



# Kompanding na wytłaczarkach dwuślimakowych współbieżnych

ELIGIUSZ SIDOR

MARCIN JĘDRZEJCZYK

**W** ostatnich latach wystąpił dynamiczny wzrost użycia mieszanek polimerowych. Ta tendencja wynika z niewątpliwych zalet mieszanek polimerowych, takich jak:

- Obniżenie kosztów materiałów bez obniżania jakości produktów przez zastąpienie materiałów jednoskładnikowych mieszanek wieloskładnikowymi zawierającymi odpowiednio dobrane tańsze surowce.
- Dostosowanie składu materiałów o konkretnych właściwościach mechanicznych, fizycznych i chemicznych do konkretnych zastosowań.
- Możliwość otrzymywania szerokiej gamy materiałów o pełnym zakresie pożądanych własności.
- Uzyskanie efektu synergii, gdzie właściwości materiału wynikowego są lepsze od właściwości poszczególnych składników, dzięki wzajemnemu oddziaływaniu na siebie składników mieszanek polimerowych.

Do niedawna produkcja mieszanek polimerowych była domeną wyłącznie wyspecjalizowanych firm. Obecnie coraz większa rzesza przetwórców decyduje się na samodzielne kompowanie materiałów dla swoich potrzeb produkcyjnych. Jest to globalny trend, który z roku na rok nabiera coraz większego znaczenia i przewiduje się, że w niedalekiej przyszłości kompowanie materiału na własne potrzeby będzie powszechnym standardem.

**Kompandowanie** – to słowo pochodzenia angielskiego (compounding) i stosowane jest w różnych dziedzinach życia (farmacja, telekomunikacja, polimery). W odniesieniu do polimerów, kompowanie to mieszanie różnych składników w celu uzyskania mieszanek o określonych własnościach. W wyniku procesu kompowania otrzymywane są mieszanki polimerowe nazywane również jako: kompany, blendy, stopy lub kompozycje polimerowe. Uzyskane mieszanki charakteryzują się określonymi własnościami jakościowymi oraz kosztami, zwykle niższymi niż koszt tradycyjnych materiałów, używanych zwykle do produkcji określonych elementów.

Do niedawna produkcja mieszanek polimerowych była domeną wyłącznie wyspecjalizowanych firm. Obecnie coraz większa rzesza przetwórców decyduje się na samodzielne kompowanie materiałów dla swoich potrzeb produkcyjnych.

Mieszanki polimerowe to materiały otrzymane w wyniku zmieszania dwóch lub więcej komponentów w określonych proporcjach. Proces mieszania może być prowadzony na mieszalnikach periodycznych lub w procesie ciągłym na wytłaczarkach dwuślimakowych współbieżnych. Z uwagi na szczególne zalety procesu ciągłego, poniżej jest przedstawiony proces kompowania w systemie ciągłym przy użyciu wytłaczarek dwuślimakowych współbieżnych.

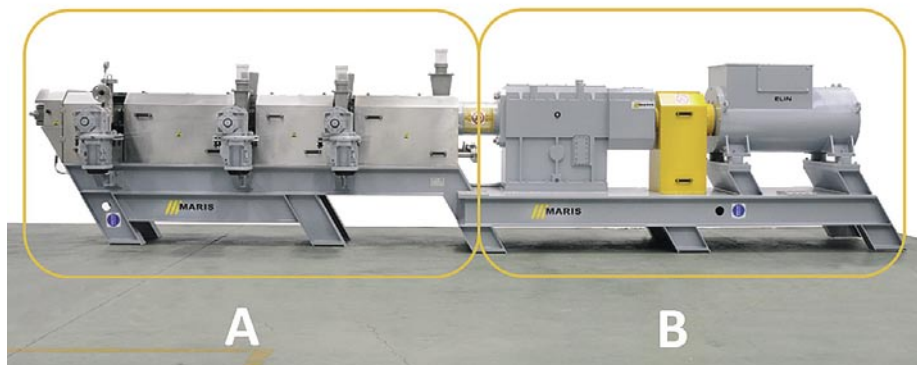
**Wytłaczarka dwuślimakowa współbieżna** (ang. *Corotating Twin Screw Extruder*) tzw. **kompander**, jest mieszalnikiem dynamicznym, pracującym w trybie ciągłym, zasilanym surowcami przy pomocy dozowników gravimetrycznych. Kompander jest w stanie przetworzyć niemal każdy rodzaj materiału posiadającego zdolność do swobodnego płynięcia a więc będącego w postaci proszku, granulatu, płatków, cieczy, a nawet skroplonego gazu. Gama otrzymywanych w procesie kompowania materiałów jest bardzo szeroka i praktycznie nieograniczona. Do najbardziej znanych produktów otrzymywanych w procesie kompowania należą wszelkiego rodzaju polimery konstrukcyjne wzmacniane włóknem szklanym i wypełniaczami mineralnymi oraz koncentraty barwiące i modyfikujące własności. Za pomocą kompanderów można produkować także specjalistyczne mieszanki uniepalnione i bezhalogenowe do kabli, polimery spienione chemicznie, elastomery termoplastyczne, polimery termoodporne, polimery termoutwardzalne, polimery sieciowane, kleje hot melt i rozpuszczalnikowe, poliuretany, mieszanki gumowe, masy bitumiczne, regranulaty polimerów z recyklingu i wiele innych.



**Kompander MARIS.**

Zaletami wylączarek dwuślimakowych współbieżnych są m.in.:

- możliwość uzyskania optymalnego poziomu dyspersji i dystrybucji,
- wysokie wartości momentu obrotowego,
- precyzyjna regulacja temperatury procesu,
- dozowanie boczne dla różnych materiałów,
- łatwość czyszczenia układu plastyfikującego,
- odpowiednia objętość między ślimakami,
- efektywne odgazowanie substancji lotnych,
- wysoki zakres wydajności,
- szeroki zakres szybkości obrotowej ślimaków,
- modułowa budowa ślimaków i cylindra.



## Budowa komandera

By zapewnić określone właściwości wynikowe mieszanki polimerowej zasadniczemu procesowi mieszania muszą towarzyszyć z reguły takie procesy jak ogrzewanie składników, uplastycznianie, chłodzenie, odgazowanie a czasami również i reakcje chemiczne między składnikami. W tym celu komander posiada odpowiednią konstrukcję zapewniającą mu modułowość budowy i łatwą adaptację parametrów do danego procesu.

Można wyróżnić dwie części główne maszyny: strefę reduktora i napędu (A) oraz strefa procesową (B).

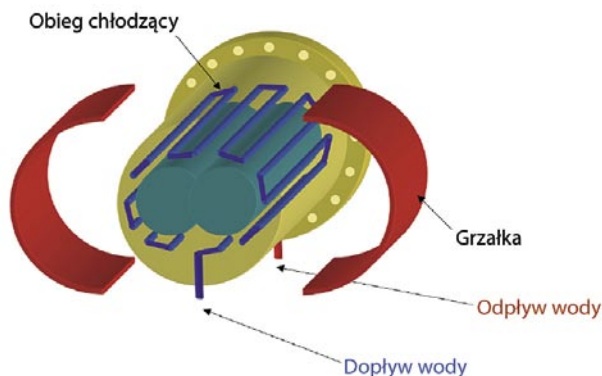
## Reduktor

Narodziny współczesnej wylączarki związane są bezpośrednio z rozwojem bardzo istotnego jej elementu, jakim jest zespół reduktora napędowego. Jego ewolucja zarówno pod względem zastosowanych materiałów jak i budowy pozwoliły na wielki rozwój możliwości przetwórczych.

Głównym problemem przy konstrukcji reduktorów wylączarek dwuślimakowych współbieżnych jest konieczność przenoszenia bardzo dużych momentów obrotowych na równoległe położone wały napędowe ślimaków, obracające się w tym samym kierunku i położone bardzo blisko siebie. Ponieważ praca reduktora ma istotne znaczenie w funkcjonowaniu całego komandera firma MARIS od początku swego istnienia projektuje i wykonuje samodzielnie zarówno reduktory jak i wszystkie elementy reduktorów do swoich maszyn. Wiele ze stosowanych rozwiązań to autorskie opatentowane konstrukcje, dzięki którym reduktory MARIS pracują niezawodnie przez dziesiątki lat.



**Narodziny współczesnej wylączarki związane są bezpośrednio z rozwojem bardzo istotnego jej elementu, jakim jest zespół reduktora napędowego.**



## Strefa procesowa

Najważniejszą cechą budowy wylączarki dwuślimakowej współbieżnej jest ich modułowość i możliwość adaptacji do rozmaitych wymagań produkcyjnych. Cecha ta ma szczególne znaczenie w przypadku części procesowej składającej się z cylindra i ślimaków.

Cylinder definiuje proces w dwojaki sposób – odpowiada za możliwość wprowadzania składników receptury w różnych miejscach i czasie oraz za prowadzenie procesu w ustalonych warunkach termicznych.

Dokładna kontrola temperatury jest możliwa dzięki grzałkom elektrycznym oraz obiegowi cieczy termostatującej pod ciśnieniem. W przypadku produkcji niektórych mieszanek konieczne jest termostatowanie również wałów ślimaków tak, aby uzyskać bardziej dokładne sterowanie temperaturą procesu.

Znaczenie modułowości cylindrów, zwykle podzielnych na sekcje o długości 4D, wiąże się z potrzebą zróżnicowanego wprowadzania do procesu kolejnych składników receptury, zarówno płynnych jak i sypkich oraz z koniecznością wyeliminowania w jednym lub więcej punktach procesu ewentualnych frakcji gazowych. Przetwarzany materiał przepływa przez kolejne sekcje cylindra połączone z pomocą śrub. Z wyjątkiem sekcji typowo mieszającej, sekcje cylindrów posiadają różne otwory boczne umożliwiające zarówno dozowanie składników ciekłych i sypkich jak i odgazowanie.

## Ślimaki

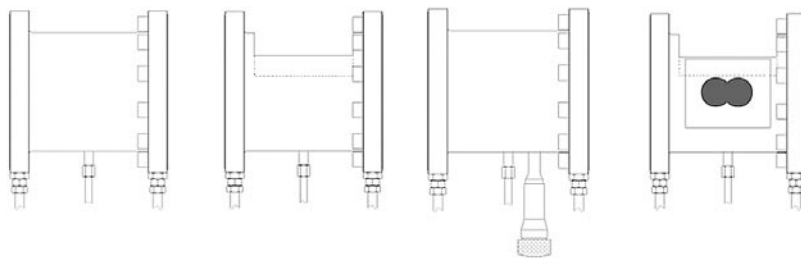
Ślimaki są sercem kompendera. Kompozycja profilu ślimaków obracających się współbieżnie uzależniona jest od przetwarzanych materiałów oraz od szczególnych wymagań danego procesu.

Początkowo ze względu na ograniczenia technologiczne i materiałowe ślimaki wylączarki posiadały budowę monolityczną. Od lat osiemdziesiątych zaczęto produkować ślimaki modułowe, składające się z wałów oraz nanizanych na nie krótkich segmentów tworzących profil ślimaka. Przez długi czas przenoszenie momentu z wału na segmenty odbywało się za pomocą prostego połączenia wpustowego. Obecnie, dzięki zastosowaniu precyzyjnych obrabiarek oraz specjalnych materiałów, stosowane są połączenia wielowpustowe, zapewniające przenoszenie wyższych momentów obrotowych oraz umożliwiające budowę ślimaków o mniejszej średnicy wału i o większej głębokości zwojów.

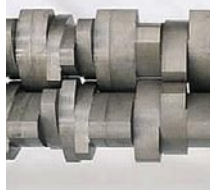
## Segmenty ślimaka

Segmenty ślimaka mogą mieć bardzo różny kształt w zależności od roli, jaką pełnią. Segmenty dzielimy na transportujące i mieszające, chociaż często posiadają obie te cechy w różnej proporcji.

Elementy transportujące to „klasyczne” ślimaki gdzie materiał może płynąć tylko wzdłuż zwojów ślimaka w kanałach, jakie się tworzą między ząbkującymi się ślimakami a powierzchnią cylindra. W zależności od ilości zwojów ślimaka (ślimaki jedno-, dwu- lub trójzwojowe) kanały ślimaka formują kilka strug materiału, które nie mieszają się ze sobą – materiał może płynąć wyłącznie wzdłuż kanału ślimaka. Elementy transportujące mogą się różnić skokiem linii śrubowej zwojów oraz mogą być prawe oraz lewe. Elementy prawe odpowiadają za transport



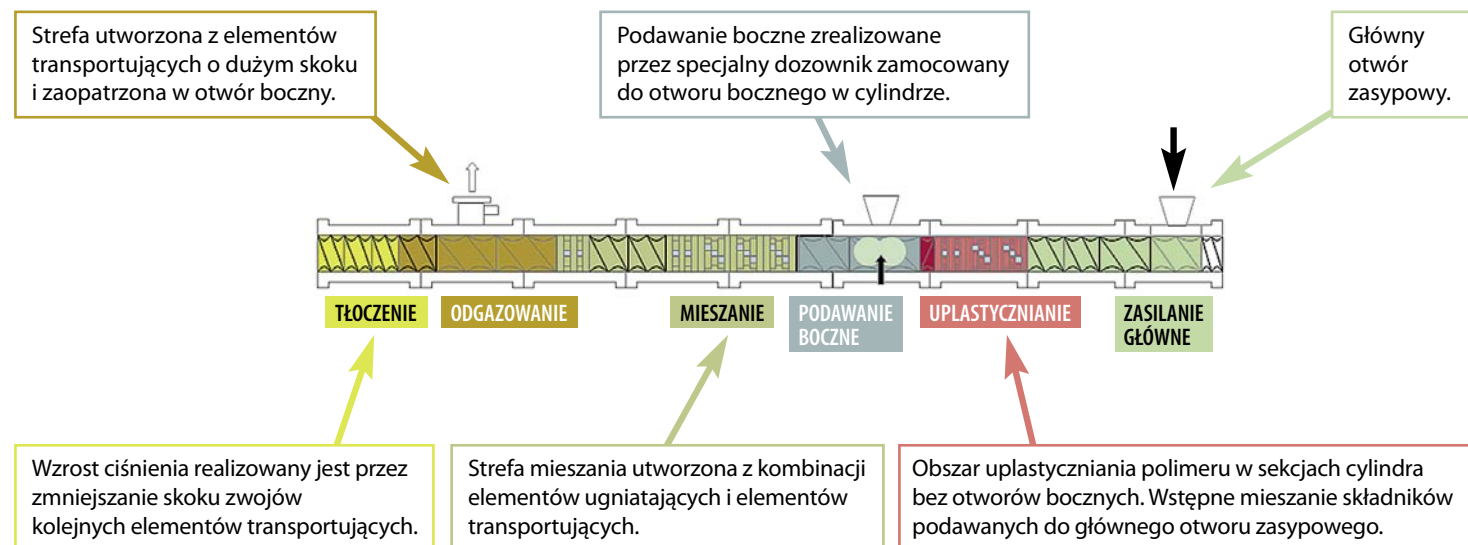
Różne rodzaje segmentów cylindra: standardowy transportujący, z otworem zasypowym górnym, z wtryskiem cieczy oraz z otworem przyłączeniowym do podajnika bocznego.



materiału do przodu natomiast lewe powodują jego spiętrzenie.

Elementy mieszające, mają zazwyczaj postać tarcz krzywkowych. Elementy te nie tworzą zamkniętych kanałów tak jak elementy transportujące. Wręcz przeciwnie, budowane są tak by strugi materiału były intensywnie dzielone i przenikały się ze sobą. Równoległe powierzchnie obracających się elementów sprzyjają ucieraniu i ugniataniu materiału, co ma znaczenie przy dyspergowaniu wypełniaczy i pigmentów. W zależności od grubości krzywek i ich wzajemnego położenia kąтового można intensyfikować mieszanie dystrybucyjne i mieszanie homogenizujące. Krzywki segmentów mieszających mogą tworzyć tzw. pozorną linię śrubową i posiadać właściwości transportujące.

Odpowiednia sekwencja segmentów różnego typu pozwala na wywoływanie w cylindrze wylączarki określonych zjawisk fizycznych. Przykładowo sekwencja segmentów transportujących o malejącym skoku powoduje, oprócz transportu materiału do przodu, także efekt sprężania i wzrost ciśnienia. Jest stosowana m.in. tam gdzie przewiduje się uplastycznianie granulatu i sprężanie rekompensuje spadek gęstości



nasypowej. Natomiast tam gdzie planowane jest odgazowanie umieszcza się segmenty o dużym skoku by zapewnić odpowiedni spadek ciśnienia, ułatwiający uwalnianie gazów i zabezpieczający przed wydostawaniem się materiału na zewnątrz przez odgazowanie. Podobnie postępuje się w przypadku stref gdzie ma nastąpić dozowanie składników.

Standardowa lista segmentów ślimaka, jaką dysponuje MARIS, zawiera 65 pozycji, co obrazuje, jak wiele różnych kombinacji profilu ślimaka może być potrzebnych dla uzyskania założonego rezultatu. Sztuka doboru odpowiedniego profilu ślimaka polega na tym by jednocześnie uzyskać materiał o zadanych właściwościach jak i maksymalną wydajność. Wiedza na temat właściwej kompozycji ślimaka i cylindra oraz właściwe dla nich parametry procesowe to najważniejsze elementy technologii kompowania.

Na schemacie (na sąsiedniej stronie) pokazano przykładowy układ cylindra i ślimaka kompowalnika wyposażonego w jeden dozownik boczny i odgazowanie.

## Proces kompowania

Wytłaczarka, aby poprawnie funkcjonować wymaga obecności dodatkowych urządzeń, które mają na celu sterowanie przepływem materiału na wejściu i na wyjściu z danej strefy. Są to system podawania i dozowania surowców oraz urządzenia do obróbki wykańczającej gotowej mieszanki polimerowej. Podobnie jak wytłaczarka, systemy te również działają w sposób ciągły i muszą zapewnić jakość i stałość parametrów.



**3 dozowniki boczne zainstalowane na kompowalniku MARIS.**

## System dozowania surowców

Wytłaczarkę poprzedza system dozowania zasilaający wytłaczarkę w surowce. System jest dobierany w zależności od rodzaju procesu i przetwarzanych materiałów.

Klasyczny system dozowania składa się z dozowników grawimetrycznych, których liczba i wydaj-

**Odgazowanie kompowanego materiału jest niemal zawsze konieczne ze względu na obecność powietrza w dozowanych wypełniaczach, zawilgocenie surowców, tworzące się w trakcie procesu frakcje lotne czy też w celu pozbycia się ze składu mieszanki lotnych rozpuszczalników.**

ność są związane z liczbą i udziałem procentowym dozowanych składników. Taki system dozowania jest często bardzo rozbudowany tak, aby gwarantował najwyższą dokładność dozowania i dawał możliwość szybkiej zmiany receptury. Dla obniżenia kosztów instalacji dozującej niektóre składniki mogą być wcześniej łączone i dozowane w formie premiksu przez pojedynczy dozownik.

W skrajnym przypadku nawet wszystkie surowce mogą być podawane w formie premiksu i dozowane do głównego leja zasypowego. Wówczas skomplikowane dozowniki grawimetryczne mogą być zastąpione prostszym dozownikiem wolumetrycznym natomiast produkcja premiksu odbywa się na tradycyjnych mieszalnikach periodycznych.

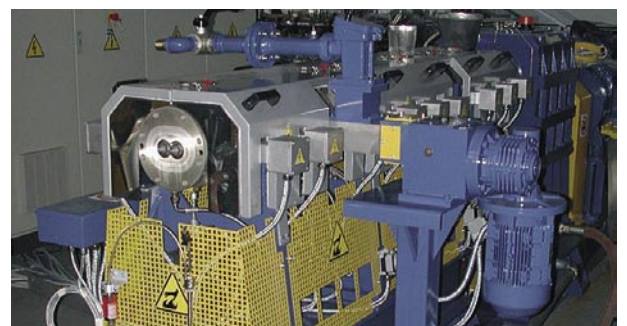
Jak już wspomniano surowce dozowane do wytłaczarki muszą mieć zdolność swobodnego płynięcia. W przypadku niektórych surowców jak np. kauczuk czy guma konieczne jest ich wstępne rozdrobnienie do rozmiarów umożliwiających podawanie do wytłaczarki.

Oprócz systemów grawitacyjnego dozowania surowców swobodnie płynących do otworów zasypowych pionowych istnieje też możliwość wymuszonego podawania poprzez otwory boczne w cylindrze za pomocą dwuślimakowych dozowników bocznych, pomp zębatych czy wytłaczarek jednoślimakowych.

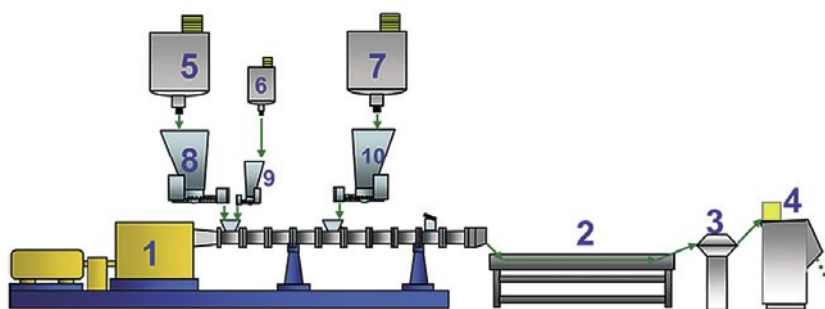
## Odgazowanie

Odgazowanie kompowanego materiału jest niemal zawsze konieczne ze względu na obecność powietrza w dozowanych wypełniaczach, zawilgocenie surowców, tworzące się w trakcie procesu frakcje lotne czy też w celu pozbycia się ze składu mieszanki lotnych rozpuszczalników. Proces niejednokrotnie wymaga obecności jednego lub więcej punktów odgazowania umożliwiających ewakuację gazów powstających w trakcie procesu. Do punktów odgazowania, pionowych lub bocznych, są podłączane pompy próżniowe.

Opatentowany system odgazowania MARIS polega na podłączeniu odgazowania poprzez dozownik



**System odgazowania przez dozownik boczny – patent MARIS.**



**Przykładowy schemat linii do kompowania: 1. wyłaczarka dwusłimakowa, 2. kąpiel wodna, 3. osuszacz, 4. granulator zdalny, 5. silos na polimer, 6. silos na dodatki, 7. silos na pigment, 8. dozownik grawimetryczny polimeru, 9. dozownik grawimetryczny dodatków, 10. dozownik grawimetryczny pigmentów.**

boczny. Takie rozwiązanie zapobiega wydostawaniu się materiału z maszyny w wyniku obecności podciśnienia, co jest częstą bolączką zwykłych systemów odgazowania. Ślimaki dozownika stanowią zaporę dla kompowanego materiału natomiast przepuszczają ewakuowane gazy.

## Downstream

Zaraz za wyłaczarką montowane są dodatkowe elementy takie jak pompa zębata, zmieniające sita, głowice granulujące itp.

Urządzenia do obróbki końcowej (chłodzenie produktu, obróbka powierzchni, granulacja, pakowanie, itp.) ustawiane za wyłaczarką dobierane są w zależności od otrzymywanego produktu. Aby przetworzyć uplastyczniony kompad do postaci granulatu stosowane są odpowiednie głowice granulujące (powietrzne, podwodne, w pierścieniu wodnym) oraz granulatory zdalne (typu spaghetti). O wyborze granulatora decyduje m.in. lepkość uplastycznionego materiału, jego tendencja do przyklejania się do noży granulatora czy wrażliwość na kontakt z wodą

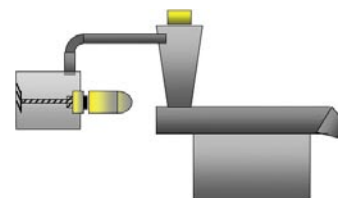
## Systemy granulacji

Najprostszy system granulacji to system głowicy granulującej z chłodzeniem powietrzem. Stosowany jest w przypadku materiałów, które po opuszczeniu wyłaczarki nie powinny wchodzić w kontakt z wodą a uformowane granulki nie mają tendencji do sklejania się. Powietrze jest w tym przypadku medium chłodzącym i transportującym. System może być wyposażony w talkownicę oraz sita wibracyjne.

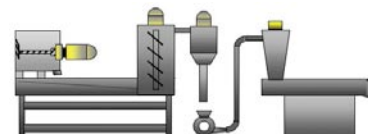
Wersją rozwojową systemu granulacji w powietrzu jest dużo wydajniejszy system cięcia z chłodzeniem w pierścieniu wodnym, który stosuje się tam gdzie materiały nie są wrażliwe na działanie wody. Sam proces cięcia na głowicy odbywa się bez kontaktu z wodą jednak granulki natychmiast wpadają do

**Aby przetworzyć uplastyczniony kompad do postaci granulatu stosowane są odpowiednie głowice granulujące (powietrzne, podwodne, w pierścieniu wodnym) oraz granulatory zdalne (typu spaghetti).**

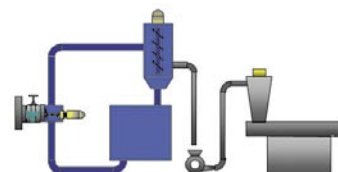
### SYSTEMY GRANULACJI:



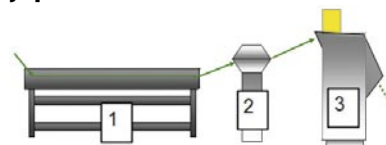
**a) Głowica granulująca na sucho z chłodzeniem powietrzem.**



**b) Granulacja w pierścieniu wodnym.**



**c) Granulacja podwodna.**



**d) Granulacja zdalna typu „spaghetti”.**

otaczającego głowicę strumienia wody w kształcie pierścienia. Ten system cięcia wymaga stosowania za sitem wibracyjnym odśrodkowych suszarek bębnowych w celu usunięcia resztek wody z granulatu.

Najbardziej skomplikowanym systemem granulacji jest granulacja podwodna. Głowica granulująca jest w całości zanurzona w wodzie, przez co wypływający materiał jest natychmiast chłodzony. System ten stosuje się w przypadku materiałów trudno granulujących się (np. kleistych, o niskiej lepkości itp.) lub gdy wymagane są duże wydajności. Oprócz sita wibracyjnego i suszarki odśrodkowej system ten wymaga również wymuszonego obiegu wody termostatowanej.

System granulacji zdalnej składa się z wanny chłodzącej (1) osuszacza z kurtyną powietrzną (2) oraz granulatora (3). W linii mogą się znajdować ponadto inne urządzenia takie jak talkownicę, sita wibracyjne itp. służące do dodatkowej obróbki granulatu przez pakowaniem. System ten jest jednym z najprostszych i najbardziej uniwersalnych, choć jego wydajności są ograniczone. ■

Więcej informacji na stronie [www.ipmtc.com.pl](http://www.ipmtc.com.pl)