do i z formy. Muszą być wykonane z materiałów odpornych na wysokie ciśnienia i temperatury, jak również na ewentualne agresywne składniki chłodziwa. Węże do form wtryskowych zwykle są elastyczne, co pozwala na łatwe układanie ich w przestrzeniach maszynowych i dopasowanie do różnorodnych konfiguracji form.
- **Szybkozłącza do form wtryskowych** - umożliwiają szybkie podłączanie i odłączanie linii chłodzących bez konieczności używania narzędzi. Szybkozłącza do form zapewniają również szczelność połączeń, co jest istotne dla likwidacji przecieków i utrzymania ciśnienia w systemie. Dzięki różnym rozmiarom i typom komponenty te można łatwo dopasować do specyficznych wymagań form i instalacji.
- **Manometry i regulatory przepływu** - urządzenia służące do monitorowania i regulacji ciśnienia oraz przepływu medium chłodzącego. Manometry pozwalają na bieżące

śledzenie ciśnienia w systemie, co jest ważne dla zapobiegania przeciążeniom i uszkodzeniom. Z kolei regulatory przepływu umożliwiają precyzyjne dostosowanie ilości chłodziwa przepływającego przez formę, co ma bezpośredni wpływ na skuteczność chłodzenia.

- **Pompy i kolektory** - odpowiadają za ciągłe i równomierne dostarczanie medium chłodzącego do systemu. Pompy muszą być dostosowane do wymagań systemu pod kątem wydajności i odporności na temperaturę oraz ciśnienie. Z kolei kolektory rozdzielają przepływ chłodziwa na poszczególne kanały chłodzące w formie.
- **Systemy filtracji** - filtrują chłodziwo, usuwając z niego zanieczyszczenia, co jest kluczowe dla utrzymania sprawności hydraulicznej systemu i ochrony komponentów przed zatarciami i uszkodzeniami.
- **Oprogramowanie do zarządzania temperaturą** - nowoczesne systemy chłodzenia mogą być wyposażone w oprogramowanie do monitorowania i automatycznego regulowania temperatury w formach, co zwiększa precyzję i redukuje ryzyko błędów produkcyjnych.

CZY CHILLERY MOGĄ CHŁODZIĆ FORMY WTRYSKOWE?

Tak, chillery mogą chłodzić formy wtryskowe. Chillery to urządzenia, które obniżają temperaturę cieczy chłodzącej i utrzymują ją na stałym, niskim poziomie, co jest kluczowe dla efektywnego odprowadzania ciepła.

Dzięki wykorzystaniu chillerów możliwe jest precyzyjne kontrolowanie temperatury formy, co ma bezpośredni wpływ na jakość wyprasek. Równomierne i efektywne chłodzenie zapobiega deformacjom, zmniejsza naprężenia wewnętrzne w produkcie końcowym i skraca czas cyklu produkcyjnego przez szybsze twardnienie materiału.

Chillery są szczególnie przydatne w produkcji wielkoserijnej, gdzie stabilność procesu chłodzenia wpływa na powtarzalność i jakość wyrobów.

Stosowanie chillerów pozwala także na znaczną oszczędność wody, ponieważ pracują one w obiegu zamkniętym, co

REKLAMA

Było EVOLution teraz jest Advanced Generation

Dział badawczo-rozwojowy **Eurochillera** aktywnie pracuje nad projektami mającymi na celu zapewnienie zgodności z europejskimi przepisami dotyczącymi gazów fluorowanych. Chillery z typoszeregu EVVS, już są dostępne na rynku. Zostały zaprojektowane z myślą o efektywności energetycznej, niezawodności i zrównoważeniu środowiskowym, przy użyciu gazu R454B. Obecnie Eurochiller oferuje też agregat chłodniczy z **typoszeregu GC** o mocy do 110 kW, wykorzystujący gaz R32, charakteryzujący się niskim wskaźnikiem GWP.

Główne innowacje to:

- poszanowanie środowiska: dzięki zastosowaniu gazu R32;
- precyzja: Eurochiller oferuje niezwykle precyzyjną regulację temperatury;
- niezawodność: zaprojektowany i przetestowany - zapewnia stałą i długotrwałą wydajność.

Eurochiller jest przekonany, że te innowacje będą stanowić znaczący krok dla dalszego rozwoju sektora przemysłowego chłodzenia

www.bp-chillers.pl



Przedstawiciel w Polsce:



51-416 Wrocław

ul. Kościelna 21-23

tel. +48697 355545

e-mail: bpretor@gmail.com

www.bp-chillers.pl

redukuje całkowite zużycie cieczy chłodzącej. Jest to zarówno ekonomicznie korzystne, jak i bardziej zrównoważone ekologicznie w porównaniu z tradycyjnymi systemami chłodzenia, które wymagają ciągłego dopływu świeżej wody.

JAKIE CZYNNIKI CHŁODNICZE SĄ UŻYWANE DO CHŁODZENIA FORM WTRYSKOWYCH?

Do chłodzenia form wtryskowych używane są różne czynniki chłodnicze takie jak woda, oleje czy glikole. Można je podzielić na kilka głównych kategorii:

- **Woda** - najczęściej stosowane chłodziwo ze względu na jego dostępność, niski koszt i dobre właściwości termiczne. Woda jest efektywna w przenoszeniu ciepła, ale jej użycie może wymagać odpowiedniego systemu filtracji i oczyszczania, aby zapobiegać osadzaniu się kamienia i korozji w kanałach chłodzących. Specjalne węże do gorącej wody są wymagane do transportu wody w formach wtryskowych.
- **Oleje** - używane głównie w bardzo wysokich temperaturach pracy, które mogłyby być szkodliwe dla systemów opartych na wodzie. Oleje mają wyższą pojemność cieplną, co sprawia, że są skuteczne w utrzymaniu stabilnych temperatur. Ich użycie jest jednak droższe i wymaga specjalnych systemów utrzymania czystości oraz recyklingu.
- **Glikole (np. etylenoglikol, propylenoglikol)** - dodaje się je do wody w celu obniżenia jej punktu zamarzania i zapobiegania korozji w systemie chłodzącym.
- **Ciecze chłodzące specjalistyczne** - mogą zapewniać lepsze parametry chłodzenia w specyficznych warunkach, np. w bardzo wysokich temperaturach lub przy specjalnych wymaganiach dotyczących przewodności cieplnej.

Wybór odpowiedniego czynnika chłodniczego zależy od wielu czynników, w tym od wymagań procesu produkcyjnego, rodzaju materiału przetwarzanego w formie, oraz od aspektów ekonomicznych i środowiskowych związanych z eksploatacją systemu chłodzenia.

JAK OBLICZANY JEST CZAS POTRZEBNY NA CHŁODZENIE FORM WTRYSKOWYCH?

Czas potrzebny na chłodzenie form wtryskowych jest obliczany na podstawie wielu czynników związanych z właściwościami materiału, geometrią wyrobu oraz specyfikacją formy i systemu chłodzenia. Oto główne kwestie uwzględniane przy obliczaniu czasu chłodzenia:

- **Analiza termiczna formy** - za pomocą modelowania komputerowego ocenia się, jak ciepło jest przekazywane i usuwane z formy. Symulacje CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pozwalają zobaczyć, jak temperatura rozchodzi się w formie i jak szybko jest usuwana przez system chłodzenia.
- **Właściwości materiału** - każde tworzywo sztuczne ma specyficzne właściwości termiczne, takie jak przewodność cieplna, ciepło właściwe i temperatura przetwarzania, które muszą być uwzględnione. Materiały o wyższej przewodności cieplnej mogą szybciej oddawać ciepło, co skraca czas chłodzenia.
- **Geometria wypraski** - grubość i złożoność kształtu wypraski mają znaczący wpływ na czas chłodzenia. Grubsze sekcje będą chłodziły się dłużej ze względu na większą

masę materiału i mniejszą powierzchnię kontaktu z kanałami chłodzącymi.

- **Temperatura formy i wtrysku** - optymalna temperatura formy oraz temperatura, z jaką materiał jest wtryskiwany do formy, określają ilość ciepła, które musi być usunięte w procesie chłodzenia. Im wyższa temperatura początkowa, tym dłuższy czas chłodzenia.
- **Temperatura wyformowania wypraski** - jest to docelowa temperatura, przy której wypraska może być bezpiecznie wyjęta z formy bez ryzyka deformacji. Jest ona ściśle powiązana z właściwościami termicznymi użytego tworzywa.
- **Parametry chłodzenia** - obejmują temperaturę i przepływ medium chłodzącego, a także rozmieszczenie i efektywność kanałów chłodzących. Lepsza cyrkulacja i niższa temperatura medium chłodzącego mogą znacznie skrócić czas chłodzenia.

JAK SKRÓCIĆ CZAS CHŁODZENIA FORM WTRYSKOWYCH?

Czas chłodzenia form wtryskowych można skrócić za pomocą kilku sprawdzonych metod, takich jak:

- **Optymalizacja układu kanałów chłodzących** - projekt kanałów chłodzących powinien być jak najbardziej efektywny, z kanałami rozmieszczonymi równomiernie i jak najbliżej najgrubszych części wypraski. Użycie symulacji przepływu ciepła (CFD) pomoże zoptymalizować rozmieszczenie kanałów i ich efektywność.
- **Zwiększenie przepływu medium chłodzącego** - użycie pomp o większej mocy i lepszej efektywności może zwiększyć przepływ chłodziwa przez kanały, co skutkuje szybszym odprowadzaniem ciepła z formy.
- **Zastosowanie zaawansowanych materiałów do form** - materiały o lepszej przewodności cieplnej, takie jak miedź lub aluminium, mogą skutecznie przyspieszyć odprowadzanie ciepła z formy, skracając czas chłodzenia.
- **Regulacja temperatury medium chłodzącego** - obniżenie temperatury chłodziwa może znacząco wpłynąć na czas chłodzenia. Jednak należy to robić rozważnie, aby uniknąć kondensacji lub zbyt gwałtownego chłodzenia, które mogłoby prowadzić do wad materiałowych.
- **Optymalizacja cyklu wtrysku** - dostosowanie parametrów wtrysku, takich jak ciśnienie, prędkość i czas wtrysku, również wpływa na szybkość chłodzenia, gdyż odpowiednie ustawienia mogą zredukować ilość ciepła generowanego w procesie.
- **Zastosowanie izolacji termicznej** - izolowanie formy od zewnętrznych źródeł ciepła oraz izolowanie samej formy może zmniejszyć straty ciepła i skupić proces chłodzenia tam, gdzie jest najbardziej potrzebny.

Implementacja powyższych metod często wymaga początkowych inwestycji w nowe technologie, materiały czy oprogramowanie, ale zwykle przynosi znaczące korzyści w postaci krótszych cykli produkcyjnych i niższych kosztów operacyjnych.

<https://inpart24.com/pl/category/28/weze-przemyslowe/weze-do-form-wtryskowych>

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

Firma działa kompleksowo na terenie całej Polski.

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

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

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

Ich zadowolenie to dla nas najlepsza rekomendacja.

W przypadku awarii natychmiast ruszamy z pomocą.

Jeśli urządzenie się zepsuje dostarczymy inne.

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

Wynajmij chiller

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

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

Decydując się na wynajem agregatu, otrzymujesz:

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

Kup chiller używany

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

W ofercie chillerów używanych znajdziesz:

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



RAS Sp. z o.o.

ul. Honoraty 48/15

43-100 Tychy

tel. 607 276 732

info@rasagregaty.pl

www.rasagregaty.pl



Coraz więcej propanowej mocy w COOL-u

W ostatnim roku PPH COOL odnotował kolejny wzrost w produkcji i sprzedaży chillerów wykorzystujących ekologiczny czynnik chłodniczy R290, co jest oczywistym dowodem na rosnące zapotrzebowanie rynku na urządzenia energooszczędne ale także przyjazne środowisku.

Niejednokrotnie już pisaliśmy, że propan zyskuje na popularności ze względu na swoje korzystne właściwości termodynamiczne oraz niski współczynnik globalnego ocieplenia (GWP), a także dlatego, że zastosowanie tego gazu w chłodnictwie coraz rzadziej stanowi zaskoczenie połączone z niepokojem u inwestorów. Przez ostatnie lata wiedza na temat palnych czynników chłodniczych upowszechniła się, a stereotypy dotyczące bezpieczeństwa ich używania zanikają. W świetle nowych uwarunkowań rynkowych dotyczących wymogów ochrony klimatu chiller propanowy staje się idealnym wyborem dla nowoczesnych systemów chłodniczych.

W roku 2024 weszło w życie znowelizowane rozporządzenie f-gazowe (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/573), które zastrzega limity stosowania f-gazów oraz wyodrębnia chillery jako osobną kategorię urządzeń podlegających analizie i definiowaniu wobec nich odrębnych rygorów. Nowe regulacje jeszcze bardziej przyczyniają się do wzrostu popularności czynników naturalnych, w tym R290, promując przejście na bardziej ekologiczne technologie w branży chłodniczej.

Dodatkowo, rozporządzenie przewiduje surowe zasady dotyczące kontroli urządzeń napełnionych f-gazami. Właściciele i operatorzy instalacji są zobowiązani do regularnych przeglądów technicznych oraz prowadzenia dokumentacji dotyczącej używania czynników chłodniczych. W przypadku wykrycia nieprawidłowości, w tym nieautoryzowanego wycieku f-gazów, nałożone mogą zostać dotkliwe kary finansowe. Ma to na celu zmniejszenie emisji substancji szkodliwych dla środowiska oraz zachęcenie do stosowania alternatywnych, ekologicznych rozwiązań.

Jednym z kluczowych atutów chillerów z R290 jest fakt, że nie podlegają one surowym kontrolom wynikającym z przepisów f-gazowych. Urządzenia te nie wymagają kosztownych inspekcji oraz obowiązkowego monitorowania poziomu czynnika chłodniczego, kontroli szczelności itp., co znacznie redukuje koszty eksploatacyjne dla użytkowników. Wybór technologii opartych na propanie pozwala firmom uniknąć dodatkowych wydatków związanych z przepisami f-gazowymi, a także minimalizuje ryzyko kar finansowych związanych z ich naruszeniem.

PPH COOL jest w stanie wyprodukować chillery propanowe o wydajności chłodniczej od 10 kW do 750 kW, co pozwala na dostosowanie rozwiązań do różnorodnych potrzeb rynkowych – od mniejszych instalacji po duże systemy przemysłowe i to w szerokim zakresie temperatur.

Wartości katalogowego tonażu chłodniczego chillerów z R290 wyprodukowanych przez PPH COOL w ostatnich latach obrazują rosnące zainteresowanie tymi urządzeniami:

- 2021 rok – 5700 kW
- 2022 rok – 8800 kW
- 2023 rok – 9100 kW
- 2024 rok – 10700 kW

Te liczby jednoznacznie wskazują na silny trend wzrostowy, potwierdzając rosnące zapotrzebowanie na ekologiczne i energooszczędne systemy chłodnicze.

Przyszłość chillerów propanowych zapowiada się niezwykle obiecująco. Technologia ta, napędzana rosnącym naciskiem na zrównoważony rozwój, stanie się kluczowym filarem w transformacji sektora chłodniczego. PPH COOL planuje nie tylko dalsze poszerzenie oferty produktowej, ale także wdrażanie innowacyjnych rozwiązań, takich jak zaawansowane systemy sterowania, optymalizacja zużycia energii oraz rozszerzenie funkcjonalności chillerów, aby jeszcze lepiej sprostać wymaganiom nowoczesnego rynku.

Dzięki konsekwentnemu stawianiu na jakość oraz nieustannemu doskonaleniu się personelu w inżynierii czynników naturalnych (propan, ale również dwutlenek węgla), PPH COOL nie tylko umacnia swoją pozycję lidera w branży, ale także wyznacza nowe standardy w dziedzinie ekologicznych technologii chłodniczych. Z roku na rok chillery propanowe będą coraz bardziej dominować rynek, oferując klientom niezawodne, wydajne i w pełni zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju rozwiązania.

Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe COOL

tel. +48 22 772 28 04

05-123 Chotomów, Lipowa 10



Chłodzenie

w zgodzie z naturą

Cool®

Istniejemy od 1981 roku



Mamy już 13 lat doświadczenia

w produkcji agregatów wody lodowej
z propanowym czynnikiem chłodniczym.
Chłodzimy ekologicznie!

cool.pl



Chen Hsong i BYD odnawiają strategiczne partnerstwo

Chen Hsong (czytaj Czensong), wiodący producent maszyn do formowania wtryskowego, z dumą ogłasza odnowienie strategicznego partnerstwa z BYD, czołowym producentem pojazdów elektrycznych. Nowa umowa, opiewająca na ponad 1 miliard RMB, stanowi kamień milowy tej współpracy, mającej na celu innowacje i doskonałość w branży motoryzacyjnej.

W ciągu ostatnich trzech lat Chen Hsong dostarczył do BYD sprzęt o wartości blisko 800 milionów RMB i umocnił swoją pozycję zaufanego dostawcy rozwiązań wtryskowych dla komponentów wnętrza i nadwozi samochodowych. Zaangażowanie koncernu Chen Hsong w precyzję i wydajność

umożliwiło BYD produkcję zaawansowanych części do pojazdów nowej generacji.

To partnerstwo nie tylko podkreśla wspólne dążenie do innowacji, ale także odzwierciedla wspólną wizję przyszłości zrównoważonej mobilności. Chen Hsong z BYD dążą do rewolucjonizacji produkcji komponentów motoryzacyjnych, przyspieszając rozwój lekkich pojazdów i promując ekologiczne rozwiązania transportowe.

Koncern jest przekonany, że współpraca z BYD będzie nadal przynosić korzyści obu stronom, przyczyniając się do postępu technologicznego i promowania zrównoważonego rozwoju w branży motoryzacyjnej.

www.wartacz.com.pl

Wtryskarki z koncernu Chen Hsong mają uznanie w przemyśle samochodowym

Chen Hsong i BYD zacieśniają współpracę, planując na 2025 rok i kolejne lata dalsze inwestycje w zaawansowane technologie produkcyjne. W ostatnich latach Chen Hsong dostarczył BYD 500 maszyn do formowania wtryskowego, wyposażając 10 fabryk producenta pojazdów elektrycznych. BYD planuje sprzedaż 5 milionów pojazdów w 2025 roku, co wskazuje na dalsze zapotrzebowanie na maszyny Chen Hsong. Obie firmy koncentrują się na innowacjach i zrównoważonym rozwoju, aby sprostać rosnącemu popytowi na pojazdy elektryczne.

Potencjał koncernu Chen Hsong budowany jest od 1958 r. i od wielu już lat stanowi solidny fundament w partnerstwie wielu firm produkcyjnych. Również w Polsce wtryskarki Chen Hsong pracują już od ponad 30 lat i zdobyły uznanie w licznych fabrykach produkcyjnych, natomiast auta BYD dopiero zaczynają zdobywać u nas swoich klientów. Ekspansję na rynkach UE koncernu Chen Hsong ułatwiają dwie firmy córki: Chen Hsong Germany GmbH oraz Chen Hsong Europe BV z Niderlandach, gdzie są do dyspozycji magazyny maszyn i części zamiennych, aby szybko reagować na potrzeby klientów.

Kolejna dobra wiadomość dotycząca obecnego na polskim rynku producenta wtryskarek. Chen Hsong Holdings



Limited, jeden z największych na świecie producentów wtryskarek, ogłosił, że pani Chiang Lai Yuen, prezes i dyrektor generalny grupy oraz dyrektor wykonawczy Chiang Chen Industrial Charity Foundation, zdobyła nagrodę „CAPITAL CEO X Entrepreneur of the Year 2024 – Entrepreneur of the Year”. Wyróżnienie to jest dowodem uznania wysiłków i osiągnięć pani L.Y.Chiang w dążeniu Chen Hsong do ciągłego wprowadzania innowacji w produktach, usługach i modelach biznesowych na przestrzeni lat.

www.wartacz.com.pl

Serie maszyn na każde potrzeby z Koncernu Chen Hsong

Wtryskarki, które za chwilę mogą wydajnie pracować w waszych firmach, oszczędzać energię i zwiększać zyski

Szybkie dostawy z magazynu w UE i z Chin



Seria FOCUS do 60 Ton



Seria Jetmaster MK6 od 88 do 668 Ton



Seria SPEED od 128 do 468 Ton



Seria Jetmaster Large od 800 do 1650 Ton



Seria SPEED PACK od 260 do 470 Ton



Seria Supermaster od 700 do 6500 Ton

**Zapraszamy
do kontaktu z nami**

**P&F WARTACZ PHU Paweł Wartacz,
dostawca maszyn od 1990 r.**

51-416 Wrocław, ul. Kościerzyńska 23

tel. 71 325 50 65

e-mail biuro@wartacz.com.pl

www.wartacz.com.pl

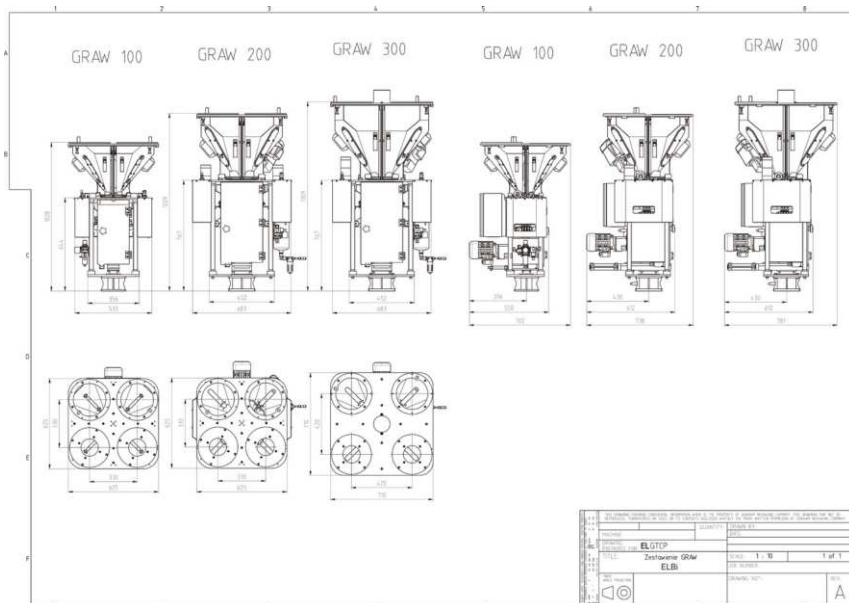


Dozowniki wagowe inne niż inne

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

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

Produkowane przez firmę ELBi Wrocław dozowniki wagowe serii GRAW z możliwością bezpośredniej pracy na maszynie, tworzą typoszereg urządzeń o wydajnościach od 100 do 400kg/h. Innowacyjną cechą tych dozowników jest separacja drgań mechanicznych uzyskana poprzez unikalną i opatentowaną konstrukcję mechaniczną. Oprogramowanie tych bardzo precyzyjnych wag bazuje na doświadczeniach wieloletniej współpracy z niemiecką firmą KOCH-TECHNIK. Sterownik



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

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

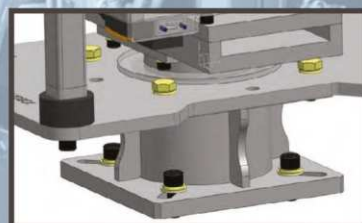
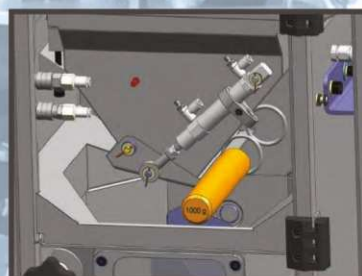
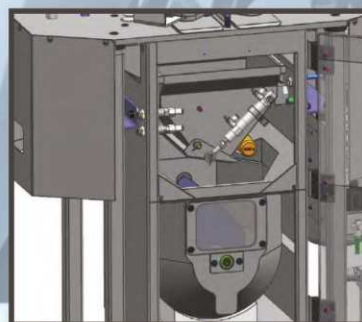
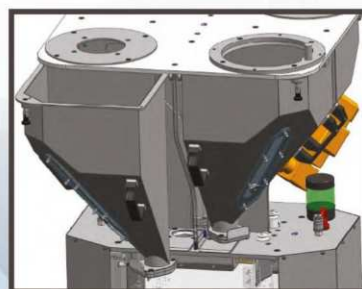
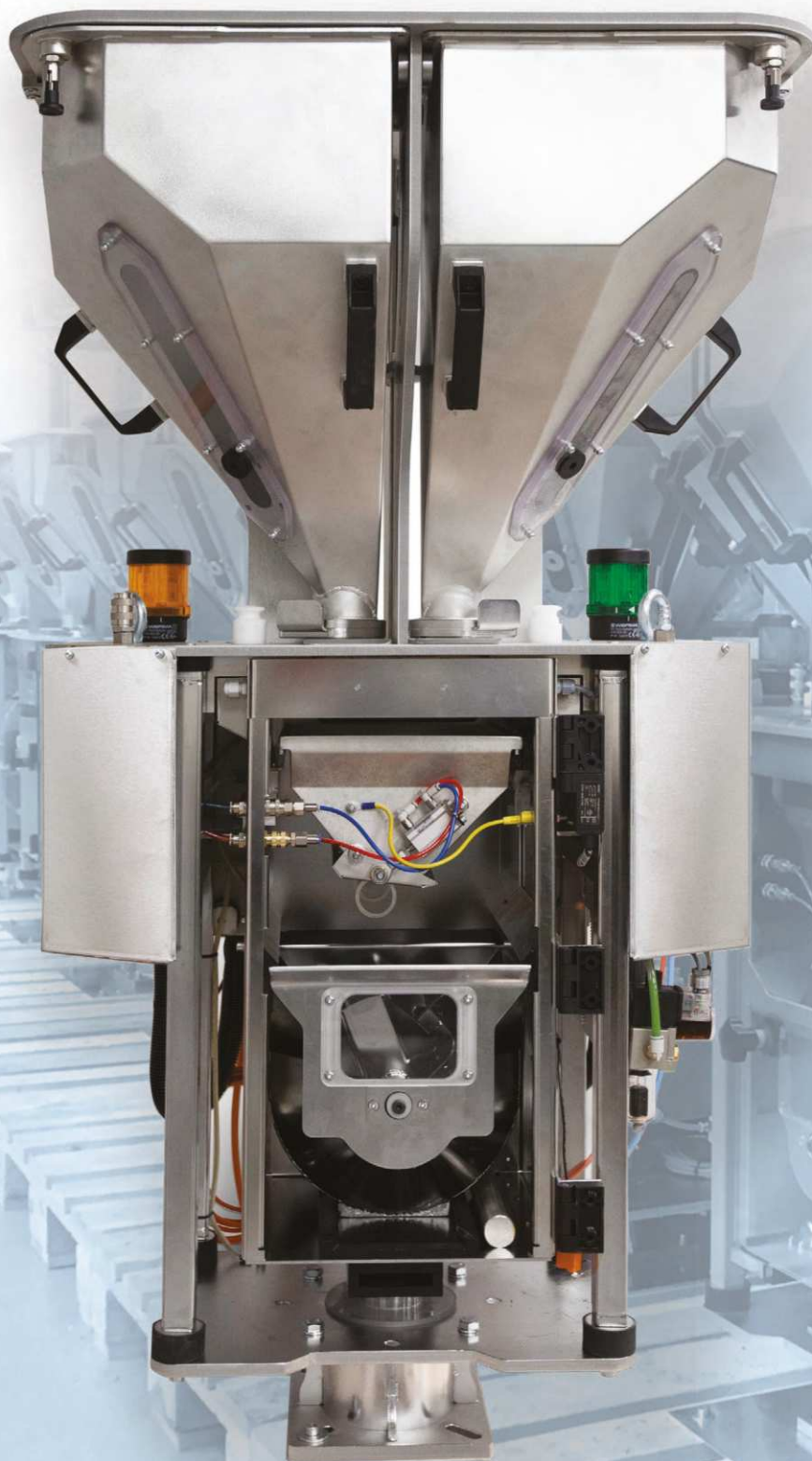
Urządzenia te pracują już u światowych liderów z branży automotiv w takich krajach jak Niemcy, Austria, Rumunia, Chiny, Meksyk, USA i oczywiście w Polsce, gdzie urządzenia te są produkowane w kooperacji z niemiecką firmą Elbi-Elektronik.

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

www.elbi.com.pl

Dozowniki inne niż inne...

- OPATENTOWANY SYSTEM SEPARACJI DRGAŃ
- DYNAMICZNA STABILIZACJA WAGI



www.elbi.com.pl

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

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

BRINPOL
SINCE 1994

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

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



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

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

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

Zalety dozowników oferowanych przez firmę BRINPOL:

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

Tabela 1. Specyfikacja techniczna wybranych modeli dozowników

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



Przedsiębiorstwo Handlowo-Usługowe

BRINPOL Jarosław Brinken

ul. Królewska 35, 05-502 Bogatki

tel. 22-757 36 51

tel. kom. 501 041 986

brinpol@brinpol.com.pl, www.brinpol.com.pl

REKLAMA

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

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

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

Zalety dozowników oferowanych przez firmę BRINPOL:

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



BRINPOL

SINCE 1994

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

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

www.brinpol.com.pl

Dozowanie granulatów i proszków tworzyw sztucznych

Laboratoria badające tworzywa sztuczne poszukują wszelkiego rodzaju jakości i dokładności w technologii dozowania granulatów i proszków tworzyw sztucznych. Jest to szczególnie ważne w przypadku badań związanych z przemysłem farmaceutycznym i medycznym.

JAKIE SĄ CECHY I ZALETY DOZOWNIKA WAGOWEGO (GRAWIMETRYCZNEGO)?

Podajnik wagowy, znany również jako podajnik typu loss-in-weight, to samokalibrujący się system dozowania, który dozuje na podstawie ubytku masy i prędkości. Podajnik objętościowy z kolei robi to na podstawie objętości i prędkości. W dozowaniu wagowym masa dozowanego dodatku jest mierzona za pomocą precyzyjnej wagi, która jest podstawą całego systemu dozowania. Masę dozowanego materiału oblicza się za pomocą technologii loss-in-weight, która mierzy ubytek masy podczas dozowania. W samokalibrującym się systemie dozownika grawimetrycznego silnik krokowy automatycznie zmienia swoją prędkość, gdy wykryta zostanie zmiana w przepływie materiału na skutek zmiany gęstości. Eliminuje to potrzebę ręcznej regulacji, która jest wymagana przy stosowaniu dozownika objętościowego (wolumetrycznego). Taka zmiana w przepływie materiału może być wynikiem dodania nowego materiału lub wahań gęstości dozowanego materiału. Oznacza to, że podczas pracy podajnika grawimetrycznego masz pełną kontrolę nad jakością produktu końcowego. Dzięki samokalibrującemu się systemowi dozowania podajnika grawimetrycznego nigdy nie narazisz się na ryzyko niewłaściwego dawkowania, a zatem zaoszczędzisz koszty zwłaszcza przy stosowaniu drogich dodatków. Oprogramowanie dozownika umożliwia ściśle monitorowanie procesu produkcji w celach zarządzania jakością, a wszelkie błędy w procesie produkcji są szybko wykrywane.

JAKIE SĄ CECHY I ZALETY PODAJNIKA OBJĘTOŚCIOWEGO (WOLUMETRYCZNEGO)?

Podajnik objętościowy to system dozowania, który dostarcza do systemu produkcyjnego określoną objętość materiału w ustalonym przedziale czasowym, w oparciu o tzw. zasadę przemieszczenia. W przeciwieństwie do podajnika wagowego, prędkość dozowania podajnika objętościowego powinna być wybierana ręcznie, co może się różnić w zależności od rodzaju surowców wejściowych. Na przykład granulaty polimeru, masterbatch czy proszki będą wymagać innej prędkości dozowania ze względu na różnice w gęstości nasypowej.

System podawania wagowego zazwyczaj zapewnia wyższy zwrot z inwestycji w perspektywie długoterminowej.

PODAJNIK (DOZOWNIK) GRAWIMETRYCZNY

Dozowanie grawimetryczne to metoda stosowana w różnych dziedzinach, szczególnie w przemyśle tworzyw sztucznych, w celu dokładnego odmierzania i dozowania materiałów na podstawie ich masy. Dozowanie grawimetryczne oferuje wysoki poziom precyzji i kontroli w porównaniu na przykład do metod dozowania wolumetrycznego, które opierają się wyłącznie na pomiarze objętości.

W przypadku dozowania grawimetrycznego proces zazwyczaj obejmuje następujące etapy:

- Ważenie - dozowaną substancję umieszcza się na precyzyjnej wadze, a jej masę odmierza się z dużą dokładnością. Pomiar ten można przeprowadzić przy użyciu różnego rodzaju urządzeń ważących, takich jak czujniki wagowe.
- Dozowanie - na podstawie żądanej dawki i zmierzonej masy substancji, system dozowania dozuje wymaganą ilość materiału za pomocą ślimaków i cylindrów dozujących.
- Kontrola sprzężenia zwrotnego - w trakcie procesu dozowania system kontroli stale monitoruje wagę dozowanego materiału. W przypadku odchyień od żądanej dawki system sterowania automatycznie dostosowuje prędkość dozowania, aby zachować dokładność.

Dozowanie grawimetryczne oferuje korzyści dla produkcji:

- Dokładność - ponieważ dozowanie grawimetryczne opiera się na rzeczywistych pomiarach masy, jest bardzo dokładne i w mniejszym stopniu wpływają na niego zmiany gęstości materiału, temperatury lub inne czynniki, które mogą wpływać na pomiary objętościowe.
- Elastyczność - dozowanie grawimetryczne można stosować w przypadku szerokiej gamy materiałów, od proszków i granulek po ciecz, o ile można je wiarygodnie zważyć.
- Konsystencja - precyzyjna kontrola zapewniana przez dozowanie grawimetryczne gwarantuje, że każda dawka jest stała, co ma kluczowe znaczenie w branżach, w których istotna jest jakość i jednorodność produktu.
- Optymalizacja procesu - grawimetryczne systemy dozowania można zintegrować z zautomatyzowanymi liniami produkcyjnymi, umożliwiając wydajne i zoptymalizowane procesy produkcyjne przy możliwie najmniejszych przestojach.

- Mniejsza ilość odpadów - dokładne dozowanie zmniejsza straty materiału i przyczynia się do oszczędności.

CECHY I ZALETY PODAJNIKA (DOZOWNIKA) WOLUMETRYCZNEGO.

Dozownik wolumetryczny to system dozujący, który zaopatruje system produkcyjny w określoną ilość materiału w ustalonych ramach czasowych, w oparciu o tzw. zasadę objętościową. W przeciwieństwie do dozownika grawimetrycznego, prędkość dozowania dozownika wolumetrycznego powinna być dobierana ręcznie, co może się różnić w zależności od rodzaju surowca wejściowego. Na przykład przedmieszka wymaga innej prędkości w porównaniu z dozowaniem materiału wejściowego w postaci płynnej lub proszkowej. W przypadku mniejszych procesów produkcyjnych i firm, które chcą zaoszczędzić na sprzęcie dozującym, preferuje się dozownik wolumetryczny zamiast dozownika grawimetrycznego. Jednak podajnik grawimetryczny pozwala znacznie zaoszczędzić na materiale wejściowym dzięki bardziej precyzyjnemu procesowi podawania. Oznacza to, że system zasilania grawimetrycznego zazwyczaj zapewnia wyższy zwrot z inwestycji (ROI) w perspektywie długoterminowej.

Dozowanie wolumetryczne w porównaniu do metod grawimetrycznych wykazuje ograniczenia w dokładności. Dzieje się tak dlatego, że prędkość podawania i czas narzędzia dozującego nie są automatycznie dostosowywane w przypadku zmian gęstości, lepkości lub warunków środowiskowych materiału. Powodują one niedokładności w dozowaniu objętościowym, podczas gdy technologia wagi grawimetrycznej automatycznie wyklucza te czynniki za pomocą zaawansowanego oprogramowania.

PODAJNIK GRAWIMETRYCZNY ZALETY:

- Samoregulacja / samokalibracja
- 100% kontrola nad jakością produktu
- Łatwy w obsłudze
- Opcje monitorowania i raportowania
- Większa oszczędność na drogich dodatkach
- Wahań gęstości nie wpływają na wynik
- Niewrażliwy na gromadzenie się materiału
- Automatyczne wykrywanie przerwy w dostawie materiału

- Dokładny cylinder dozujący
- Prędkość silnika krokowego od 0,1 do 200 obrotów/min

NIEDOGODNOŚCI PODAJNIKÓW GRAWIMETRYCZNYCH:

- Stosunkowo droższy niż podajnik wolumetryczny, ale zapewnia krótki czas zwrotu z inwestycji.

PODAJNIK WOLUMETRYCZNY ZALETY:

- Stosunkowo tani system dozowania
- Dokładny cylinder dozujący
- Prędkość silnika krokowego od 0,1 do 200 obrotów/min

NIEDOGODNOŚCI PODAJNIKÓW WOLUMETRYCZNYCH:

- Wymagana ręczna ponowna kalibracja
- Ograniczona kontrola nad jakością produktu
- Brak opcji monitorowania i raportowania
- Nie można automatycznie skompensować wahań gęstości
- Wrażliwy na gromadzenie się materiału
- Brak automatycznego wykrywania przerwy w dostawie materiału

KIEDY NALEŻY WYBRAĆ PODAJNIK (DOZOWNIK) GRAWIMETRYCZNY, A KIEDY NAJLEPIEJ ZASTOSOWAĆ PODAJNIK WOLUMETRYCZNY?

Aby móc mądrze wybrać między dozownikiem grawimetrycznym a dozownikiem wolumetrycznym, ważna jest znajomość budżetu i celu użytkownika. Jak wspomniano wcześniej, oba systemy dozujące Movacolor mają silnik krokowy i unikalny cylinder dozujący. Jednak systemy dozowania wolumetrycznego są stosunkowo niedrogo do nabycia w krótkim okresie, co przekłada się na niewielką natychmiastową inwestycję. Z drugiej strony, systemy dozowania grawimetrycznego są droższe w zakupie, ale na dłuższą metę zaoszczędzisz na kosztach dzięki wyraźnie mniejszemu zużyciu drogich dodatków.

Opis przygotowano na podstawie materiałów pochodzących od producenta z poszanowaniem wszelkich praw
<https://www.movacolor.com>

REKLAMA

**HD-DOZOWNIKI**

W ofercie m.in.:

- dozowanie granulatów i proszków (kreda, talk),
- transport pneumatyczny surowców (kreda, talk, dryblend),
- stanowiska załadunku/rozładunku worków typu Big Bag,
- zasilanie surowcem mikserów tworzywa,
- linie technologiczne.

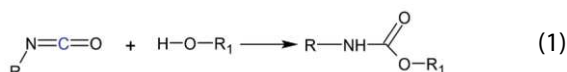
HD-DOZOWNIKI Sp. z o. o.
ul. Pionierów 10, 85-886 Bydgoszcz
tel. 52 / 333 19 79
email: biuro@hd-dozowniki.pl
www.hd-dozowniki.pl

Recykling chemiczny poliuretanów dla budownictwa modułowego

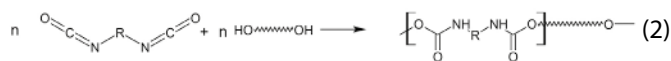
Jan Wójcik, Przemysław Boberski, Paweł Dzumek, Rafał Gaida, Kamila Torchała, Beata Koreń-Szwarc, Natalia Stanek-Wandzel

Poliuretany (PUR) odgrywają kluczową rolę w sektorze budownictwa, zwłaszcza w formie pianek termoizolacyjnych, które charakteryzują się doskonałymi właściwościami termicznymi. Wzrastające zapotrzebowanie na tego typu materiały oraz rosnące wymagania dotyczące efektywności energetycznej budynków wywierają presję na opracowanie bardziej zrównoważonych rozwiązań. Tradycyjne poliuretany produkowane są z surowców petrochemicznych, a proces ich wytwarzania i utylizacji wiąże się z istotnym obciążeniem środowiskowym.

W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie metodami recyklingu chemicznego poliuretanów, które pozwalają na odzyskanie surowców do ponownego wykorzystania. Projekt EVOTHERM odpowiada na te wyzwania, oferując trzy główne rozwiązania problemu środowiskowego: syntezę biopolioli z odnawialnych źródeł, depolimeryzację odpadów PUR oraz opracowanie nowoczesnych bezhalogenowych uniepalniaczy. Z chemicznego punktu widzenia uretany powstają w wyniku reakcji pomiędzy izocyjanianem i alkoholem wg reakcji (1):



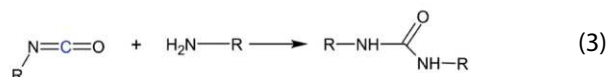
Poliuretany powstają w wyniku poliaddycji pomiędzy polialkoholami i diizocyjanianami wg reakcji (2):



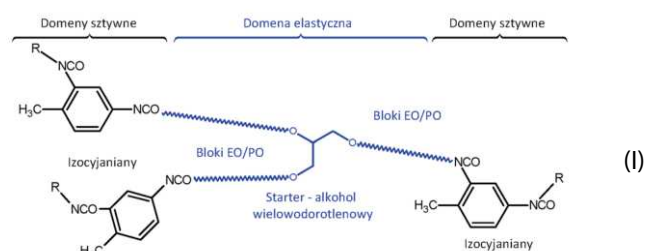
Pierwsze uretany zostały zsyntetyzowane w 1849 r. przez francuskiego chemika Charlesa-Adolphe'a Wurtza, który uzyskał je w wyniku reakcji izocyjanianów z alkoholami.

Rozwój poliuretanów jako materiału przemysłowego nastąpił jednak dopiero w latach 30. XX w. dzięki pracom Otto Bayera, który opracował nowoczesną metodę syntezy tych polimerów [1]. Produkcja pianki poliuretanowej na skalę przemysłową w Europie Zachodniej i Stanach Zjednoczonych rozpoczęła się w połowie lat 50. XX w. i od tego czasu stale rośnie.

Warto również wspomnieć, że przemysłowe zastosowanie znalazły również produkty reakcji izocyjanianów z aminami, które charakteryzują się dużo wyższą reaktywnością i pozwalają na uzyskanie produktów o specyficznych właściwościach. Otrzymywane są one w reakcji (3):



Struktura tworzyw poliuretanowych przedstawiona jest na schemacie I:

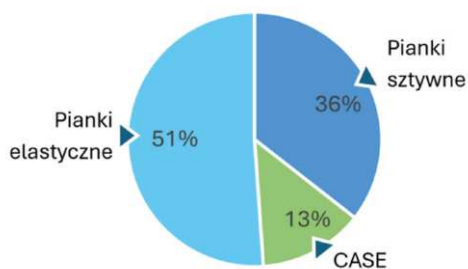


Długość elastycznych łańcuchów PO/EO (tlenek propylenu/tlenek etylenu) oraz stopień rozgałęzienia wynikający z funkcyjności „startowego” polialkoholu są odpowiedzialne za właściwości fizyczno-chemiczne pianek. Miękkie pianki elastyczne zawierają domeny elastyczne o masie cząsteczkowej ok. 1000 Da, a funkcyjność polialkoholi waha się w granicach 2,3–4,5 (przeciętna liczba grup hydroksylowych w cząsteczce polialkoholu). Pianki sztywne charakteryzują się krótkimi domenami miękkimi o masie cząsteczkowej 100–300 Da i funkcyjności powyżej 3. Wysoka funkcyjność polioli jest odpowiedzialna za tworzenie trwałej i sztywnej struktury przestrzennej, która jest wymagana dla uzyskania twardości i wytrzymałości mechanicznej.

Poliuretany można podzielić na 3 główne kategorie (rys. 1) [2]: (I) pianki elastyczne, które są stosowane w przemyśle meblarskim i motoryzacyjnym (zużycie ok. 11,5 mln t/r), (II) pianki sztywne, wykorzystywane w izolacji budowlanej oraz w przemyśle chłodniczym (zużycie 7,5–8 mln t/r), oraz (III) sektor CASE, do którego należą powłoki, kleje, uszczelniacze i elastomery do zastosowań w budownictwie, przemyśle motoryzacyjnym i elektronicznym (zużycie ok. 3 mln t/r).

Powłoki (coatings) są stosowane głównie do ochrony przed korozją, promieniowaniem UV oraz zużyciem mechanicznym w przemyśle motoryzacyjnym, budowlanym, lotniczym i morskim. Uszczelnienia (sealants) z tworzyw PUR są wykorzystywane w przemyśle samochodowym i budownictwie, zapewniając ochronę przed wodą i innymi czynnikami zewnętrznymi. Kleje poliuretanowe (adhesives) charakteryzują się wysoką wytrzymałością wiązania i elastycznością, co czyni je idealnymi do łączenia różnych materiałów, takich jak metal, drewno i tworzywa sztuczne, zarówno w produkcji przemysłowej, jak i w budownictwie.

Rys. 1. Podział rynku poliuretanów[2]



Z kolei elastomery (elastomers) PUR charakteryzują się wysoką odpornością na ścieranie, elastycznością i trwałością, wymaganymi w takich branżach, jak motoryzacja i produkcja sprzętu AGD.

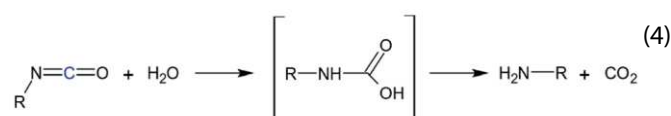
Pianki poliuretanowe ze względu na swoje właściwości są powszechnie stosowane w praktycznie wszystkich gałęziach przemysłu. Elastyczne pianki poliuretanowe są wykorzystywane głównie w przemyśle meblarskim, motoryzacyjnym i tekstylnym, dzięki przyjemnej fakturze, otwartym komórkom zapewniającym wysoki komfort oraz możliwości regulowania twardości i zdolności do odkształcania się i wracania do pierwotnego kształtu.

Sztywne pianki poliuretanowe znajdują zastosowanie przede wszystkim jako materiały izolacyjne w budownictwie oraz w urządzeniach chłodniczych dzięki swoim doskonałym właściwościom termoizolacyjnym oraz wysokiej wytrzymałości strukturalnej.

Produkcja pianek poliuretanowych (zarówno elastycznych, jak i sztywnych) jest operacją wrażliwą chemicznie. Fakt, że reakcje tworzenia wiązań poliuretanowych przebiegają w trakcie spieniania, powoduje, że wszystkie zmienne muszą być kontrolowane z najwyższą precyzją. Składniki formułacji, które mają szczególne znaczenie (oprócz izocyjanianów i związków polihydroksylowych) to surfaktant silikonowy (odpowiedzialny za rozmiar i strukturę komórek, a w trakcie wzrostu pianki jest odpowiedzialny za utrzymanie struktury piany, nie dopuszczając do ulotnienia się czynnika spieniającego), katalizatory (np. związki organocynowe) oraz środek spieniający.

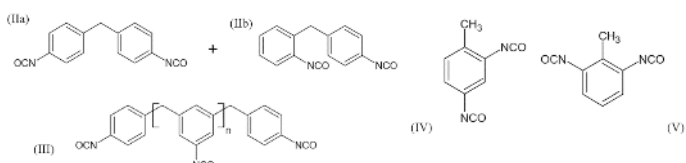
Do produkcji pianek poliuretanowych (PU) stosuje się różne czynniki spieniające, które pomagają tworzyć komórkową strukturę materiału. Czynniki te mogą być fizyczne (gazowe) lub chemiczne (powstające w wyniku reakcji chemicznych). Powszechnie stosowanym czynnikiem spieniającym jest woda, natomiast czynnikiem fizycznym pentany, heksany lub hydrofluorowęglowodory (HFCs), hydrofluoroolefiny (HFOs). W przeszłości szeroko stosowane były chlorofluorowęglowodory (CFCs) i hydrochlorofluorowęglowodory (HCFCs), jednak zostały wycofane z użycia ze względu na ich negatywny wpływ na warstwę ozonową.

Reakcja izocyjanianów z wodą prowadzi do powstawania gazowego ditlenku węgla oraz grupy mocznikowej, zgodnie z reakcją (4):

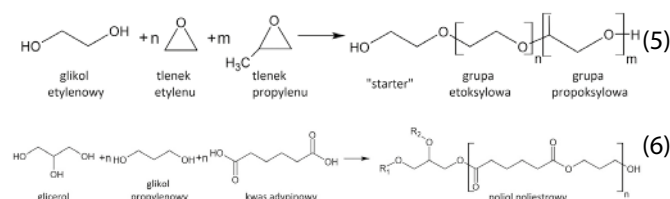


Powszechnie stosuje się dwa rodzaje izocyjanianów: diizocyjanian difenylometylenu (MDI) lub diizocyjanian toluenodiyłu (TDI), który przez szkodliwość dla zdrowia jest sukcesywnie wycofywany z produkcji.

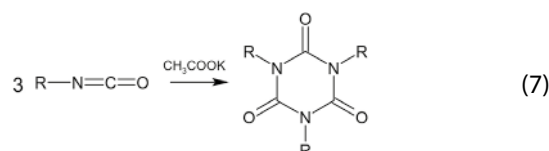
Handlowy MDI najczęściej występuje w postaci polimerycznej pMDI, zawierającej mieszaninę zawierającą 2–6 merów w cząsteczce. Handlowy pMDI sprzedawany jest w postaci o różnym stopniu polimeryzacji o identycznej zawartości grup –NCO, a głównym parametrem użytkowym świadczącym o długości łańcucha jest lepkość produktu. Struktura molekularna monomerycznego oraz polimerycznego MDI przedstawiona jest wzorami (IIa), (IIb) i (III), a diizocyjanian tolueno-2,4-diyłu przedstawiony jest wzorem (IV) i diizocyjanian tolueno-2,6-diyłu wzorem (V).



Powszechnie w elastycznych piankach PUR stosuje się polieteropoliiole, zawierające 2–6 grup hydroksylowych pochodzących z poliaddycji tlenku propylenu lub tlenku etylenu do grup hydroksylowych lub aminowych w „starterze” związku. Związkami tymi są najczęściej glikol etylenny, glicerol, sorbitol lub aminy oraz poliiole poliestrowe, które powstają w wyniku polikondensacji dioli z dikwasami i mogą zawierać mieszane struktury liniowe, rozgałęzione lub aromatyczne, np. politereftalanu etylenu (PET). Daje to olbrzymie możliwości rekombinacji struktury w zależności od zastosowań. Poliiole polieterowe tworzą się w reakcji (5), a poliiole poliestrowe w reakcji (6):



W przypadku pianek PIR część izocyjanianów ulega trymeryzacji (połączenie trzech cząsteczek izocyjanianu), co prowadzi do utworzenia cyklicznych pierścieni izocyjanuranowych. Tworzenie wiązań poliizocyjanuranowych przebiega wg reakcji (7):



Pianki typu PIR mają mniejszą palność i większą stabilność cieplną w porównaniu z konwencjonalnymi piankami PUR. Ta cecha jest dodatkowo wzmacniana poprzez zastosowanie aromatycznego poliestropoliolu w połączeniu z polieteropoliolami. Niektóre formułacje zawierają halogenowe dodatki przeciwogniowe lub reaktywne substancje. Rozwój niskotemperaturowych katalizatorów trymeryzacji zwiększył wydajność trymeryzacji MDI, co pozwoliło na uzyskanie

jednolitej pianki o mniejszej palności, większej stabilności cieplnej oraz mniejszej ilości nieprzereagowanego MDI.

Systemy piankowe poliuretanowe to w pełni opracowane ciekłe komponenty reakcyjne, gotowe do użycia na miejscu produkcji pianek. W typowym systemie polioli są wstępnie mieszane przez dostawców z surfaktantami i katalizatorami. Ponieważ niektóre systemy muszą spełniać kryteria dotyczące rozprzestrzeniania ognia i emisji dymu, dodatki przeciwogniowe są często uwzględniane w składzie polioli lub stanowią część pakietu polioliowego. Drugim składnikiem jest zwykle izocyjanian. Aby dostosować lepkość, proporcje składników i/lub reaktywność systemu, niewielka część komponentu polioliowego może być wprowadzona do izocyjanianu, gdzie natychmiast ulegnie reakcji (tak zwany system prepolimerowy). Większość tych systemów jest stosowana do aplikacji sztywnych pianek poprzez spienianie, wylanie lub natrysk; niewielka część służy do formowania elastycznych pianek. Proces wytwarzania laminowanych płyt izolacyjnych poprzez wylanie przedstawiono na rys. 2, a proces nakładania termoizolacji PUR metodą natryskową na rys. 3.

Zgodnie z raportem [3] w 2017 r. na świecie wyprodukowano 13,6 mln t PUR, z czego 4,3 mln t przypada na Europę.

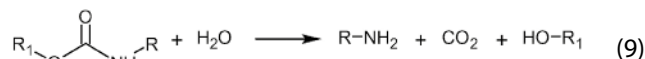
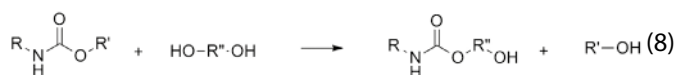
Dane PCC [4] wskazują, że wielkość rynku PUR w Europie w 2022 r. szacowana była na 7,47 mln t. Szybkość wzrostu rynku jest szacowana na 4,4% rocznie. Równocześnie rynek odpadów PUR rośnie w alarmującym tempie. Rocznie w Europie powstaje ok. 1,6 mln t odpadów PUR, z czego większość trafia na składowiska lub jest spalana. Tylko niewielka część poddawana jest recyklingowi mechanicznemu [5], ograniczonemu przez trudności w przetwarzaniu zanieczyszczonych lub zmieszanych odpadów. W Polsce sytuacja jest podobna. Wzrost zapotrzebowania na sztywne pianki poliuretanowe, szczególnie w budownictwie, powoduje, że problem odpadów staje się coraz poważniejszy.

Rosnąca świadomość ekologiczna i presja regulacyjna,

szczególnie w Europie, zmuszają producentów do poszukiwania alternatywnych źródeł surowców oraz technologii, które zmniejszą wpływ produkcji na środowisko.

Na ogół recykling tworzyw PUR przebiega głównie poprzez mechaniczne rozdrobnienie i ponowne dodawanie zmielonego PUR do mieszaniny spieniającej [5]. Proces GrindFlex firmy Hennecke [6] wykorzystuje drobno zmielony proszek pianki (o wielkości cząstek ok. 0,2 mm) jako wypełniacz w nowych produktach poliuretanowych w ilości do 30% mas. Proces ten został opracowany we współpracy z zakładem produkcji elastycznej pianki poliuretanowej Metzeler Schaum w Memmingham w Niemczech.

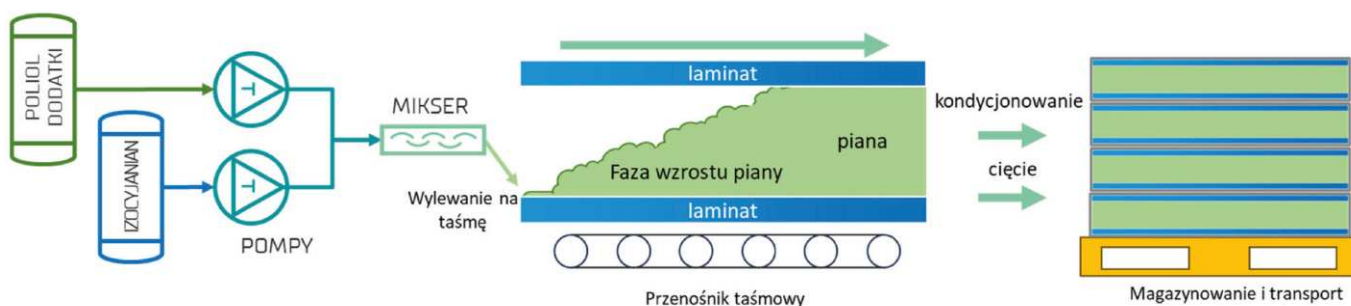
Ostatnio zyskuje na znaczeniu chemiczny recykling tworzyw PUR [6–9], pozwalający na uzyskanie płynnego produktu, który może być ponownie użyty w procesie spieniania metodą ciągłą. W pracy omówiono 2 metody chemicznego recyklingu, glikolizę w obecności alkoholi wielowodorotlenowych (8) oraz hydrolizę w obecności wody (9).



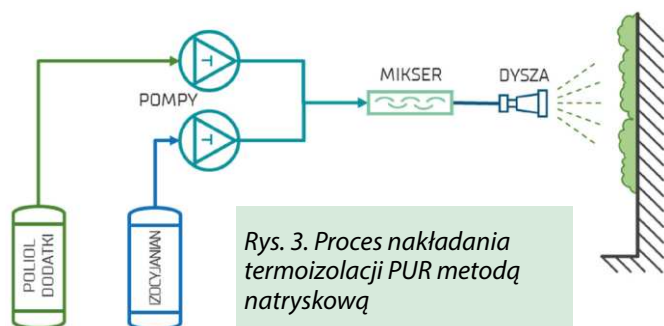
Proces glikolizy pianek poliuretanowych, który ma na celu odzyskiwanie polioli z odpadów, od dawna jest przedmiotem licznych badań i patentów. W 1999 r. firma Flexible Products Co. opatentowała proces, w którym glikol dietylenowy (DEG) pełnił funkcję głównego środka glikolizującego, wspieranego przez octan etyloacetylowy jako katalizator.

Innowacją było ponowne wykorzystanie odzyskanych polioli do produkcji nowych formowanych wyrobów poliuretanowych, co umożliwiałoby efektywny recykling odpadów PUR [10].

Firma BASF w 2016 r. udoskonaliła ten proces, stosując różne glikole, takie jak glikol dipropylenowy, DEG i glikol ety-



Rys. 2. Proces wytwarzania laminowanych płyt izolacyjnych poprzez wylanie



Rys. 3. Proces nakładania termoizolacji PUR metodą natryskową

lenowy, a jako katalizatory wykorzystano wodorotlenki sodu i potasu. Korzyścią tego rozwiązania było zwiększenie efektywności odzysku polioli z odpadów PUR [11]. Z kolei Mobius Technologies w 1997 r. opracowała metodę jednoczesnego recyklingu mieszanin poliuretanów z innymi tworzywami sztucznymi, co pozwoliło na zwiększenie efektywności całego procesu, za pomocą takich glikoli jak 1,4-butanodiol oraz katalizatorów tytanowych i cynowych [12].

Inny interesujący patent firmy Recticel z 1998 r. doty-

czył wytwarzania pianek poliizocyjanurowych o lepszych właściwościach termoizolacyjnych, co miało duże znaczenie dla przemysłu budowlanego. Proces prowadzony metodą glikolizy opierał się na zastosowaniu DEG oraz glikolu polietylenowego [13]. W 2007 r. firma DOW Chemical opracowała metodę recyklingu sztywnych odpadów PUR z wykorzystaniem kwasów organicznych, które wspierały depolimeryzację. Zastosowano glikole, takie jak glikol etylenowy i neopentylowy, oraz katalizatory oparte na wodorotlenkach sodu i potasu [14].

W latach 2010–2011 firma Covestro zastrzegła innowacyjne procesy recyklingu odpadów poliuretanowych z wykorzystaniem mieszanki glikoli oraz szerokiej gamy katalizatorów, takich jak etanoloaminy i związki tytanu, co pozwoliło na elastyczny i efektywny odzysk surowców z różnorodnych odpadów poliuretanowych [15, 16]. Podobnie Troy Polymers w 2009 r. opatentowała metodę optymalizującą odzysk wysokiej jakości polioli za pomocą glikoli, takich jak butanodiol i trietylenoglikol, oraz związków tytanu [17].

Firma Sika w 1998 r. opatentowała metodę wykorzystującą glikole, takie jak glikol etylenowy i glikol propylenowy, wspierane przez kwasy Lewisa i octany jako katalizatory, co znacząco poprawiło efektywność odzysku surowców [18].

Z kolei Bayer w 1999 r. opracowała proces recyklingu za pomocą glikolu neopentylowego i DEG, stosując katalizatory w postaci chlorków cynku, glinu i rtęci, co poprawiło właściwości izolacyjne pianek poliuretanowych [19].

W najnowszym patencie z 2024 r. firma Saint-Gobain opracowała proces chemolizy pianek poliizocyjanurowych z wykorzystaniem nowoczesnych katalizatorów, takich jak octan potasu i butanian tytanu, co umożliwiło recykling pianek o wysokiej odporności termicznej [20].

Air Products and Chemicals zastrzegła w jednym ze swoich patentów przetwarzanie ścinek pianek PUR na poliole, które mogą być ponownie wykorzystane do produkcji nowych wyrobów, przy czym katalizatorami w procesie były aminy czwartorzędowe i węglan cyny [21]. Podobnie firma Bayer wraz z BMW zaproponowała metodę wykorzystania polioli z glikolizy do produkcji kompozytów wzmacnianych włóknami naturalnymi [22]. Magna Seating opracowała technologię, w której odzyskane poliole stanowią do 50% składników nowych pianek [23]. Repsol Quimica z kolei zastosowała innowacyjne katalizatory, takie jak sole kwasów naftenowych, które umożliwiły odzysk wysokiej jakości polioli z elastycznych pianek PUR [24]. Politechnika Gdańska opatentowała proces glikolizy odpadów PUR za pomocą odpadowego glicerolu z produkcji biodiesla, z octanem potasu jako katalizatorem, co pozwoliło na wyeliminowanie konieczności destylacji nieprzereagowanych glikoli [25].

Analiza danych literaturowych wskazuje, że na przestrzeni ostatnich lat następował systematyczny rozwój technologii recyklingu poliuretanów. Recykling mechaniczny, będący pierwszym etapem procesu, polega na rozdrabnianiu odpadu poliuretanowego, który musi być wolny od zanieczyszczeń, takich jak nieorganiczne wypełniacze. Jak opisała Politechnika Gdańska w swoim patencie dotyczącym glicerolizy poliuretanów, proces ten umożliwia recykling odpadów, ale

jakość materiału jest zazwyczaj niska [26].

Recykling chemiczny, obejmujący chemolizę, pozwala na rozkład poliuretanów do pierwotnych surowców, które mogą być ponownie wykorzystane w przemyśle.

International Automotive Components Group North America, Inc. w swoim patencie [27] skupiła się na zamkniętym obiegu recyklingu, co pozwala na bardziej efektywne wykorzystanie odpadów poliuretanowych, minimalizując przy tym zanieczyszczenia powstające w trakcie reakcji ubocznych. W literaturze naukowej poświęconej tym zagadnieniom Padhan [7] opisuje, jak wprowadzenie chemolizy kombinowanej, takiej jak glikolizo-aminoliza, zmniejsza zużycie rozpuszczalników i energii, a także poprawia czystość uzyskanych produktów.

Padhan podkreśla, że takie technologie pozwalają na uzyskanie wyższej jakości materiałów, które mogą być ponownie wykorzystane w syntezie poliuretanów.

Glikoliza, jak opisali Elidrisi i współpr. [8], jest jednym z najważniejszych procesów chemicznego recyklingu poliuretanów. Polega na depolimeryzacji odpadów PUR za pomocą glikoli, takich jak DEG lub etylenoglikol (MEG), które są zarówno rozpuszczalnikami, jak i substratami reakcji. Proces ten przeprowadzany w wysokich temperaturach pozwala na odzyskanie polioli, które mogą być wykorzystane do ponownej syntezy poliuretanów [8]. Datta i współpr. [28] również podkreślali, że glikoliza jest szeroko stosowana w przemyśle ze względu na jej względnie łagodne warunki w porównaniu z innymi metodami recyklingu. Gama i współpr. opisali z kolei szczegółowo zalety glikolizy i jej potencjalne zastosowania w kontekście elastycznych i sztywnych pianek poliuretanowych [9].

Zahedifar i współpr. [29] przeprowadzili badania nad dwuetapowym recyklingiem chemicznym modelowych poliuretanów, obejmującym procesy glikolizy i hydrolizy, w celu odzyskania polioli oraz aromatycznych diamidów.

W pracy wykazano, że możliwe jest odzyskanie polioli, ale również izocyjanianów w postaci amin z wydajnością ok. 30%, co sugeruje duży potencjał dalszej optymalizacji procesu. Z kolei Nikje i współpr. [30] badali proces hydrolizy i glikolizy pod wpływem pola mikrofalowego. Badania wspomagane technikami FTIR, HNMR i CNMR potwierdziły skrócenie czasu reakcji w porównaniu z klasycznymi metodami ogrzewania wsadu.

Aminoliza jest alternatywną metodą, w której poliuretany rozkładane są za pomocą amin, takich jak etanolamina, diaminy i poliaminy, co opisali Elidrisi i współpr. [8]. Aminoliza nie wymaga katalizatorów, ale problemem są reakcje uboczne i trudności związane z oddzieleniem produktów od mieszanin reakcyjnych. Z kolei fosforoliza, jako specyficzna forma acydolizy, jest opisana przez Gama i współpr. [9] jako reakcja kwasu fosforowego z grupami uretanowymi, co prowadzi do degradacji odpadów PUR i uzyskania materiałów stosowanych w produkcji twardych pianek poliuretanowych o właściwościach niepalnych. Fosforoliza ma znaczący potencjał, szczególnie w kontekście zastosowań w budownictwie i motoryzacji, gdzie wymagana jest wysoka odporność termiczna [8].

Analiza literatury oraz wyniki badań doświadczalnych pozwoliły na otrzymanie finansowania projektu EVOTHERM, którego celem jest opracowanie technologii chemicznego recyklingu odpadów poliuretanowych do w pełni wartościowych materiałów izolacyjnych, dążąc do minimalizacji ilości odpadów i zamknięcia obiegu surowcowego. Przedmiotem pracy jest przedstawienie wyników opracowanej metody recyklingu chemicznego zużytych pianek poliuretanowych, prowadzącej do uzyskania ciekłego produktu, który może zostać ponownie wykorzystany do produkcji sztywnych pianek poliizocyanurowych (PIR), przeznaczonych do zastosowania w budownictwie modułowym.

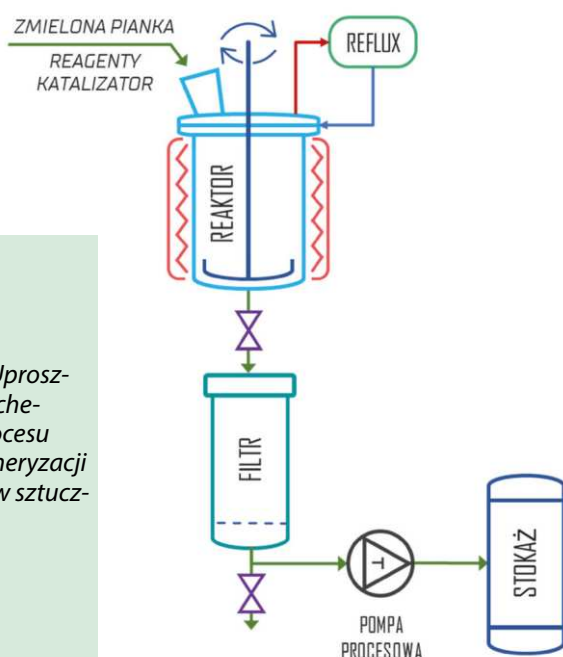
CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA – MATERIAŁY

Glikolizat ICISO-RePolyol otrzymywano z odpadowej pianki PUR komercyjnego pochodzenia. Glikol propylenowy, DEG (Warchem), Polikol 200 i Polikol 600 (PCC Exol SA) stosowano bez oczyszczania. Stosowano katalizatory, metanolan sodu i dibutyloamina (Sigma-Aldrich).

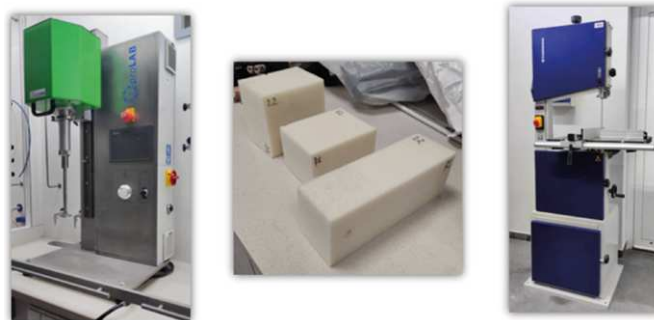
METODYKA BADAŃ

Badania nad depolimeryzacją PUR prowadzono z wykorzystaniem autoklawu ciśnieniowego 4575B (Parr Instrument Company), zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 4. Autoklaw wyposażony był w manometr, czujnik temperatury oraz mieszadło ze sprzęgłem magnetycznym. Pomiar i regulacja temperatury oraz szybkość mieszania odbywały się za pomocą układu 4848 Reactor Controller (Parr Instrument Company).

Do reaktora Parr dodawano odpowiednie ilości PUR, reagenta (dielektry lub woda) i katalizatora. Reaktor szczelnie zamykano i przedmuchiowano azotem w celu usunięcia powietrza z układu reakcyjnego. Reakcję glikolizy/hydrolizy prowadzono w temp. 200°C, pod normalnym lub podwyższonym ciśnieniem. Po upływie określonego czasu reaktor schładzano do temperatury otoczenia i pobierano próbkę uzyskanego produktu do analiz.



Rys. 4. Uproszczony schemat procesu depolimeryzacji tworzyw sztucznych



Rys. 5. Zestaw do spieniania pianek PUR

Dla uzyskanych próbek depolimeryzacji wykonano oznaczenie liczby hydroksylowej [31] i pomiar lepkości dynamicznej [32] poprzez pomiar momentu siły oporu ruchu obrotowego wywołanego lepkością cieczy.

Oznaczenie średniej masy cząsteczkowej i rozkładu mas cząsteczkowych badanych próbek przeprowadzono metodą chromatografii żelowej (GPC) z wykorzystaniem tetrahydrofuranu jako eluentu. Próbkę odważano w ilości ok. 70 mg i rozpuszczano w tetrahydrofuranie do objętości 10 mL. Przygotowane roztwory poddano analizie metodą chromatografii żelowej z detekcją RI z zachowaniem stałych warunków. Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu GRAMS-386.

Spienianie prowadzono za pomocą mieszadła szybkoobrotowego firmy Promax z Gliwic (rys. 5), co pozwalało na równomierne wymieszanie składników oraz inicjację procesu formowania struktury komórkowej pianki.

Mieszaninę reakcyjną przelewano do pojemnika o wymiarach 30×30×30 cm, gdzie zachodziła faza wzrostu pianki zilustrowana na rys. 6. Proces spieniania przeprowadzono w celu oceny potencjalnego wpływu 30-proc. dodatku depolimeryzatu PUR na przebieg wzrostu pianki oraz wybrane



Rys. 6. Spienianie pianek PUR z wykorzystaniem depolimeryzatu PUR

właściwości fizyczne i strukturalne, takie jak gęstość, twardość i stabilność pianek w czasie.

Dla wybranych próbek zbadano wytrzymałość mechaniczną na ściskanie wg normy [33], oznaczoną za pomocą maszyny wytrzymałościowej Instron 4466 z głowicą 10 kN. Naprężenie ściskające wyznaczono przy 10% zgniotu, ściskając wzdłuż kierunku wzrostu piany. Stosowano bloczki o wymiarach 50×50×50 mm.

WYNIKI BADAŃ

Proces hydrolizy pianek poliuretanowych prowadzono w obecności różnych katalizatorów (wodorotlenek sodu NaOH, imidazol oraz dibutyloamina DBA) stosowanych w ilości 1,5% mas., w temp. 200°C i przez 4 h. Otrzymano mieszaninę o niekorzystnych parametrach fizyczno-chemicznych. Właściwości fizyczno-chemiczne produktów hydrolizy zostały zestawione w tabeli 1.

Wszystkie przeprowadzone próby hydrolizy pianek poliuretanowych prowadziły do uzyskania produktów o wysokiej lepkości, niezależnie od zastosowanego katalizatora.

Wysoka lepkość depolimeryzatów może ograniczać ich potencjalne zastosowania, utrudniając dalsze przetwarzanie materiału. Wymaga to zastosowania dodatkowych etapów obróbki, takich jak filtracja lub rozcieńczanie, w celu uzyskania bardziej pożądanych właściwości reologicznych. Dodatkowo w produktach hydrolizy obserwowano obecność znacznych ilości cząstek stałych, co wskazuje na niepełną rozpuszczalność produktów rozpadu pianki poliuretanowej w wyniku hydrolizy. Wyniki te mogą sugerować potrzebę optymalizacji warunków procesu lub modyfikacji metody

hydrolizy, np. poprzez zastosowanie bardziej efektywnych rozpuszczalników lub dodatkowych etapów oczyszczania produktów końcowych.

Analiza wyników wskazuje, że zmiany ciśnienia w procesie hydrolizy pianek poliuretanowych nie miały istotnego wpływu na właściwości fizyczno-chemiczne uzyskanych depolimeryzatów. Sugeruje to ograniczoną rolę ciśnienia w kontrolowaniu parametrów końcowych produktów w warunkach przeprowadzonych prób. W konsekwencji ciśnienie nie jest kluczowym czynnikiem w regulacji jakości depolimeryzatów, co może znacząco uprościć konfigurację procesu oraz przyczynić się do redukcji kosztów operacyjnych.

Pomimo zastosowania różnych katalizatorów, parametry fizyczno-chemiczne produktów były zbliżone, co sugeruje, że katalizatory, takie jak NaOH, imidazol oraz DBA nie są w stanie znacząco poprawić jakości otrzymanego depolimeryzatu w procesie hydrolizy pianek poliuretanowych w obecnych warunkach. Może to stanowić podstawę do poszukiwania bardziej efektywnych katalizatorów lub metod.

Podsumowując, przeprowadzona hydroliza pianek poliuretanowych nie dostarczyła depolimeryzatu o pożądanych właściwościach, co podkreśla konieczność dalszych prac nad rozwojem technologii recyklingu chemicznego poliuretanów.

Proces depolimeryzacji pianek poliuretanowych (PUR) prowadzony był metodą glikolizy za pomocą alkoholi dihydroksylowych o zróżnicowanych masach cząsteczkowych, w tym glikolu propylenowego (GP), dietylenoglikolu (DEG) oraz poli(glikolu etylenowego) (PEG) o średnich masach cząsteczkowych 200 i 600 Da. Wyniki analiz fizyczno-chemicznych

Tabela 1. Wyniki badania procesu hydrolizy; katalizator NaOH (próbka 1, 2, 3), imidazol (próbka 4), DBA (próbka 5), 1,5% mas.; czas reakcji 4 h, temp. 200°C

Próbka	Nazwa próbki	Ciśnienie, bar	$L_{OH'}$ mg_{KOH}/g	Lepkość 50 rpm, cP	M_n (GPC), g/mol	Funkcyjność
1	BC/23/ET/9	0	170	3597	105	0,3
2	BC/23/ET/10	3	195	b.d.	114	0,4
3	BC/23/ET/12	5	173	6477	110	0,3
4	BC/23/ET/13	5	176	6579	116	0,4
5	BC/23/ET/14	5	174	6413	116	0,4

Tabela 2. Wyniki procesu glikolizy (katalizator 1,5% mas., czas reakcji 4 h, temp. 200°C)

Nazwa próbki	Ciśnienie, bar	Reagent	$L_{OH'}$ mg_{KOH}/g	Lepkość 50 rpm, cP	M_n (GPC), g/mol	Funkcyjność
BC/23/ET/6	0	GP	851	267,5	209	3,2
BC/23/ET/7	3	GP	878	252,8	232	3,6
BC/23/ET/8	5	GP	940	234,2	229	3,8
BC/23/ET/33	3	DEG	702	172,2	145	1,8
BC/23/ET/21	3	PEG200	369	311,7	149	1,0
BC/23/ET/23	3	PEG600	154	550,4	141	0,4

micznych produktów uzyskanych z wykorzystaniem różnych reagentów zestawiono w tabeli 2. Wybór stosowanego reagenta miał istotny wpływ na liczbę hydroksylową (L_{OH}) produktów reakcji, co było zgodne z mechanizmem reakcji glikolizy [5].

Produkty reakcji z glikolem propylenowym oraz DEG charakteryzowały się ciemną barwą, przy czym były jednorodne i stabilne, w ciągu 60 dni od wytworzenia nie wykazywały tendencji do rozwarstwiania się. Z kolei produkty wytworzone w obecności poli(glikolu etylenowego) o masie cząsteczkowej 200 i 600 Da miały tendencję do powolnego rozwarstwiania, co może być efektem różnic w kompatybilności składników oraz struktury chemicznej poliuretanu w obecności PEG.

W produktach otrzymanych pod zwiększonym ciśnieniem (3 i 5 bar) zaobserwowano jaśniejszą barwę oraz wzrost średniej masy cząsteczkowej (M_n) z 209 g/mol przy ciśnieniu atmosferycznym do 232 g/mol przy ciśnieniu 3 bar oraz 229 g/mol przy 5 bar, co wskazuje na zwiększenie udziału frakcji o większej masie cząsteczkowej. Poprawa jakości wizualnej produktu oraz wzrost masy cząsteczkowej przy zwiększonym ciśnieniu odbywały się kosztem wyższych nakładów inwestycyjnych i komplikacji technologicznych, takich jak trudności w podawaniu poliuretanu do reaktora, co w praktyce przemysłowej czyni to rozwiązanie mniej atrakcyjnym.

Tabela 3. Przykładowe wyniki oznaczenia masy cząsteczkowej metodą GPC

Próbka BC/22/ET/6							
Nr piku	M_n dla piku	M_n	M_w	M_w/M_n	t_p	M_p	Udział, %
1	10677	209	3199	15,3	20,1	116	8,9
2	9060						12,9
3	695						10,2
4	420						19,6
5	269						20,9
6	112						27,5

Tabela 4. Wpływ ilości pMDI na stabilność struktury pianek

Składnik formulacji	pPHP (124)	pPHP (118)	pPHP (120)
Poliol 700 MW	70	70	70
Repoliol	30	30	30
Uniepalniacz	15	15	15
Woda	1,0	1,0	1,0
Katalizator trimeryzacji	2,2	2,2	2,2
Katalizator aminowy	0,6	0,6	0,6
Surfaktant	3,6	3,6	3,6
pMDI	220	260	300

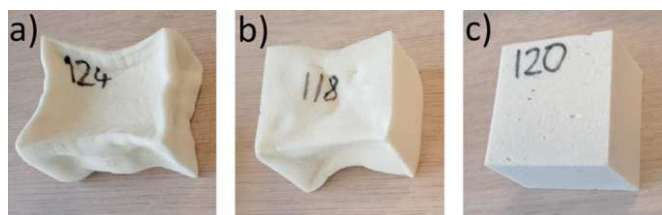
Analiza GPC (chromatografia żelowa) wykazała obecność 5–6 głównych pików o różnych masach cząsteczkowych w każdym produkcie, co sugeruje różnorodność frakcji molekularnych. Przykładowe wartości mas cząsteczkowych M_n oraz funkcji hydroksylowych dla próbki BC/22/ ET/6 przedstawiono w tabeli 3. Analizy wyników z tabel 2 i 3 potwierdzają, że stosowanie reagentów o różnych masach cząsteczkowych oraz zmiany ciśnienia wpływają na właściwości depolimeryzatorów, co pozwala na dostosowanie parametrów procesu do specyficznych wymagań aplikacyjnych uzyskanych produktów.

W tabeli 4 przedstawiono przykładowe formułacje stosowane w badaniach depolimeryzacji pianek PUR przez glikolizę, z uwzględnieniem wpływu ilości pMDI na stabilność struktury pianek. Formułacje bazują na standardowych jednostkach pPHP (*parts per hundred parts*), przy czym w każdej próbce zastosowano 30% mas. polioliu z recyklingu chemicznego pianek PUR, co pozwala na ocenę wpływu zawartości MDI na końcowe właściwości pianek.

Na rys. 7 przedstawiono zdjęcia pianek poliuretanowych zawierających 30% recyklingowanego polioliu otrzymanych z różnymi ilościami pMDI w formułacji. Zaobserwowano, że zwiększenie ilości pMDI (od 220 do 300 pPHP) wpłynęło na strukturę pianek. Wyższa zawartość pMDI pozytywnie wpłynęła na sztywność pianek, nie powodując ich skurczu.

Dla wybranych próbek zbadano wytrzymałość mechaniczną na ściskanie, a wyniki przedstawiono w tabeli 5 i na rys. 8. Dla badanych próbek obserwowano taki sam przebieg krzywej naprężenia ściskającego, z fazą elastyczności i początkowego oporu materiału, następnie odcinkiem *plateau* który wyznacza granicę plastyczności, oraz końcową fazą oporu materiału, w której dochodzi do mechanicznego uszkodzenia komórek pianki. Badania wykazały, że zastosowanie repolioliu w procesie spienienia ma negatywny wpływ na właściwości, takie jak naprężenie ściskające przy 10-proc. odkształceniu. Próbką wykonana bez udziału repolioliu (zielony kolor) osiągnęła największą wartość naprężenia ściskającego (243,2 kPa), przewyższając zarówno piankę z dodatkiem 30 pPHP repolioliu (czerwony kolor, 166,3 kPa), jak i komercyjny panel termoizolacyjny PIR (niebieski kolor, 210,5 kPa).

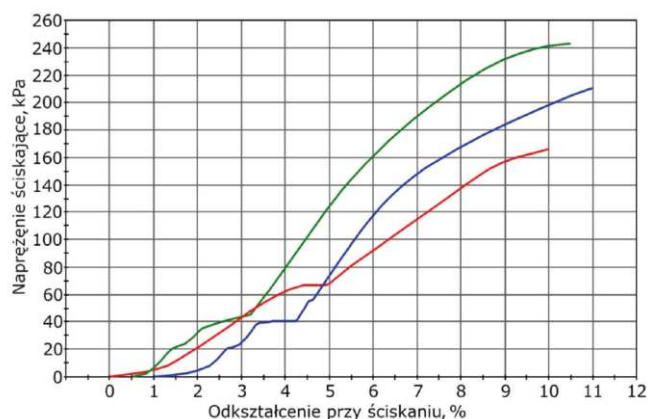
Wyniki wskazują, że produkty depolimeryzacji wprowadzają pewien stopień plastyczności. W przypadku zwiększenia udziału repolioliu w mieszance konieczne może być opracowanie nowych rozwiązań, które zrekompensują tę plastyczność, np. poprzez formułacje pianek o wyższej gę-



Rys. 7. Wpływ ilości pMDI na skurcz pianki z dodatkiem 30% repolioliu, a) zawartość pMDI 220 pPHP, b) zawartość pMDI 260 pPHP, c) zawartość pMDI 300 pPHP

Tabela 5. Wytrzymałość mechaniczna pianek wg normy [33]

Próbka	Napężenie ściskające, kPa	Obciążenie ściskające, N	Odkształcenie pianki, %
Próbka 96 (zielony kolor)	243,2	608	10
Próbka 120 (czerwony kolor)	166,3	415,7	10
Komercyjny PIR (niebieski kolor)	210,5	526,3	10



Rys. 8. Wytrzymałość na ściskanie próbek pianki poliuretanowej (zielony – pianka bez repoliolu, czerwony – pianka wykonana z udziałem 30 pphp repoliolu, niebieski – komercyjnie dostępny panel termoizolacyjny)

stości pozornej lub wprowadzenie do formułacji cross-linkerów, takich jak poliole o funkcyjności co najmniej 4 lub izocyanianów o wyższym stopniu polimeryzacji.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Projekt EVOTHERM skupia się na innowacyjnych metodach chemicznego recyklingu poliuretanów w celu produk-

cji materiałów termoizolacyjnych dla sektora budownictwa.

Przetestowano glikolizę oraz hydrolizę w reakcji depolimeryzacji odpadów PUR. Opracowano również formułację pozwalającą na spienianie izolacyjnych tworzyw PUR/PIR z wykorzystaniem opracowanych depolimeryzatorów. Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że dodatek 30% produktów glikolizy do nowo wytwarzanych pianek nie wpływa negatywnie na ich właściwości strukturalne ani termoizolacyjne.

Kolejnym etapem prac badawczych przewidzianych w projekcie EVOTHERM jest produkcja pianek do testów dopuszczeniowych obejmujących m.in. atestowane testy palności oraz oznaczenie współczynnika przewodzenia ciepła. Wydajność procesu, zwłaszcza pod kątem recyklingu polioli, jak i potencjał do zamknięcia cyklu materiałowego PUR, są obiecujące.

Badania sfinansowano w ramach Programu Łukasiewicza: Dotacja Celowa Łukasiewicza na realizację projektu badawczego EVOTHERM, nr umowy dotacyjnej 1/Ł-ICSO/CL/2022.

LITERATURA

- [1] C. Hepburn, Polyurethane elastomers, Springer Netherlands, 1991, ISBN 1-85166-589-7.
- [2] U. Löchner, H. Chinn, Y. Yamaguchi, [w:] Chemical Economics Handbook Research, Report No. 580.1600 A, IHS Group, Englewood 2012.
- [3] <http://www.mordorintelligence.com/industry-reports/polyurethane-market>, 2024.
- [4] <http://www.chemiaindustries.com.pl/artykuly/polska-wyrozniajacy-sie-rynek-w-europie-dla-poliuretanow>, 2019.
- [5] E. Głowińska, M. Włoch, [w:] Recycling of polyurethane foams (red. S. Thomas, A. Vasudeo Rane, K. Kanny, V.K. Abitha, M.G. Thomas), Springer, 2018, doi.org/10.1016/b978-0-323-51133-9.00005-x.
- [6] A. Konarzewski, www.izolacje.com.pl/artykul/sciany-stropy/267425/przegląd-metod-recyklingu-i-utylizacji-odpadowej-pianki-poliuretanowo-poliizocyjanurowej-powstającej-przy-produkcji-wyrobów-budowlanych, 2022.
- [7] R. Padhan, [w:] Recycling of polyurethane foams, (red. S. Thomas, A. Vasudeo Rane, K. Kanny, V.K. Abitha, M.G. Thomas), Springer, 2018, doi.org/10.1016/

REKLAMA

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

PP HDPE

Granulaty posiadają certyfikat EuroCertPlast i są w 100% PCR

Możemy modyfikować regranulaty według życzenia klienta oraz możliwości naszego zakładu.

Ponadto firma zajmuje się usługowo:

granulacją • kruszeniem tworzyw • mieleniem tworzyw

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

tel. +48 530 820 806, e-mail: rgrsurowce@rgr.zone

www.rgr.zone

B978-0-323-51133-9.00008-5.

- [8] A. Elidrissi, O. Krim, S. Ouslimane, M. Berrabeh, R. Touzani, J. Appl. Polym. Sci. 2007, 105, nr 3, 1623, doi.org/10.1002/app.26194.
- [9] N. Gama, B. Godinho, G. Marques, R. Silva, A. Barros-Timmons, A. Ferreira, Chem. Eng. J. 2020, 395, 125102, doi.org/10.1016/j.cej.2020.125102.
- [10] Pat. USA 5879608A (1999).
- [11] Pat. CA 2922737A1 (2016).
- [12] Pat. CA 2171075A1 (1997).
- [13] Pat. CA 2216772A1 (1998).
- [14] Pat. ES 2277554A1 (2007).
- [15] Pat. EP 2183311A2 (2010).
- [16] Pat. EP 2183311B1 (2011).
- [17] Pat. WO 2009024102A2 (2009).
- [18] Pat. EP 0835901A2 (1998).
- [19] Pat AU 704932B2 (1999).
- [20] Pat WO 2024081090A1 (2024).
- [21] Pat. CA 2110739A1 (1997).
- [22] Pat. CA 2189319A1 (1997).
- [23] Pat. CA 3051081A1 (2019).
- [24] Pat. EP 1693409A1 (2006).
- [25] Pat PL 232824B1 (2019).
- [26] Pat. PL 232824B1 (2019).
- [27] Pat. US 20130005841A1 (2013).

- [28] J. Datta, E. Głowińska, M. Włoch, [w:] Recycling of polyurethane foams, (red. S. Thomas, A. Vasudeo Rane, K. Kanny, V.K. Abitha, M.G. Thomas), Springer, 2018, doi.org/10.1016/b978-0-323-51133-9.00001-2.
- [29] P. Zahedifar, Ł. Pazdur, C.M.L. Vande Velde, P. Billen, Sustainability 2021, 13, nr 6, 3583, doi.org/10.3390/su13063583.
- [30] M. Alavi Nikje, M. Nikrah, M. Haghshenas, Polymer Bull. 2007, 59, 91, doi: 10.1007/s00289-007-0753-1.
- [31] Procedura Ł-ICSO: BA-AD/SPO-19, Oznaczenie liczby hydroksylowej metodą z bezwodnikiem octowym.
- [32] PN-EN ISO 3219:2000, Viscosity of liquids by rotational viscometry.
- [33] EN 826:2013, Thermal insulating products for building applications. Determination of compression behaviour.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w czasopiśmie „Przemysł Chemiczny”, 2025, 104/1, s. 70 – 78.

Mgr inż. Jan Wójcik, mgr inż. Przemysław Boberski, mgr Paweł Dzumek, mgr Rafał Gaida, dr inż. Kamila Torchala, mgr Beata Koreń-Szwarc, dr Natalia Stanek-Wandzel
Sieć Badawcza Łukaszewicz – Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej "Blachownia", Kędzierzyn-Koźle

REKLAMA



Czytaj e-gazetę na
www.tworzywasztuczne.biz



Tworzywa Sztuczne
Przemysł

Precyzja i efektywność w recyklingu

Wdobie rosnących oczekiwań wobec materiałów pochodzących z recyklingu, precyzyjna homogenizacja staje się jednym z najważniejszych etapów procesu.

Odpowiednio wymieszane granulaty, pyłki i proszki polimerowe przekładają się na wysoką jakość finalnych produktów, optymalne parametry technologiczne oraz stabilność procesów wytwórczych. Mieszalniki pionowe Sobmetal, zaprojektowane z myślą o specyfice recyklingu, stanowią niezawodne rozwiązanie, które usprawnia operacje technologiczne, zwiększa efektywność i pozwala na pełną kontrolę nad jakością surowca na każdym etapie jego przetwarzania.

Konstrukcja Sobmetal oparta na centralnym ślimaku mieszającym zapewnia efektywne przemieszczanie surowca w układzie zamkniętym, co eliminuje problem segregacji frakcji o różnej granulacji. Dzięki temu cały materiał pozostaje jednorodny, a właściwości mechaniczne gotowego produktu są powtarzalne i zgodne z wymaganiami produkcyjnymi. Aby dodatkowo ułatwić monitorowanie procesu mieszania i kontrolę stanu surowca, mieszalniki wyposażone są w okien-



ka rewizyjne, które umożliwiają bieżącą inspekcję bez konieczności przerywania pracy urządzenia.

Mieszalniki pionowe Sobmetal to nie tylko skuteczność mieszania, ale także pełna integracja z nowoczesnymi liniami recyklingowymi. Automatyczny system sterowania pozwala na precyzyjne dozowanie składników, kontrolę parametrów mieszania oraz optymalne dostosowanie procesu do indywidualnych potrzeb użytkownika. Możliwość synchronizacji z systemami ważenia i transportu surowców pozwala na lepsze zarządzanie

materiałami i zwiększa wydajność całej linii produkcyjnej.

Każde urządzenie Sobmetal jest projektowane z myślą o wymagających warunkach pracy w recyklingu. Konstrukcja wykonana z blachy stalowej, nierdzewnej lub kwasoodpornej gwarantuje trwałość i odporność na intensywną eksploatację. Przemysłowe rozwiązania konstrukcyjne, takie jak szerokie włazy inspekcyjne, system odpylania czy mechanizmy ułatwiające czyszczenie zbiornika, zapewniają wygodę użytkowania oraz minimalizują czas potrzebny na konserwację.

www.sobmetal.pl

REKLAMA



Mieszalniki Sobmetal



Niezawodne rozwiązania dla recyklingu

- Pojemność od 500 do 12 000 kg
- Automatyczne sterowanie i monitoring
- Współpraca z wyciarkami i wtryskarkami
- Opcja wykonania ze stali nierdzewnej lub kwasoodpornej
- Załadunek z worków big-bag lub zbiorników buforowych
- Pneumatyczne dysze ssące i okienka rewizyjne



Sobmetal Bracia Sobańscy | Jutrosin, Rogożewo 23 A
T. 606 976 197, 606 730 586 | biuro@sobmetal.pl

www.sobmetal.pl

Modyfikacja folii LDPE: rola regranulatu i węgla wapnia w strukturze i wytrzymałości wielowarstwowych materiałów opakowaniowych

Tomasz Gliński, Tomasz Tański, Marcin Bilewicz

W obliczu globalnych wyzwań związanych z zarządzaniem odpadami i rosnącą świadomością ekologiczną gospodarka obiegu zamkniętego staje się kluczowym elementem zrównoważonego rozwoju przemysłu. Jednym z istotnych obszarów, w których zasady gospodarki cyrkularnej znajdują zastosowanie, jest produkcja opakowań, szczególnie folii opakowaniowych. Według raportu Plastic Europe – Plastics – the Facts 2023 [1] około 40% wszystkich przetwarzanych tworzyw sztucznych stanowią tworzywa stosowane jako opakowania. Wielowarstwowe folie opakowaniowe, które zawierają regranulat polietylenowy (RPE) oraz wypełniacz mineralny, stanowią ważny krok w kierunku minimalizacji odpadów przemysłowych oraz redukcji zużycia surowców pierwotnych [15, 17, 20, 23].

Regranulat RPE, uzyskiwany z recyklingu odpadów polietylenowych, oraz wypełniacze mineralne takie jak węgiel wapnia mogą być skutecznie wykorzystywane do produkcji nowych folii opakowaniowych, co zapewnia redukcję kosztów materiałowych i ograniczenie śladu węglowego. Wykorzystanie tych materiałów wspiera realizację celów zrównoważonego rozwoju przez zamknięcie cyklu życia tworzyw sztucznych, ale rodzi także pytania dotyczące wpływu zastosowania materiałów wtórnych na właściwości mechaniczne i użytkowe folii [1, 5, 6].

Dlatego badania nad wielowarstwowymi foliami opakowaniowymi, które zawierają regranulat i wypełniacze mineralne, są nie tylko odpowiedzią na rosnące wymagania rynkowe, lecz także koniecznością w kontekście oceny ich wydajności w realnych warunkach użytkowania. Jednym z kluczowych parametrów, który wymaga szczegółowej analizy, jest wytrzymałość na rozdzielanie. Folie opakowaniowe muszą zapewniać odpowiednią ochronę zawartości przed uszkodzeniami mechanicznymi. Niewielka wytrzymałość na rozdzielanie może prowadzić do przedwczesnego uszkodzenia opakowania i w rezultacie do uszkodzenia lub zepsucia produktu [1, 5, 6].

Celem niniejszego artykułu jest zbadanie, jak regranulat polietylenu niskiej gęstości (RPE) i wypełniacz kredowy wpływają na strukturę, rozkład warstw oraz wytrzymałość na rozdzielanie wielowarstwowych folii opakowaniowych.

Badanie koncentruje się na analizie mechanicznych właściwości folii, aby ocenić ich potencjalne zastosowanie w przemyśle opakowaniowym. Analiza ta jest niezbędna do określenia, czy materiały te mogą efektywnie zastąpić tradycyjne surowce, wspierając tym samym zasady gospodarki obiegu zamkniętego.

MATERIAŁY I TECHNOLOGIE

Folie do badań zostały wyprodukowane przy użyciu technologii rozdmuchu swobodnego na trójwarstwowej linii laboratoryjnej firmy Labtech Engineering Co., Ltd., model LF-250. Średnica ślimaków w tym modelu wynosiła 20 mm, stosunek długości do średnicy $L/d=30$. Przed rozpoczęciem procesu produkcji wszystkie materiały zostały poddane procesowi suszenia w temperaturze 80°C przez 120 minut w suszarce szufladowej SHINI CD-5, co miało na celu zmniejszenie zawartości wilgoci. Podczas produkcji folii nie wprowadzano żadnych zmian w parametrach technologicznych linii produkcyjnej. Temperatury procesowe zostały jednolicie ustawione na poszczególnych strefach wytłaczarek A, B i C, gdzie pierwsza strefa utrzymywana była w temperaturze 185°C, druga w 190°C, trzecia w 195°C, a łącznik z głowicą w 200°C. Na głowicy również ustawiono temperaturę 200°C. Ciśnienie stopu polimerowego w trakcie produkcji utrzymywało się w przedziale 250-260 barów. Aby dokładnie odwzorować warunki przemysłowe, zastosowano stopień rozdmuchu $BUR = 3$, co było kluczowe dla osiągnięcia pożądanej jakości i właściwości mechanicznych folii.

Przygotowanie folii wielowarstwowej realizowano według ustalonego rozkładu warstw A-B-C, gdzie proporcje materiału w poszczególnych warstwach wynosiły 20%, 60% oraz 20%. Konkretnie warstwa A, stanowiąca zewnętrzną okładzinę, jak też warstwa C, również będąca okładziną zewnętrzną, zajmowały po 20% całkowitej masy, podczas gdy warstwa B, pełniąc funkcję rdzenia strukturalnego, stanowiła 60% masy folii. Grubość finalnych folii została ustalona na 110 µm.

Do produkcji folii wykorzystano recepturę obowiązującą w firmie Total-Chem Sp. z o.o., przeznaczoną dla folii typu FFS (*forming, filling and sealing*), opierając się wyłącznie na surowcach pierwotnych. Folia ta jest integralnym składni-

Tabela 1. Receptury folii przygotowanej do badań

Lp.	NAZWA	95% WARSTWY „B”			SUMA	OPIS
		REGRANULAT RPE	WYPEŁNIACZ CaCO ₃	GRANULAT LDPE		
1	EI.1	0%	0%	100%	100,00%	Folia referencyjna
2	EIV.601	60%	10%	30%	100,00%	Mieszanka regranulatu, granulatu i wypełniacza kredowego
3	EIV.602	60%	20%	20%	100,00%	
4	EIV.801	80%	10%	10%	100,00%	
5	EIV.802	80%	20%	0%	100,00%	

kiem procesów pakowania zautomatyzowanego oraz jest używana przez Total-Chem Sp. z o.o. od wielu lat i stanowi standard w asortymencie firmy. W ramach realizowanego eksperymentu opracowano pięć receptur folii, w tym jedną referencyjną, oznaczoną jako EI.1, dwie folie EIV.601 i EIV.602 z 60-procentową zawartością regranulatu polietylenu niskiej gęstości (RPE) z dodatkiem węgla wapnia (CaCO₃) w ilościach odpowiednio 10% i 20% oraz dwie mieszanki zawierające 80% RPE, oznaczone jako EIV.801 i EIV.802, które również wzbogacono o zmienną zawartość węgla wapnia, wynoszącą 10% i 20%. Modyfikacji dokonywano wyłącznie w warstwie B (środkowej) (tabela 1). Skład tych mieszanin został opracowany na podstawie wyników wstępnych analiz i testów technologicznych realizowanych w poprzednich fazach badań.

Próbki pobrano z miejsca, gdzie nie było widocznych uszkodzeń folii, a następnie kondycjonowano w temperaturze 23±0,2°C i wilgotności względnej 50±5% przez 72 h.

TECHNIKI BADAWCZE – BADANIE MIKROSKOPOWE

Aby zweryfikować wpływ modyfikacji na trójwarstwową strukturę folii LDPE, konieczne jest przeprowadzenie badań mikroskopowych jej przekroju. Te badania umożliwiają dokładną analizę równomierności oraz jakości dodatków takich jak regranulat czy wypełniacze mineralne. Badania mikroskopowe pozwalają ocenić, jak rozłożone są materiały dodatkowe w poszczególnych warstwach, co bezpośrednio wpływa na właściwości mechaniczne i elastyczność folii. Ponadto analiza ta pozwala wykryć ewentualne defekty strukturalne, takie jak pęcherze powietrza czy nierówności, które mogą wpływać na trwałość i jakość folii.

Przygotowanie próbek do badań mikroskopowych przeprowadzono, wykorzystując mikroskop optyczny Karl Zeiss AXIO Scope.A1, który wyposażony był w kamerę AxioCam ICc 5. Obserwacje przekroju poprzecznego folii realizowano w technice światła odbitego, korzystając z obiektywu EC Epiplan 20x/0,4 HD 422050-996.

Próbki z każdej z pięciu receptur przygotowywano przy użyciu mikrotomu Thermo Scientific™ HM 355S. Z badanej folii wycinano fragmenty o wymiarach 10x10 mm, które następnie umieszczano między dwiema polietylenowymi przekładkami o identycznych rozmiarach. Tak przygotowane próbki montowano w uchwycie mikrotomu, a następnie dokonywano cięcia skrawka o grubości 15 µm. Cięty skra-

wiek umieszczano na szkiełku mikroskopowym w celu dalszej analizy.

OZNACZENIE WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZDZIERANIE.

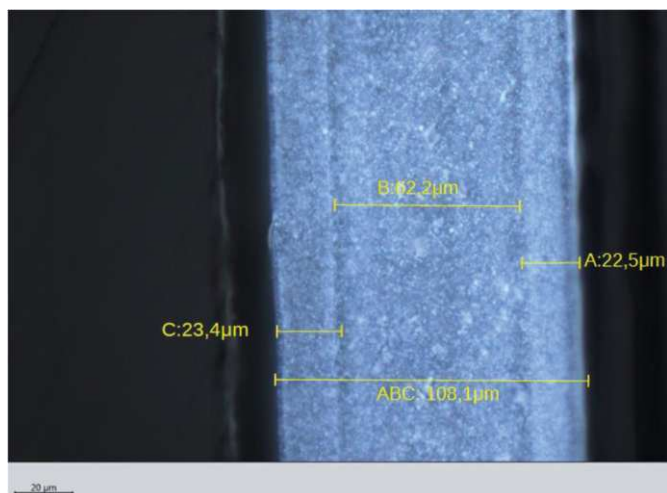
„METODA SPODNI” PN-EN ISO 6383-1

Aby ocenić wpływ zastosowania regranulatu RPE i węgla wapnia na wytrzymałość na rozdzieranie przygotowanych folii, przeprowadzono testy zgodnie z normą PN-EN ISO 6383-1:2015, która dotyczy oznaczania wytrzymałości folii i płyt plastycznych na rozdzieranie „metodą spodni”. Testy wykonano przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Shimadzu AGX-V o maksymalnej sile 10 kN, korzystając z głowicy pomiarowej o sile 100 N i prędkości 200 mm/min. Transfer danych pomiarowych odbywał się z częstotliwością 10 kHz, synchronicznie we wszystkich kanałach systemu.

Przygotowano próbki folii o grubości 0,11 mm, w kształcie prostokąta o wymiarach 150x 50 mm, z centralnie umieszczonym nacięciem o długości 75±1 mm. Z uwagi na możliwe różnice we właściwościach folii w zależności od kierunku równoległego i prostopadłego do kierunku wytłaczania dla każdej receptury przygotowano dwie serie próbek. Z każdego rodzaju próbki (wzdłuż i w poprzek) przetestowano co najmniej 5 sztuk. Przed rozpoczęciem testów próbki kondycjonowano przez 20 godzin w temperaturze 23±0,2°C i wilgotności względnej 50±5%. Badania przeprowadzono w warunkach znormalizowanych, zdefiniowanych przez normę PN-EN ISO 291:2010, tj. w temperaturze 23±0,2°C i wilgotności 50±2%.

WYNIKI I WNIOSKI – BADANIE MATERIAŁOGRAFICZNE PRZEKROJU FOLII 3-WARSTWOWEJ

Badania materiałograficzne przekroju poprzecznego folii, przedstawione na zdjęciach, pozwoliły na dokładne zbadanie jej struktury, ocenę symetrii rozłożenia warstw, pomiar ich grubości (rys. 1), obserwację ewentualnych defektów powstałych w wyniku modyfikacji próbek regranulatem RPE i węglanem wapnia. Wykonana analiza mikroskopowa potwierdziła trójwarstwową charakter wytworzonych folii FFS. Wszystkie warstwy badanych folii prezentują się jako ciągłe, pozbawione widocznych wad zarówno w strukturach zewnętrznych, jak i w warstwie środkowej. Warstwy zewnętrzne A i C nie były modyfikowane regranulatem i wypełniaczem mineralnym, co potwierdziły wykonane zdjęcia przekrojów poprzecznych folii (rys. 2). Warstwy są jednorod-



Rys. 1. Obraz mikroskopowy przekroju trójwarstwowej folii: pomiar grubości warstw (badania własne)

ne i nie zawierają w swojej strukturze widocznych pęknięć i innych uszkodzeń. Potwierdzono, że warstwy zewnętrzne A i C mają zachowane te same proporcje. Grubość warstwy A wynosi około 22,5 μm , co stanowi około 20% grubości całej folii; analogicznie grubość warstwy C to około 23,4 μm .

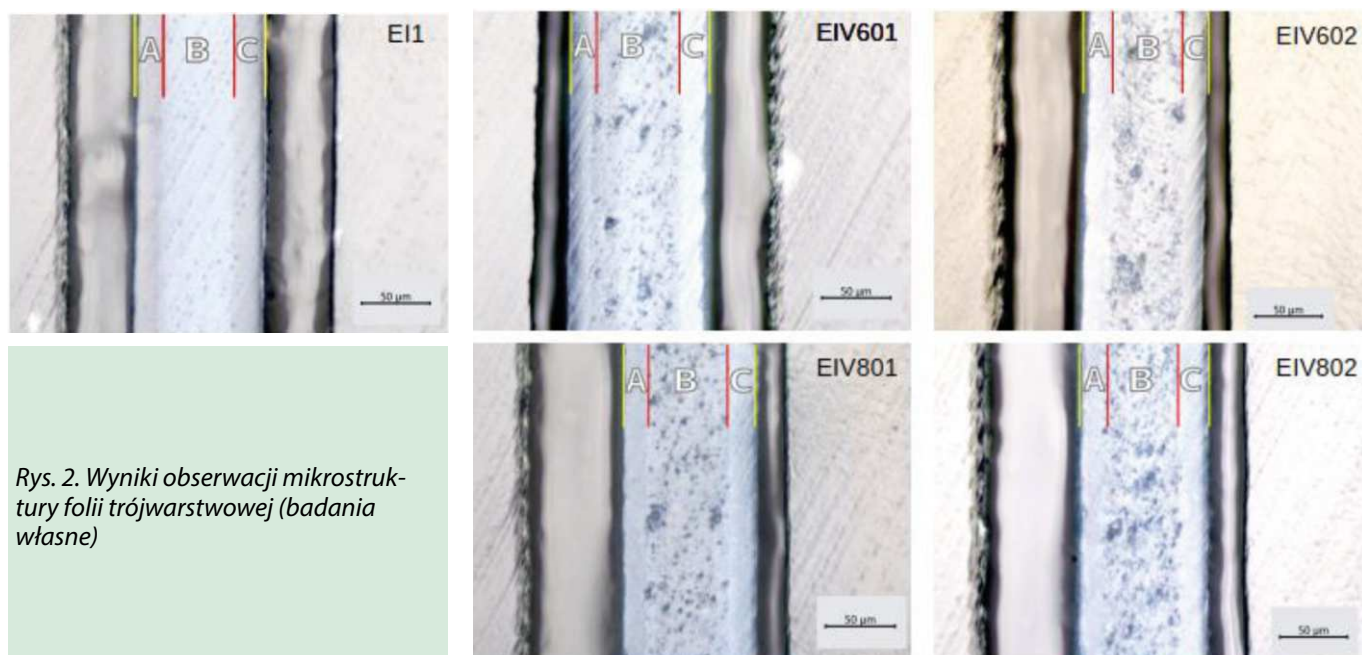
Warstwa środkowa B ma grubość około 62,2 μm , co stanowi około 57,54% grubości całej folii. Analizując zdjęcie folii referencyjnej EI1 (rys. 2, EI1) zawierającej 100% pierwotnego polietylenu, można zauważyć brak jakichkolwiek wtrąceń i obcych cząstek w warstwie B.

Analiza warstwy środkowej B folii modyfikowanych węglanem wapnia wykazała obecność cząstek wypełniacza kredowego o zróżnicowanej wielkości, od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów, co jest wynikiem procesu produkcyjnego węglanu wapnia, w szczególności procesu mielenia. W trakcie mielenia naturalnego kamienia do formy proszku niemożliwe jest uzyskanie cząstek o dokładnie takim samym rozmiarze ze względu na naturalną zmienność minerału oraz ograniczenia technologiczne związane z procesem mielenia. W konsekwencji zawsze powstaje dystrybucja

cząstek o różnych wielkościach. Próba zmielenia wszystkich cząstek do jednolitego, bardzo małego rozmiaru mogłaby degradować węglan wapnia przez nadmierne wydzielanie ciepła podczas mielenia, co mogłoby zmienić niektóre właściwości chemiczne lub fizyczne wypełniacza. Duży rozrzut wielkości cząstek może negatywnie wpłynąć na właściwości mechaniczne badanych folii, takie jak wytrzymałość, elastyczność i odporność na rozdarcie. Ponadto duża różnorodność rozmiarów cząstek węglanu wapnia może prowadzić do nieregularności w strukturze folii, co może osłabić jej wytrzymałość i spowodować zwiększoną podatność na uszkodzenia mechaniczne. Dyspersja wypełniacza kredowego w warstwie środkowej B jest zadowalająca. Większość cząstek wypełniacza jest rozłożona równomiernie w całej warstwie, aczkolwiek są widoczne pojedyncze aglomeracje węglanu wapnia o wielkości 21-33 μm , szczególnie w folii zawierającej 20% wypełniacza, tj. EIV602 oraz EIV802 (rys. 2, EIV602, EIV802). W miarę wzrostu procentowej zawartości wypełniacza kredowego i regranulatu RPE w warstwie środkowej B folii obserwuje się stopniowe zwiększanie nieregularności krawędzi tej warstwy. Jednakże istotne jest podkreślenie, że pomimo tego zjawiska nieregularności pozostają w granicach tolerancji i nie przekraczają struktur warstw zewnętrznych A i C. W praktyce utrzymanie modyfikacji w obrębie warstwy B, bez ich ekstensywnego rozprzestrzeniania się na warstwy otaczające, może być kluczowe z perspektywy opracowania folii opakowaniowych zawierających maksymalną ilość materiału z recyklingu w swoim składzie. Jednocześnie konieczne jest monitorowanie ewentualnych zmian w kluczowych parametrach funkcjonalnych folii FFS takich jak wytrzymałość mechaniczna.

OZNACZENIE WYTRZYMAŁOŚCI NA ROZDZIERANIE. „METODA SPODNI” PN-EN ISO 6383-1

Analiza wytrzymałości folii opakowaniowej na rozdzieranie jest istotnym aspektem oceny jej funkcjonalności jako opakowania. Istotne jest przeprowadzenie dogłębnej oceny,

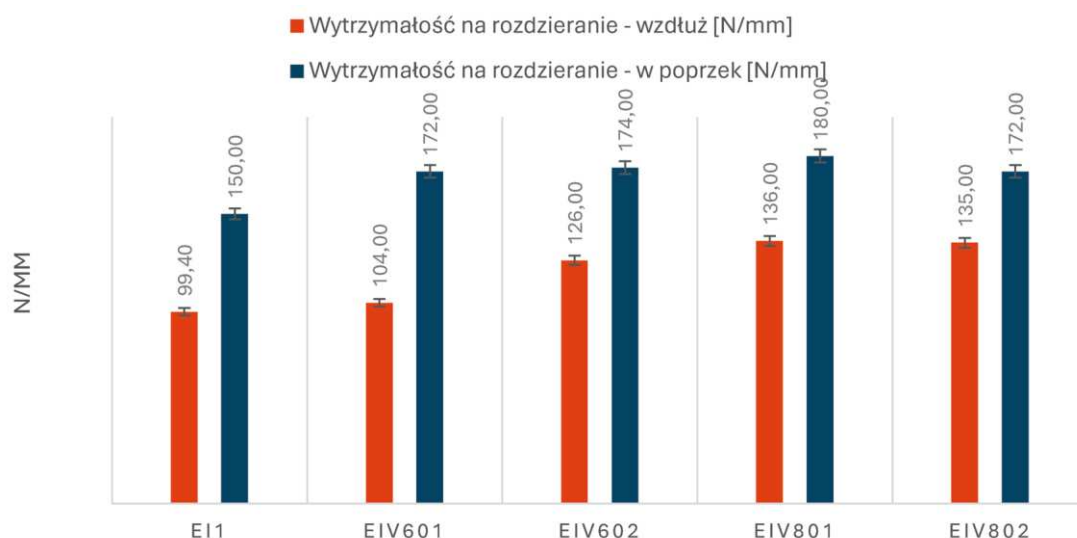


Rys. 2. Wyniki obserwacji mikrostruktury folii trójwarstwowej (badania własne)

Tabela 2. Wyniki badań rozdierania (badania własne)

Nazwa próbki	Wytrzymałość na rozdieranie – wzdłuż [N/mm]	odch. stand. [N/mm]	Wytrzymałość na rozdieranie – w poprzek [N/mm]	odch. stand. [N/mm]
EI1	99,40	19,54870	150,00	61,72360
EIV601	104,00	12,59760	172,00	13,17190
EIV602	126,00	5,68331	174,00	19,97500
EIV801	136,00	10,43070	180,00	9,54987
EIV802	135,00	14,16690	172,00	11,52390

Rys. 3. Wykres wytrzymałość na rozdieranie „Metoda spodni” wg EN ISO 6383-1 – wzdłuż i w poprzek kierunku wytłaczania [N/mm]



jak modyfikacje za pomocą regranulatu RPE oraz dodatku wypełniacza mineralnego wpływają na parametry wytrzymałościowe folii, szczególnie w kontekście jej podatności na rozdarcia. Procedura badawcza została wykonana w orientacji zarówno wzdłużnej, jak i poprzecznej w stosunku do kierunku wytłaczania folii, zgodnie z normą PN-EN ISO 6383-1. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.

Na wykresie zobrazowano graficznie wyniki wytrzymałości na rozdieranie wzdłuż i w poprzek kierunku wytłaczania (rys. 3). W ramach przeprowadzonych badań stwierdzono, że

próbka referencyjna oznaczona jako EI1 wykazywała najniższą wytrzymałość na rozdieranie, osiągając wartości 99,40 N/mm w kierunku wzdłużnym i 150 N/mm w kierunku poprzecznym. Najwyższe wartości wytrzymałości na rozciąganie zanotowano dla próbki EIV801, która składała się z 80% regranulatu RPE, 10% węgla wapnia i 10% pierwotnego granulatu PE w warstwie środkowej, uzyskując wyniki 136 N/mm wzdłużnie i 180 N/mm poprzecznie.

Dodatkowo wyniki badań wykazały wzrost wytrzymałości na rozciąganie we wszystkich próbkach modyfikowanych

REKLAMA



M-ROL Sp. z o. o.
63-430 Odolanów
ul. Trzy mosty 10
mrol.com.pl
+48 62 735 90 10

MASZyny DO RECYKLINGU

Pionowy mieszalnik
Poziomy przenośnik ślimakowy



Pionowy przenośnik ślimakowy

Rozdrabniacz zasypowy
bijakowy grawitacyjny



Poziomy mieszalnik pasz sypkich

Kruszarka
Plastiku





Przenośnik ślimakowy
czerpiący ocynkowany

w porównaniu z folią referencyjną, co potwierdza korzystny wpływ wykorzystania materiału z recyklingu oraz wypełniacza na parametry mechaniczne folii. Zauważono poprawę wytrzymałości od 4,63% do 36,82% w kierunku wzdłużnym i od 14,67% do 20% w kierunku poprzecznym.

Zwiększenie wytrzymałości folii polietylenowej stanowi dodatkową korzyść, szczególnie w kontekście jej zastosowania jako materiału opakowaniowego dla towarów o znacznej masie (20-30 kg) oraz mających ostre krawędzie, takich jak węgiel czy kamień. Jako jeden z mechanizmów zwiększających odporność folii na rozdarcie można wymienić modyfikację folii regranulatem RPE. Regranulat polietylenu w dużej mierze jest produkowany z odpadowej folii stretch wykonanej z polietylenu liniowego niskiej gęstości (LLDPE), który jest często wykorzystywany w logistyce do stabilizacji ładunków na paletach. Charakteryzuje się wysoką odpornością na rozciąganie, wytrzymałością mechaniczną oraz elastycznością. Udział masowy folii stretch w regranulatach wynosi od 30% do 70%.

WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, że zastosowanie regranulatu polietylenu niskiej gęstości (RPE) oraz węgla wapnia jako dodatków w warstwie środkowej folii trójwarstwowej może znacząco wpływać na ich właściwości mechaniczne. Analiza wytrzymałości na rozdarcie folii, przeprowadzona zgodnie z normą PN-EN ISO 6383-1:2015, wykazała, że folie z dodatkiem RPE i węgla wapnia wykazują wyższą wytrzymałość na rozdarcie w porównaniu z folią referencyjną wykonaną wyłącznie z pierwotnego polietylenu.

Najniższą wytrzymałość na rozdarcie odnotowano dla folii referencyjnej, podczas gdy najwyższe wartości zarejestrowano dla próbki EIV801, która zawierała 80% regranulatu RPE i 10% wypełniacza z CaCO_3 . Próbką EIV801 wykazała poprawę wytrzymałości na rozdarcie o 36,82% w kierunku wzdłużnym i o 20% w kierunku poprzecznym w porównaniu z folią referencyjną. Wyniki te sugerują, że zastosowanie materiałów pochodzących z recyklingu nie tylko wspiera zasady gospodarki obiegu zamkniętego, lecz także może przyczyniać się do poprawy parametrów wytrzymałościowych folii.

Badania mikroskopowe przekrojów folii potwierdziły jednorodność struktury oraz odpowiednią dyspersję wypełniacza w warstwie środkowej. Mimo różnorodności wielkości cząstek węgla wapnia większość z nich była równomiernie rozłożona, choć zaobserwowano nieliczne aglomeracje. Te obserwacje są kluczowe dla zrozumienia wpływu dodatków na właściwości mechaniczne folii, w tym na ich wytrzymałość, elastyczność oraz odporność na rozdarcie.

LITERATURA

- [1] Plastics Europe Market Research Group (PEMRG) oraz Conversio Market & Strategy GmbH, <https://plasticseurope.org/pl/resources/market-data/>
- [2] Ekoprojektowanie opakowań. Poradnik przedsiębiorcy – Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, 2019.
- [3] Rabek J., Polimery – otrzymywanie, metody badawcze, zastosowanie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.

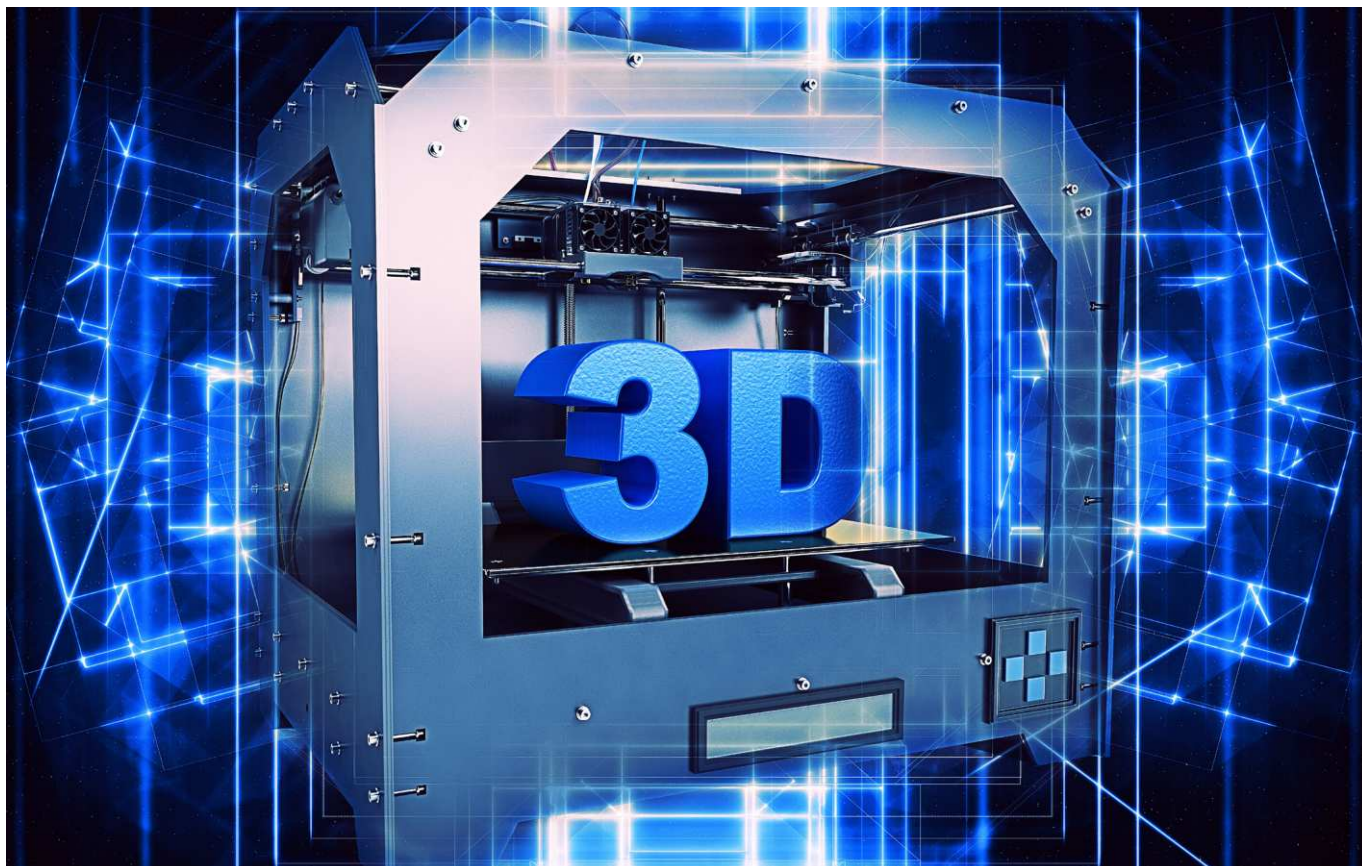
- [4] Hyla I., Tworzywa sztuczne. Własności – Przetwórstwo – Zastosowanie, Gliwice 2004.
- [5] Bilewicz M., Tański T., Gliński T., Viana J., Structure of N-Layer Film Obtained by Developed Blow Molding Process, Solid State Phenomena, Vol. 326 (2021), 1662-9779, pp. 101-107.
- [6] Stasiak J., Kierunki rozwoju linii do wytłaczania z rozdmuchiwaniem folii, w tym z rozdmuchiwaniem dwustopniowym, 2005.
- [7] PN-EN ISO 291:2010 Tworzywa sztuczne – Znormalizowane warunki klimatyczne kondycjonowania i badania.
- [8] PN-EN ISO 527-3:2019-01 Tworzywa sztuczne – Oznaczanie właściwości przy rozciąganiu – Część 3: Warunki badań folii i płyt.
- [9] <https://www.q-lab.com/pl-pl/products/quv-weathering-tester/quv>
- [10] Żarczyński A., Dmowska A., Napełniacze mieszanek gumowych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1970.
- [11] Sikora R., Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych, Wydawnictwo Edukacyjne Zofii Dobkowskiej, Warszawa 1993.
- [12] Szlezyngier W., Brzozowski Z.K., Tworzywa sztuczne, tom I, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów 2012.
- [13] Szlezyngier W., Brzozowski Z.K., Tworzywa sztuczne, tom II, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów 2012.
- [14] Szlezyngier W., Brzozowski Z.K., Tworzywa sztuczne, tom III, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów 2012.
- [15] PN-EN 1297:2006
- [16] Michalska-Požoga I., Wpływ procesu starzenia na właściwości mechaniczne PE-LD poddanego wielokrotnej recyrkulacji w układzie ślimakowym i ślimakowo-tarczowym, Przetwórstwo Tworzyw 2 (marzec – kwiecień) 2014.
- [17] Michalska-Požoga I., Proces starzenia a właściwości fizykochemiczne LDPE po wielokrotnym wytłaczaniu, Przetwórstwo Tworzyw 3/(141) maj – czerwiec 2011.
- [18] Gliński T., Tański T., Bilewicz M. 2021. Przemysłowe technologie rozdmuchu materiałów polimerowych. LAB – Laboratoria, Aparatura, Badania 4, 28–31.
- [19] Kelar K., Ciesielska D., Fizykochemia polimerów – wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1997.
- [20] Żuchowska D., Polimery konstrukcyjne, WNT, Warszawa 2002.
- [21] Broniewski T., Kapko J., Płaczek W., Thomalla J., Metody badań i ocena właściwości tworzyw sztucznych, WNT, Warszawa 2000.
- [22] Sobków D., Barton J., Czaja K., Sudoł M., Mazoń B., Badania odporności materiałów na działanie czynników środowiska naturalnego, Chemik 2014, 68, 4, 347–354.
- [23] Michalska-Požoga I., Warunki starzenia tworzyw polimerowych. Materiały konferencyjne XIV Profesorskich Warsztatów Naukowych, Politechnika Rzeszowska, Krasiczyn 2009, s. 99- 102.

Artykuł został po raz pierwszy zamieszczony w monografii pt. „Interdyscyplinarne badania młodych naukowców”, 2024, s. 181 – 191.

Mgr Tomasz Gliński¹, dr hab. inż. Tomasz Tański, prof. PŚ², dr inż. Marcin Bilewicz

1 – Total-Chem. Sp. z o.o., Węglowa 13, 44-240 Żory

2 – Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Katedra Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Gliwice



Era przemysłowego druku 3D

Joanna Walter

DLACZEGO WARTO SKORZYSTAĆ Z USŁUG DRUKU 3D ZAMIAST INWESTOWAĆ WE WŁASNE DRUKARKI 3D?

W ostatnich latach druk 3D stał się nieodłącznym elementem nowoczesnej produkcji, umożliwiając szybkie tworzenie prototypów, części zamiennych, jak również finalnych produktów. Firmy coraz częściej rozważają wykorzystanie tej technologii jako sposobu na zwiększenie efektywności produkcji i wprowadzenie innowacji. Przedsiębiorcy stają więc przed decyzją: czy lepiej jest skorzystać z usług firm specjalizujących się w druku 3D, czy zainwestować w zakup i utrzymanie własnej drukarki 3D?

W niniejszym artykule przyjrzymy się argumentom przemawiającym za korzystaniem z usług druku 3D, które mogą okazać się bardziej korzystne i opłacalne.

NIŻSZE KOSZTY POZATKOWE I BRAK KOSZTÓW UTRZYMANIA SPECJALISTYCZNEGO SPRZĘTU

Zakup drukarki 3D, zwłaszcza przemysłowej, wiąże się z niemałymi kosztami początkowymi. Ceny urządzeń wysokiej jakości, które są zdolne do druku precyzyjnych i wytrzymałych elementów, mogą zaczynać się od kilkudziesięciu tysięcy złotych i sięgać nawet setek tysięcy. Do tego dochodzą koszty materiałów eksploatacyjnych (filamenty, żywice itp.),

konserwacji i serwisowania sprzętu. Korzystając z usług zewnętrznej firmy specjalizującej się w druku 3D, unikamy wymienionych wyżej wydatków. Usługobiorca płaci jedynie za wydruki (gotowy wyrób, detal czy też element), których faktycznie potrzebuje, co jest dużym plusem przy projektach o nieregularnym zapotrzebowaniu na drukowane komponenty. Plusem dodatkowym jest również łatwiejsza kontrola budżetu, gdyż płacimy tylko za rzeczywiste realizacje.

DOSTĘP DO NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII I SZEROKIEJ GAMY MATERIAŁÓW

Druk 3D to nie tylko technologia FDM (*Fused Deposition Modeling*), ale również inne metody, takie jak: SLA (stereolitografia), SLS (selektywne spiekanie laserowe), DMLS (drukowanie metalem) i wiele innych, które różnią się zastosowaniami i wymagają różnorodnych maszyn oraz filamentów.

Decydując się na współpracę z profesjonalnym dostawcą usług druku 3D, możemy uzyskać dostęp do najnowszych technologii i materiałów bez konieczności inwestowania w różne maszyny i bez potrzeby zakupu filamentu. Specjalistyczne firmy dysponują urządzeniami zdolnymi do drukowania z materiałów o różnej wytrzymałości, elastyczności,



odporności termicznej i chemicznej, co daje pełną elastyczność w doborze technologii do konkretnego projektu.

EKSPERCKA WIEDZA I DOŚWIADCZENIE

Druk 3D, choć na pozór może wydawać się prosty, wymaga specjalistycznej wiedzy i doświadczenia, szczególnie aby uzyskać oczekiwane produkty o wymaganej przez użytkownika końcowego jakości. Różne technologie i materiały mają swoje unikalne właściwości, co wymaga ustawienia odpowiednich parametrów druku. Wybór złych parametrów może skutkować wydrukami złej jakości lub zwiększonymi kosztami produkcji.

Korzystając z usług profesjonalnych firm, masz pewność, że nad projektami pracują specjaliści technologii druku 3D i nie ponosisz ryzyka utraty czasu i kosztów. Eksperci są w stanie dobrać najlepsze rozwiązania, zoptymalizować proces drukowania i doradzić, jaki materiał wybrać, tak aby uzyskać oczekiwaną wytrzymałość i wygląd modelu.

ZMNIEJSZENIE RYZYKA PRZESTOJU PRODUKCJI

Prowadzenie druku 3D w firmie wiąże się z ryzykiem przestoju związanych z awariami urządzeń czy brakiem materiałów eksploatacyjnych. Profesjonalne drukarki 3D, jak każde zaawansowane maszyny, wymagają regularnej konserwacji, a ich naprawy bywają kosztowne i czasochłonne. Przestoje w druku mogą opóźnić realizację projektów, generując dodatkowe koszty. Firmy specjalizujące się w usługach druku 3D dysponują zapasowym sprzętem i magazynem materiałów, co gwarantuje nieprzerwaną realizację zamówień. Dodatkowo, ich serwis zapewnia regularną konserwację urządzeń, co minimalizuje ryzyko awarii.

ELASTYCZNOŚĆ W SKALI PRODUKCJI I BRAK KOSZTÓW STAŁYCH

Korzystając z usług firm zewnętrznych możesz dostosować skalę zamówienia do bieżących potrzeb bez konieczności ponoszenia stałych kosztów związanych z utrzymaniem

sprzętu, który w danym momencie nie jest wykorzystywany. Usługi druku 3D pozwalają na produkcję zarówno pojedynczych prototypów, jak i większych serii, co jest idealnym rozwiązaniem dla firm o zmiennym zapotrzebowaniu produkcyjnym. W zależności od projektu możesz dostosować liczbę wydruków bez zwiększania kosztów operacyjnych.

BRAK DODATKOWYCH KOSZTÓW PERSONALNYCH I SKUPIENIE NA PODSTAWOWEJ DZIAŁALNOŚCI FIRMY

Utrzymanie własnego parku maszynowego drukarek 3D wymaga zarządzania, serwisowania oraz wiedzy technicznej, czyli dużej ingerencji dostępnego personelu firmy lub stworzenia dodatkowych miejsc pracy.

Decydując się na outsourcing usług druku 3D, przedsiębiorstwo może skoncentrować się na rozwijaniu swoich kluczowych obszarów, takich jak projektowanie, sprzedaż czy marketing, a proces drukowania pozostawić specjalistom bez generowania dodatkowych kosztów personalnych.

OSZCZĘDNOŚĆ MIEJSCA I INFRASTRUKTURY W FIRMIE

Utrzymanie własnego parku maszynowego drukarek 3D wymaga nie tylko kosztownej inwestycji, ale również odpowiedniego miejsca i infrastruktury. Drukarki 3D przemysłowe, zwłaszcza te o większych możliwościach produkcyjnych, zajmują sporo przestrzeni, a także potrzebują dodatkowego wyposażenia, takiego jak wentylacja, magazyn filamentów oraz stanowiska do post-processingu (np. do usuwania podpór, szlifowania czy obróbki powierzchni).

Decydując się na outsourcing usług druku 3D, firma nie musi wygospodarowywać przestrzeni na dodatkowe maszyny i związane z nimi zasoby. W przypadku małych i średnich przedsiębiorstw oszczędność miejsca może być kluczowym czynnikiem, ponieważ każde dodatkowe stanowisko pracy to koszt, zarówno logistyczny, jak i finansowy.

Skorzystanie z usług druku 3D zamiast inwestowania we własne drukarki 3D do firmy ma liczne zalety, które mogą przynieść spore oszczędności, zwiększyć elastyczność i zagwarantować wysoką jakość wydruków. Profesjonalne firmy drukujące 3D zapewniają dostęp do nowoczesnych technologii, ekspercką wiedzę oraz wsparcie, które minimalizują ryzyko przestoju i pozwalają na dostosowanie produkcji do bieżących potrzeb.

Outsourcing usług druku 3D to świetne rozwiązanie dla firm o zmiennym zapotrzebowaniu na wydruki oraz dla tych, które chcą eksperymentować z nowymi technologiami bez ponoszenia wysokich kosztów początkowych i operacyjnych, a także dla firm, którym zależy na czasie i niższych cenach wydruku, pomijając kosztowne i czasochłonne do zrealizowania formy wtrysku. Wybierając profesjonalne usługi druku 3D, zyskujesz pewność, że twoje projekty są w rękach specjalistów, co pozwala skupić się na kluczowych działaniach firmy i dynamicznie rozwijać własną ofertę.

Joanna WALTER
BOSON Group PSA



Plastech

RAZEM

TWORZYMYSZ NASZ ŚWIAT

PLASTECH'2025

**PLASTECH'2025 | 02/03-04.IV.2025 |
SANATORIUM MILICYJNE NAŁĘCZÓW**

Tworzywa sztuczne
jako napęd dla rozwoju
kluczowych sektorów przemysłu

WWW.PLASTECH.TWORZYWA.PL



tworzywa.org

Portal branży tworzyw



www.tworzywa.org | redakcja@tworzywa.org

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

85-758 Bydgoszcz, ul. Przemysłowa 8C