

Biopolimery – uwarunkowania wtrysku

Biopolymers – injection process requirements

ANDRZEJ ZWIERZYŃSKI*

DOI: 10.17814/mechanik.2015.4.157

Opisano zagadnienia związane z technologią wtryskiwania biopolimerów. Przedstawiono sytuację rynkową oraz ogólną charakterystykę materiałową biopolimerów przeznaczonych do wtryskiwania. Omówiono kwestie technologiczne związane z wtryskiwaniem biopolimerów, np.: uwarunkowania technologiczne procesu wtrysku, przygotowanie materiału do wtrysku, wyposażenie, tj. rodzaje wtryskarek, charakterystykę konstrukcji form wtryskowych i ich układów technologicznych oraz wykorzystanych materiałów narzędziowych. Zaprezentowano problemy utylizacji/recyklingu odpadów biopolimerowych. W części końcowej opisano główne zastosowania oraz kierunki rozwoju wtrysku biopolimerów.

SŁOWA KLUCZOWE: tworzywa sztuczne, wtryskiwanie, biopolimery

Outlined are issues related to biopolymer injection technology. Presented is biopolymer market situation and general material characteristics desired for production of biopolymer parts. Discussed are technical issues associated with the injection of biopolymers such as the injection process conditions, injection molding material preparation procedures, machine characteristics, i.e. common types injection molding, injection mold and their process systems design requirements and application of tool materials. Also presented are issues respective disposal and recycling of biopolymer materials. In final section described are main areas of application and biopolymer injection industry development trends.

KEYWORDS: plastics, injection, biopolymers

Próby szerszego wprowadzenia na rynek biopolimerów są podejmowane już od ponad 20 lat, jednak dopiero w ostatnim dziesięcioleciu materiały te zyskują coraz większe znaczenie w procesach formowania wtryskowego. Jest to spowodowane kilkoma czynnikami związanymi z ogólnosiwiatowymi trendami ekologicznymi, a także:

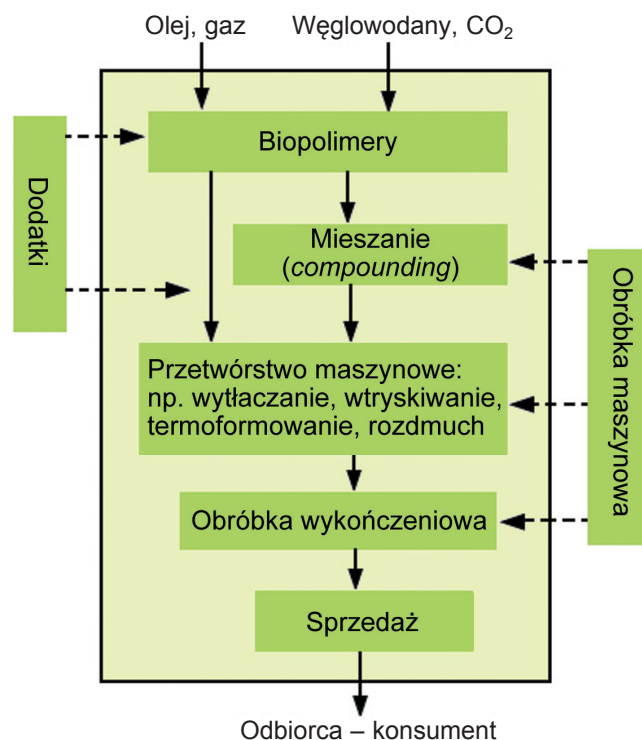
- wzrostem cen polimerów syntetycznych wywołanym ogólnym wzrostem cen surowców petrochemicznych (bez uwzględniania spadku cen ropy w ostatnim roku, który wynikał ze względów politycznych),
- restrykcyjnymi przepisami dotyczącymi ochrony środowiska naturalnego narzucającymi producentom i przetwórcom szereg obowiązków i opłat materiałowych związanych z wprowadzaniem na rynek potencjalnego źródła zagrożenia ekologicznego,
- opracowaniem i wdrożeniem nowych rodzajów biopolimerów o dobrych własnościach użytkowych i przetwórczych, dostępnych po akceptowalnych przez rynek cenach (jest to efekt przeznaczenia znacznych środków finansowych na badania i rozwój tej branży, dzięki czemu dokonał się szybki postęp w technologii pozyskiwania biopolimerów),

- pozyskiwaniem polimerów ze źródeł odnawialnych (roślinnych i zwierzęcych, często będących odpadami przemysłowymi i pozyskiwania innych materiałów, np. papieru).

Biopolimery są w większości pozyskiwane z surowców odnawialnych – takich jak: cukier, skrobia, oleje roślinne, celuloza, ligniny – lub z surowców petrochemicznych i mogą być biodegradowalne lub nie [1,4]. Obecnie ok. 60% biopolimerów pozyskiwanych ze źródeł odnawialnych jest biodegradowalnych.

Biopolimery biodegradowalne to takie, które ulegają rozkładowi w określonym czasie. Najkrótsze obecnie czasy biodegradacji tworzyw można liczyć nawet w godzinach (w bardzo sprzyjających warunkach), natomiast najdłuższe – w latach. Realne czasy biodegradacji na poziomie od kilku tygodni do kilku lat są obecnie akceptowalne. Czas biodegradacji jest określany zależnie od potrzeb, dla konkretnego wyrobu.

Wszystkie biopolimery mogą być używane w postaci czystej (100% polimeru) lub w połączeniu z innymi polimerami (zwykle dodatek biopolimeru wynosi powyżej 20%) oraz takimi dodatkami, jak wypełniacze, włókna wzmacniające czy barwniki (rys. 1). Biopolimery można przetwarzać z zastosowaniem standardowych technologii przetwórstwa tworzyw sztucznych.



Rys. 1. Cykl produkcyjny wyrobów z biopolimerów [5]

* Mgr inż. Andrzej Zwierzyński (azgktech@wp.pl) – AZ-GK-Tech, Otwock

Podstawowe korzyści wynikające z użycia biopolimerów to:

- ochrona zasobów petrochemicznych i sięganie do odnawialnych źródeł pozyskiwania,
- redukcja odpadów biodegradowalnych wykorzystywanych do produkcji polimerów,
- redukcja pośrednich odpadów alergizujących oraz toksycznych,
- możliwość tworzenia różnorodnych kombinacji biopolimerów i włókien naturalnych,
- szerokie możliwości regulowania różnych własności użytkowych wyrobów.

Biopolimery jako materiał konstrukcyjny (i wdrożone do praktyki przemysłowej z ich udziałem aplikacje) stanowią ciekawą alternatywę nie tylko dla termoplastów, ale także niektórych duroplastów i elastomerów (głównie termoplastycznych). Czynniki poważnie ograniczającymi szersze zastosowanie biopolimerów są: stosunkowo mała paleta dostępnych tworzyw, w wielu przypadkach niewystarczające własności użytkowe oraz wyższe ceny zakupu materiałów.

Rynkowy udział biopolimerów jest jeszcze bardzo mały i według szacunków w Europie w 2010 r. kształtował się na poziomie ok. 1%, natomiast prognozy na rok 2020 przewidują zwiększenie tego udziału do poziomu nie więcej niż 5%.

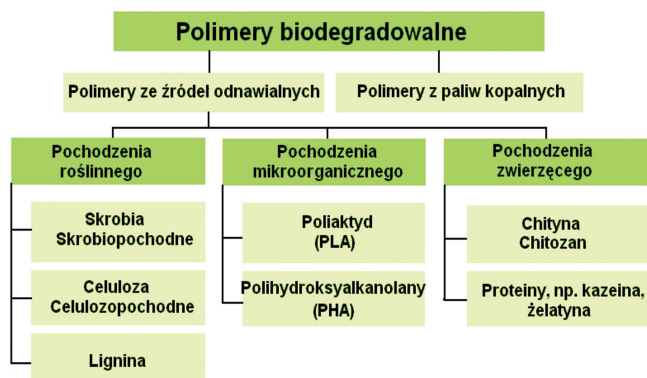
Biopolimery do wtryskiwania – charakterystyka materiałowa

Dostępne na rynku biopolimery do wtryskiwania można podzielić (pod względem biodegradowalności) na trzy zasadnicze grupy [8, 10]:

- biopolimery ze źródeł odnawialnych (BO) oraz biodegradowalne,
- biopolimery ze źródeł odnawialnych (BO), ale nieulegające biodegradacji,
- polimery syntetyczne ulegające biodegradacji.

Szczególnie interesujące są biopolimery biodegradowalne, zwłaszcza pozyskiwane ze źródeł odnawialnych (biopolimery syntetyczne ulegające biodegradacji mają obecnie tylko kilka procent udziału w rynku). Każdą z tych kategorii można podzielić na kilka klas. Wśród polimerów biodegradowalnych można wyróżnić następujące grupy tworzyw przeznaczonych do wtryskiwania (rys. 2):

- biopolimery (BO) ulegające biodegradacji pochodzenia mikroorganicznego: poliaktyd (polikwas mlekowy, PLA; własnościami zbliżony do PS, PCV i PP; zawierający ok. 35÷40% polimerów biodegradowalnych) i polihydroksymaślan (PHB; o właściwościach fizykochemicznych zależnych od składu – ma szeroką gamę odmian);
- biopolimery (BO) ulegające biodegradacji pochodzenia roślinnego: pochodne skrobi (o właściwościach zbliżonych do PP), pochodne celulozy (CA; o właściwościach zbliżonych do tworzyw celulozowych) i na bazie ligniny;
- biopolimery (BO) ulegające biodegradacji pochodzenia zwierzęcego: na bazie chityny i chitozanu,
- biopolimery (BO) ulegające biodegradacji pochodzenia syntetycznego: poliestry i polikaprolakton (PCL).



Rys. 2. Podział polimerów biodegradowalnych [5]

Biodegradacja jest procesem stopniowym, wywołanym działaniem mikroorganizmów (bakterii, grzybów). Jej przebieg jest dość złożony, ponieważ zachodzi tu szereg reakcji o charakterze chemiczno-biologicznym. W czasie biodegradacji polimeru następują kolejne etapy skracania łańcucha i rozkład na związki przyjazne dla środowiska naturalnego, np. wodę czy dwutlenek węgla. Skład biopolimerów jest tak dobierany, aby w sprzyjających warunkach użytkowania (np. w ogrodnictwie – rys. 3, medycynie) lub utylizacji (składowanie na wysypisku śmieci) w wyniku depolimeryzacji zostały wytworzone proste związki chemiczne, które mogłyby stanowić pożywienie dla mikroorganizmów. Produktami biodegradacji tworzyw są: biomasa, woda i gazy (dwutlenek węgla, metan). Przebieg biodegradacji, zwłaszcza jej szybkość, poza składem chemicznym zależy od takich czynników, jak: warunki zewnętrzne, długość łańcuchów, masa cząsteczkowa, stopień krystalizacji, geometria wyrobu (kształt, wymiary – np. grubość), hydrofilowość oraz struktura powierzchni.



Rys. 3. Proces biodegradacji doniczki [10]

W materiałach przeznaczonych do wtryskiwania udział czystego biopolimeru wynosi zwykle od kilkudziesięciu do 100%. Biopolimery mogą być także wzmocniane włóknami naturalnymi i wypełniaczami, również z materiałów biodegradowalnych. Dodatki wzmocniające, barwniki oraz inne materiały dodawane w celu uzyskiwania szczególnych własności użytkowych powodują obniżenie ceny materiału przeznaczonego do przetwórstwa.

Jako napelniacze stosowane są materiały organiczne (np. mączka drzewna, celuloza) lub nieorganiczne (włókna i kulki szklane, mika, a więc niebiodegradowalne, ale niestwarzające zagrożenia ekologicznego).

Biopolimery są cenionymi materiałami konstrukcyjnymi ze względu na takie własności użytkowe, jak:

- degradowalność w warunkach użytkowania wyprasek (istotne w medycynie i ogrodnictwie),
- wytrzymałość mechaniczna i sztywność,
- twardość i jakość powierzchni,
- udamność,
- niski poziom skurczu – 0,2÷0,4%,
- korzystne własności elektryczne,
- stabilność wymiarowa i małe współczynniki rozszerzalności cieplnej,
- zadowalająca odporność chemiczna i nietoksyczność.

Uwarunkowania technologiczne i wyposażenie

Wtryskiwanie biopolimerów jest podobne do wtrysku termoplastów. Specyfiką niektórych biopolimerów jest ich wrażliwość termiczna, która wymusza delikatne prowadzenie procesu uplastyczniania tworzywa, aby nie dopuścić do jego uszkodzenia termicznego w cylindrze. Cel ten jest osiągnięty przez prowadzenie procesów uplastyczniania z obniżonym profilem temperatury oraz stosowanie specjalnych układów uplastyczniających we wtryskarkach.

Biopolimery mogą stanowić 100% wtryskiwanego materiału lub być dodatkiem do polimeru syntetycznego. Dodawanie tworzyw biodegradowalnych do typowych termoplastów wymaga pewnej korekty parametrów wtryskiwania (np. obniżenie temperatury wtrysku), jednak nie zmieniają one całkowicie tego procesu.

Do przetwarzania mogą być wykorzystywane wtryskarki standardowe lub ze zmodyfikowanym układem uplastyczniającym (umożliwiającym uplastycznianie delikatnych biopolimerów w sposób kontrolowany i bezpieczny).

Łagodny przebieg uplastyczniania oraz stosowanie niskich profili temperatur obniżają zużycie energii elektrycznej nawet o 30%.

Ze względu na wrażliwość termiczną większości biopolimerów zaleca się ograniczanie do minimum czasu przebywania tworzywa w cylindrze wtryskarki oraz przetrzymywanie cylindra przed produkcją i po jej zakończeniu za pomocą LDPE lub PP. Szczególnie ważny jest dobór odpowiedniej wielkości układu uplastyczniania i zakresów pracy ślimaka, które są podobne do zakresów dla typowych termoplastów i wynoszą $1\div 3D$ (D – średnica ślimaka).

Wtryskiwanie biopolimerów – z uwagi na bardzo dynamiczny przebieg tej operacji (duże prędkości i ciśnienie) – może niekorzystnie wpływać na jakość produkowanych wyprasek, dlatego niekiedy korzystniej jest zastosować wtrysk z doprasowaniem. Zalety wtrysku z doprasowaniem to: redukcja skurczu wyprasek, lepsze odpowietrzenie formy, mniejsze deformacje wyprasek i orientacje wypełniaczy wzmacniających, niskie ciśnienie wypełniania gniazda, eliminacja części linii łączenia, mniejsze zużycie ślimaka i cylindra.

Niektóre biopolimery mogą chłonić wilgoć – wówczas zalecane jest ich podsuszanie. Zwykle przeprowadzane jest w temperaturze $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ przez okres $2\div 4$ h.

Podczas wtryskiwania mogą być dodawane przemięta w ilościach nawet do 50%, o ile nie istnieją przeciwwskazania odnośnie do ich wykorzystywania, wynikające ze specyfiki wyrobów.

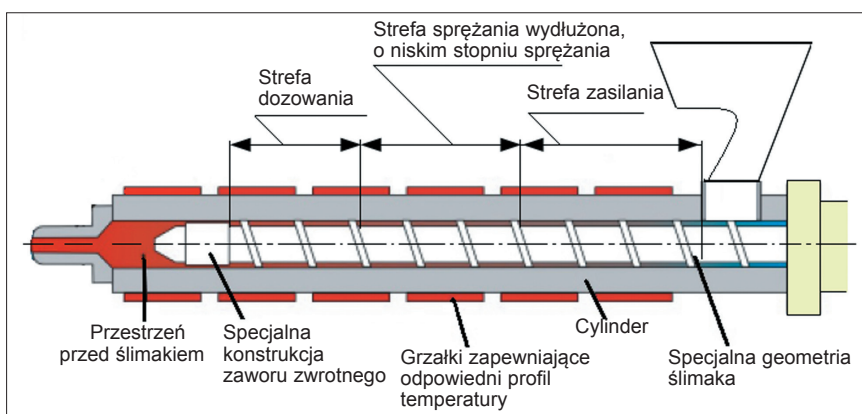
Surowce należy składować w możliwie suchych pomieszczeniach, w temperaturze $10\div 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Przy temperaturach przechowywania poniżej $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ surowiec przed przetworzeniem powinien przebywać od $12\div 24$ h w warunkach zbliżonych do otoczenia pracy maszyn.

Wyroby gotowe (z niektórych tworzyw) zaleca się przechowywać w workach foliowych z czarnego PE, aby je ochronić przed oddziaływaniem wilgoci i promieni UV.

■ **Wtryskarki.** Biopolimery ogólnie są tworzywami, które mogą stawiać dość wysokie wymagania podczas przetwarzania. Ze względu na dużą ilość odmian i gatunków biopolimerów są to wymagania zróżnicowane. Istnieją takie odmiany biopolimerów, w przypadku których producenci dopuszczają stosowanie wtryskarek standardowych. Przy obróbce innych polimerów (ze względu na ich wrażliwość termiczną) konieczne jest przyjęcie specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych układów uplastyczniających. Głównym celem jest oczywiście zabezpieczenie biopolimeru przed uszkodzeniem podczas uplastyczniania. Dotyczy to w największym stopniu ślimaka, ale również pozostałych elementów układu uplastyczniającego.

Układy uplastyczniające (rys. 4) do przetwarzania szczególnie wrażliwych biopolimerów powinny mieć:

- ślimak o specjalnie ukształtowanej geometrii z wydłużoną strefą sprężania, o niskim stopniu kompresji [8, 9], z końcówką stożkową i ze specjalną konstrukcją zaworu zwrotnego, o stosunku $L/D = 20$ – typowym dla termoplastów; mogą być wymagane specjalne powłoki zabezpieczające przed korozją i zużyciem;



Rys. 4. Układ uplastyczniania dla polimerów biodegradowalnych

■ Parametry wtryskiwania – zalecenia

Zalecane parametry wtryskiwania	
Temperatura cylindra, temperatura masy tworzywa	Dla większości biopolimerów stosowane są zdecydowanie niższe temperatury wtrysku [3, 7]: • w cylindrze: $110\div 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ • w dyszy: $170\div 190\text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura formy	$30\div 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
Prędkość wtrysku	Wysokie i średnie prędkości wtryskiwania
Ciśnienie wtrysku	Wysokie ciśnienia wtrysku, przeciętnie ok. 1000, a nawet do 2000 bar
Ciśnienie wewnątrz formy	Ciśnienie wewnątrz formy powinno zapewnić na końcu drogi płynięcia ok. 200 bar na czole strugi tworzywa
Ciśnienie uplastyczniania (przeciwcisnienie)	ok. $20\div 50$ bar
Obroty ślimaka	Upłastycznianie powinno się odbywać z niskimi prędkościami obwodowymi ślimaka rzędu $0,3\div 0,4$ m/s, co przy średnicy np. 40 mm daje ok. $130\div 150$ obr/min (większe tarcie może powodować termiczne uszkodzenie tworzywa)
Opóźnienie uplastyczniania	Możliwie długie opóźnienie uplastyczniania w celu skrócenia czasu przebywania tworzywa w cylindrze
Docisk, czas docisku	Przełączenie na docisk powinno nastąpić po uzyskaniu wypełnienia gniazda w ok. $90\div 98\%$ pojemności dawkującej. Czas docisku zależy od rodzaju materiału i wielkości przewężki i z reguły mieści się w przedziale od kilku do nawet kilkudziesięciu sekund

- cylinder ogrzewany grzałkami elektrycznymi zapewniającymi odpowiedni (niski) profil temperatur;

- dyszę otwartą, wewnątrznie ukształtowaną tak, aby uniemożliwić powstawanie martwych stref powodujących zaleganie uplastycznionego tworzywa.

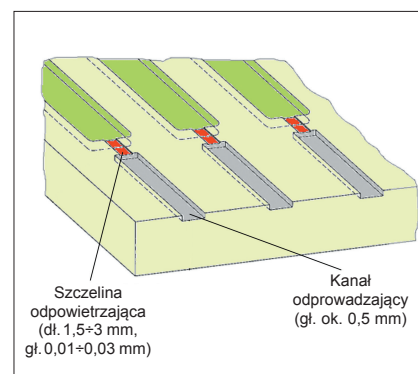
Dysza zamykana jest zalecana w przypadku stosowania gorących kanałów (GK) w formie wtryskowej.

W układzie sterowania powinny być wprowadzone procedury (programy) dopasowujące proces wtryskiwania do wymagań przetwórstwa wrażliwych biopolimerów.

Jeśli wykorzystywany jest wtrysk z doprasowaniem, wtryskarka powinna mieć dodatkowe wyposażenie (program, elementy hydrauliki) umożliwiające realizację ruchu doprasowującego (płyty ruchomej lub elementów formy, np. ramy lub rdzenia).

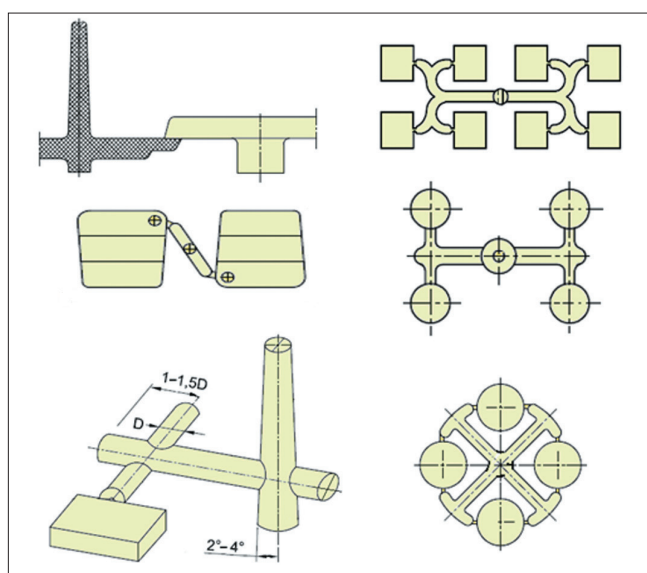
■ **Formy wtryskowe.** Formy do wtrysku biopolimerów zasadniczo nie różnią się od typowych form do termoplastów. Jednak ze względu na istotny wpływ formy wtryskowej na jakość wyprasek oraz specyfikę przetwórstwa biopolimerów należy w konstrukcjach form uwzględniać pewne zalecenia.

Zalecenia wobec konstrukcji form	
Układ wlewowy	<ul style="list-style-type: none"> • Łagodne ukształtowanie kanałów wlewowych, unikać ostrych krawędzi oraz gwałtownych zmian przekrojów (rys. 5) • kształty przekrojów porzecznych kanałów wlewowych zapewniające efektywny przepływ tworzywa (rys. 6) • wymiary kanałów wlewowych co najmniej $(s + 1,5)$ mm (2 mm przy wypraskach cienkościennych; s – grubość ścianki) • rodzaje przewężek jak dla termoplastów (rys. 7), mogą być wymagane nieco większe przekroje przewężek
Odpowietrzenia	Ze względu na stosowanie wysokich prędkości i ciśnień wtrysku oraz możliwość wydzielania się pary i gazów podczas wtryskiwania zaleca się zwracanie uwagi na dobre odpowietrzanie gniazd oraz układów wlewowych w formach. Zaleca się lokalizowanie odpowietrzeń na elementach ruchomych (suwakach, wypychaczach) lub w płaszczyźnie podziału (rys. 8)
Materiały narzędziowe	Ze względu na pracę formy (gniazd i układów wlewowych) w środowisku korozyjnym oraz czasami abrazyjnym materiały na formy powinny być odporne na tego typu oddziaływania. Na elementy formujące zalecane są stale: 1.2764, 1.2767, 1.2083, 1.2343, 1.2379; a w celu zabezpieczenia przed korozją oraz oddziaływaniem abrazyjnym zaleca się stosowanie powłok powierzchniowych, np. chromowania, niklowania lub odpowiednio dobranych powłok PVD
Układ wypychania, pochylenia	Ponieważ skurcze biopolimerów są stosunkowo małe (rzędu nawet $0,2 \pm 0,3\%$), aby ułatwić usuwanie wyprasek z gniazd formy, należy stosować pochylenia rzędu $2 \pm 3^\circ$, trzeba także zwracać uwagę na rozmieszczenie i wielkość (powierzchnie) wypychaczy

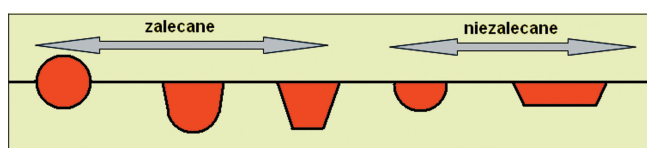


Rys. 8. Uwarunkowania dla systemu odpowietrzania formy [11]

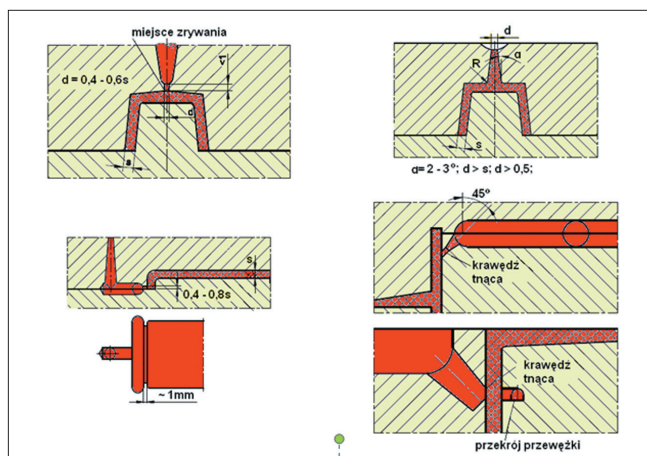
Wykorzystanie systemów GK w układzie wlewowym jest ograniczone z uwagi na niskie temperatury wtrysku oraz wrażliwość termiczną biopolimerów (są one spotykane rzadziej niż układy



Rys. 5. Zalecane układy wlewowe [11]



Rys. 6. Zalecane przekroje kanałów wlewowych [11]



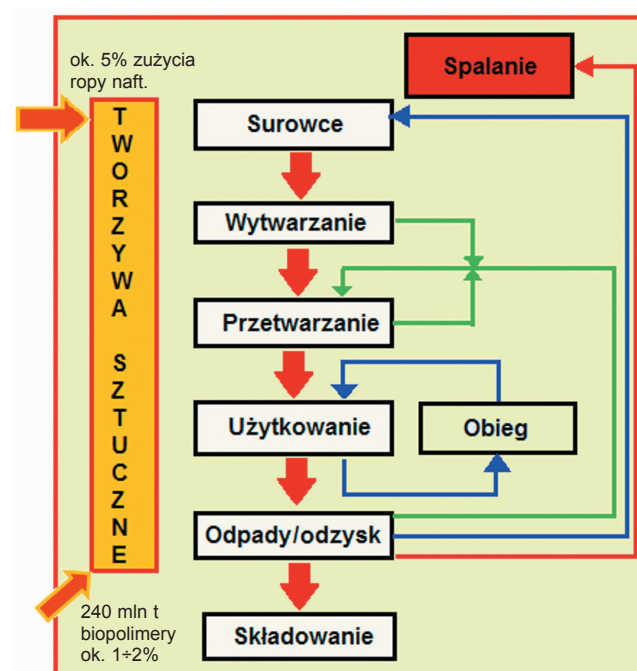
Rys. 7. Zalecane układy wlewowe – rodzaje przewężek [11]

ZK – zimnych kanałów). Konstrukcja układów GK (głównie rozdzielaczy) powinna uniemożliwiać zaleganie tworzywa w układzie (powstawanie tzw. martwych stref). Natomiast jego zabudowa w formie ma zapewniać możliwość szybkiego demontażu w celu wyczyszczenia. Do obsługi form z systemami GK wymagane jest zatrudnienie personelu o wyższych kwalifikacjach.

■ **Urządzenia peryferyjne.** Przy wtryskiwaniu biopolimerów nie ma specjalnych wymagań dotyczących wyposażenia w konkretne urządzenia peryferyjne. Stosowane są więc typowe peryferia, zależnie od stopnia zautomatyzowania stanowiska produkcyjnego.

Zagospodarowanie odpadów – recykling

W przypadku wielu biopolimerów problem utylizacji nie istnieje, ponieważ ulegają one rozkładowi w trakcie użytkowania, np. w ogrodnictwie, rolnictwie czy medycynie (rys. 9). W wyniku rozkładu powstają substancje i związki niestanowiące zagrożenia ekologicznego.



Rys. 9. Czas życia biopolimerów [11]

Poza tym biopolimery – jako termoplasty – mogą zostać powtórnie uplastycznione. W tym celu odpady (braki, układy wlewowe) powinny zostać zmielone i dodane w odpowiedniej ilości do oryginalnego granulatu.

W innych przypadkach mogą zostać sprzedane jako odpad użytkowy do powtórnej przeróbki lub należy je przekazać do utylizacji (firmie zajmującej się recyklingiem lub utylizacją tworzyw). Nie stanowią one jednak zagrożenia ekologicznego. Mogą być składowane na wysypiskach śmieci, nie powodując przyrostu masy zanieczyszczeń, ponieważ ulegają biodegradacji, lub mogą zostać spalone w spalarniach śmieci. Spalanie nie powoduje wydzielania substancji trujących. Koszty utylizacji biopolimerów są kilkakrotnie (nawet 6-krotnie) niższe niż polimerów syntetycznych [2].

W Polsce od początku 2002 r. obowiązuje ustawa o opłacie produktowej. Każdy producent zobowiązany jest zagospodarować własne odpady (przetworzyć je we własnym zakresie, przekazać firmie zajmującej się recyklingiem) lub wnieść specjalną opłatę określoną w taryfikatorze opłat (uzależnioną od ilości przetwarzanych tworzyw i powstających odpadów).

Zastosowanie wyrobów z biopolimerów – podsumowanie

Własności użytkowe biopolimerów sprawiają, że w wielu wypadkach dorównują one termoplastom i mogą je z powodzeniem zastępować. Stąd duże i wciąż rosnące zainteresowanie rynku oraz duża liczba wdrożonych aplikacji. Biorąc pod uwagę stosunkowo mały udział biopolimerów w rynku polimerów, liczba wdrożonych i potencjalnych zastosowań jest imponująca. Największymi odbiorcami wyrobów z biopolimerów są branże: motoryzacyjna, elektroniczna, medyczna, budownictwo i oczywiście branża opakowaniowa. Materiały te są stosowane np.:



Rys. 10. Przykłady wyrobów z biopolimerów: a) opakowania [5, 6], b) kratka wentylacyjna [6], c) artykuły biurowe [6]

- na opakowania, zakrętki, pojemniki, kubki, miski (rys. 10),
- w motoryzacji na elementy wyposażenia wnętrza, elementy ozdobne, obudowy, wsporniki i osłony,
- w produkcji sprzętu precyzyjnego: obudów zegarków, elementów broni,
- w sprzęcie AGD: obudowach, uchwytach,
- w medycynie na elementy chirurgiczne (implanty), opakowania medyczne,



- w budownictwie na elementy konstrukcyjne (balustrady), elementy izolacyjne i wentylacyjne (rys. 10),
- w ogrodnictwie na doniczki, podstawki,
- w meblarstwie na uchwyty, akcesoria, krzesła, stoły,
- w artykułach codziennego użytku: podstawkach, uchwytach,
- w telekomunikacji na obudowy telefonów komórkowych i stacjonarnych,
- na nakrycia stołowe do potraw i napojów, sztucze jednorazowego użytku,
- w sprzęcie sportowym do produkcji kijów golfowych, elementów łodzi, obuwiu sportowym,
- w zabawkach, instrumentach muzycznych,
- w artykułach biurowych (rys. 10),
- w przemyśle tekstylnym na guziki, klipsy, suwaki.

W ostatnich latach, jak pokazują analizy rynkowe, wzrostowe tendencje w zapotrzebowaniu na wyroby z biopolimerów sprawiają, że na rozwój i badania związane z ich wytwarzaniem oraz przetwórstwem przeznaczane są znaczne środki finansowe. W wielu krajach istnieją rozbudowane programy rządowe wspomagające ten rozwój poprzez sprzyjające przepisy i ułatwienia. W ramach tych programów zapewniona jest pomoc finansowa rekompensująca zwiększone wydatki (na surowce, wyposażenie).

To zainteresowanie wynika nie tylko z zapotrzebowania na wyroby, ale także z nikłego zainteresowania biopolimerami w latach ubiegłych. Taki stan rzeczy spowodowany był korzystną sytuacją na rynku surowcowym (paliw kopalnych) i innymi preferowanymi kierunkami rozwoju tworzyw (zwłaszcza termoplastów) oraz powiązanych technologii przetwarzania (wtryskiwania itp.). Dopiero zmiana sytuacji na rynku paliw, naciski lobby ekologicznego i postęp techniczny w zakresie biopolimerów (nowe materiały, przystępniejsze ceny, polityka rządów wielu państw) spowodowały zmiany na lepsze dla biopolimerów.

Obecnie prace rozwojowe w zakresie technologii wtrysku biopolimerów ukierunkowane są na:

- zagadnienia związane z opracowaniem nowych materiałów konstrukcyjnych, nowe źródła pozyskiwania surowców i możliwości wykorzystania;
- zagadnienia technologiczne: wdrażanie nowych technologii wtrysku biopolimerów, wtryskarki (efektywne układy uplastyczniania, poprawę energetyki procesów), technikę narzędziową (układy wlewowe, zwiększenie zastosowania GK, materiały narzędziowe i pokrycia powierzchniowe);
- zagadnienia zagospodarowania odpadów: odzyskiwania (recyklingu), utylizacji (składowania, spalania).

LITERATURA

1. Rabek J.F. „*Współczesna wiedza o polimerach*”. Warszawa: PWN 2009.
2. Malinowski R. „Polimery biodegradowalne”. *Teka Kom. Bud. Eksp. Masz. Elektrotech. Bud.* OL PAN (2008), s. 103÷106.
3. Materiały techniczne firmy FKUR Kunststoff GmbH, Willich (Niemcy).
4. Müller J. „Neue Ressourcen für die IKT: Biokunststoffe”. *Forum Green IT World auf der CeBIT*. Hannover: 2009.
5. Bonten Ch. „*Biokunststoffe – Werkstoffe mit Zukunftspotenzial*”. Willich (Niemcy): FKUR Kunststoff GmbH, 2010.
6. Carus M., Müssig J., „*Markt für Nawaro-Werkstoffe: Biopolymere und holz- und naturfaserverstärkte Kunststoffe*”. Nova-Institut (Niemcy), Hochschule Bremen – University of Applied Sciences, 2008.
7. Flüssigholz – Ein Überblick, oprac.: Fachhochschule Kaiserslautern.
8. Materiały techniczne firmy Sumitomo (SHI) Demag GmbH (Niemcy).
9. „Wtrysk płynnego drewna gwarantujący bezpieczeństwo procesu”. *Inject, Sumitomo (SHI) Demag – Magazyn*. 2 (2011): s. 12.
10. Anderegg M., Guyer A., Rufener Ch., Zweifel A. „*Biokunststoffe*”. Zurich (Szwajcaria): ETH 2010.
11. Zwierzyński A. „Wtryskiwanie biopolimerów”. *PlastNews*. 9 (2011): s. 42÷49. ■