

## Aktywny układ uplastyczniający wylączarki jednoślimakowej

Przedmiotem wynalazku jest aktywny układ uplastyczniający wylączarki jednoślimakowej, zwłaszcza do wylączania tworzyw polimerowych, ale także produktów kosmetycznych i spożywczych, wyposażony w aktywny przetwórczo segment mieszająco-ścinający.

Układ uplastyczniający stanowi zespół elementów konstrukcyjnych, które po złożeniu tworzą szczelną komorę, w której zachodzą procesy transportowania, nagrzewania, mieszania oraz sprężania przetwarzanego tworzywa. Układ uplastyczniający stanowi integralną część wylączarki i w powszechnej wiadomości funkcjonuje jako nieruchomy cylinder, wewnątrz którego znajduje się ślimak przetwórczy ze zwojem wykonujący ruch obrotowy w kierunku umożliwiającym transportowanie tworzywa w stronę głowicy wylączarskiej. Wzdłuż układu uplastyczniającego można wyróżnić cztery podstawowe strefy, które cechują się odmiennością zachodzących w nich zjawisk: I – strefa zasypu, II – strefa zasilania, III – strefa przemiany i IV – strefa dozowania. Wszelkiego rodzaju modyfikacje konstrukcyjne układu uplastyczniającego mające na celu intensyfikację procesów mieszania i ścinania powinny być dokonywane w obrębie strefy dozowania, gdzie tworzywo znajduje się w stanie plastycznym lub ciekłym i podatne jest na działanie elementów mieszających i ścinających.

W technice bardzo dobrze znane są klasyczne konstrukcje układów uplastyczniających wylączarek jednoślimakowych zakładające umieszczenie obracającego się ślimaka w nieruchomym cylindrze oraz liczne pasywne modyfikacje rozwiązań konstrukcyjnych, których zadaniem jest intensyfikacja procesów mieszania i ścinania tworzywa w układzie uplastyczniającym. Niewiele jest natomiast opisów rozwiązań konstrukcyjnych przedstawiających aktywację kinematyczną cylindra układu uplastyczniającego, które zakładają możliwość wprawienia w ruch obrotowy fragmentu cylindra, co umożliwiłoby sterowanie charakterystyką procesu wylączania w sposób płynny bez konieczności zatrzymywania pracy wylączarki i wymiany pasywnych elementów mieszających lub ścinających na inne.

Z opisu patentowego nr PL 185728 (B1) znane jest rozwiązanie konstrukcyjne układu uplastyczniającego wyposażonego w element obrotowy cylindra znajdujący się pomiędzy dwoma nieruchomymi częściami cylindra. Element obrotowy umieszczony w obudowie posiada możliwość wykonywania obrotów zgodnie oraz

przeciwnie do kierunku obrotów ślimaka przetwórczego i jest napędzany niezależnie. Powierzchnia wewnętrzna elementu obrotowego może być gładka lub posiadać rowki proste lub skrętne.

W innym opisie patentowym nr PL 217558 (B1) opisany jest układ uplastyczniający wytłaczarki jednoślimakowej wyposażony w tuleję obrotową zlokalizowaną w strefie przemiany. Tuleja umieszczona jest w dwuczęściowej obudowie, za pomocą której przytwierdzona jest doczołowo do nieruchomych części cylindra i napędzana niezależnie przez silnik zewnętrzny. Tuleja może wykonywać ruch obrotowy zgodnie lub przeciwnie do kierunku obrotów ślimaka, a jej powierzchnia wewnętrzna jest gładka.

Podobne rozwiązanie konstrukcyjne przedstawione jest w opisie wzoru użytkowego nr PL 67459 (Y1), który zawiera opis układu uplastyczniającego wyposażonego w tuleję obrotową zlokalizowaną pomiędzy nieruchomymi elementami cylindra. Tuleja umieszczona jest w obudowie sztywno połączonej z nieruchomymi elementami cylindra i łożyskowana za pomocą łożysk tocznych lub ślizgowych i napędzana niezależnie przez silnik zewnętrzny. Otwór przelotowy tulei obrotowej ma kształt koła, a jego powierzchnia wewnętrzna jest gładka.

Kolejne rozwiązanie dotyczące tulei obrotowej cylindra układu uplastyczniającego znane jest z opisu patentowego nr PL 221688 (B1), który skupia się na geometrii powierzchni wewnętrznej tulei obrotowej cylindra układu uplastyczniającego. Opisuje geometrię prostoliniowych rowków, nazywanych tam bruzdami przetwórczymi, oraz jej zmianę wzdłuż tulei obrotowej. Kształty rowków występujące w opisie rozwiązania określane są jako semiprostokątne oraz semitrójkątne.

Kolejne rozwiązanie konstrukcyjne układu uplastyczniającego wyposażonego w tuleję obrotową zostało opisane w opisie patentowym nr PL 224842 (B1). W rozwiązaniu tym zastosowano tuleję obrotową cylindra układu uplastyczniającego umieszczoną w strefie dozowania pomiędzy dwoma nieruchomymi częściami cylindra, która może obracać się zgodnie lub przeciwnie do kierunku obrotów ślimaka przetwórczego. Geometria otworu przelotowego tulei ma kształt sześciokąta foremego z zaokrąglonymi narożami. W obrębie tulei obrotowej ślimak przetwórczy wyposażony jest w element odpowiadający geometrii otworowi przelotowemu tulei obrotowej, czyli mający kształt sześciokąta foremego z zaokrąglonymi narożami, odpowiednio mniejszy aby mógł wykonywać ruch obrotowy wewnątrz tulei obrotowej.

Rozwiązanie konstrukcyjne układu uplastyczniającego znane z opisu patentowego nr PL 225775 (B1) charakteryzuje się zastosowaniem tulei obrotowej cylindra układu uplastyczniającego umieszczonej w strefie dozowania pomiędzy dwoma nieruchomymi częściami cylindra, która może obracać się zgodnie lub przeciwnie do kierunku obrotów ślimaka przetwórczego. Geometria otworu przelotowego tulei ma kształt sześciokąta foremego z zaokrąglonymi narożami, którego podstawy są skręcone względem siebie. W obrębie tulei obrotowej ślimak przetwórczy wyposażony jest w element odpowiadający geometrii otworowi przelotowemu tulei obrotowej, czyli mający kształt sześciokąta foremego z zaokrąglonymi narożami, którego podstawy są skręcone względem siebie.

W opisie patentowym nr PL 225805 (B1) przedstawiono rozwiązanie konstrukcyjne układu uplastyczniającego wyłaczarki jednoślimakowej, w którym zastosowano tuleję obrotową cylindra układu uplastyczniającego umieszczonej w strefie dozowania pomiędzy dwoma nieruchomymi częściami cylindra, która może obracać się zgodnie lub przeciwnie do kierunku obrotów ślimaka przetwórczego. Geometria otworu przelotowego tulei ma kształt sześciokąta foremego z zaokrąglonymi narożami, którego pole przekroju poprzecznego zwiększa się w kierunku głowicy wyłaczarskiej nadając mu charakter stożkowy. W obrębie tulei obrotowej ślimak przetwórczy wyposażony jest w element odpowiadający geometrii otworowi przelotowemu tulei obrotowej, czyli mający kształt sześciokąta foremego z zaokrąglonymi narożami, którego pole przekroju poprzecznego zwiększa się w kierunku głowicy wyłaczarskiej nadając mu charakter stożkowy.

Znany jest również układ uplastyczniający wyposażony w element obrotowy cylindra z opisu patentowego nr PL 225804 (B1). Zastosowanie tulei obrotowej cylindra układu uplastyczniającego umieszczonej w strefie dozowania pomiędzy dwoma nieruchomymi częściami cylindra, która może obracać się zgodnie lub przeciwnie do kierunku obrotów ślimaka przetwórczego. Geometria otworu przelotowego tulei ma kształt sześciokąta foremego z zaokrąglonymi narożami, którego podstawy są skręcone względem siebie przeciwnie do kierunku skręcenia zwojów ślimaka. W obrębie tulei obrotowej ślimak przetwórczy wyposażony jest w element odpowiadający geometrii otworowi przelotowemu tulei obrotowej, czyli mający kształt sześciokąta foremego z zaokrąglonymi narożami, ale jego podstawy są skręcone względem siebie zgodnie z kierunkiem skręcenia zwojów ślimaka.

Z opisu patentowego PL 222453 (B1) znane jest rozwiązanie konstrukcyjne wytłaczarki ślimakowej do materiałów polimerowych, wyposażonej w ślimak przetwórczy o specjalnej konstrukcji i współpracującą z nim tuleją obrotową cylindra. Tuleja obrotowa znajduje się pomiędzy usytuowanymi współosiowo odcinkami stałymi cylindra. Ślimak przetwórczy w części współpracującej z tuleją obrotową w usytuowaniu liniowym posiada zwój o lewoskrętnym pochyleniu linii śrubowej i o skoku równym średnicy znamionowej. Powierzchnia czynna zwoju jest prostopadła do tworzącej walca, który następnie w sposób ciągły przechodzi w zwój o prawoskrętnym pochyleniu linii śrubowej i o skoku równym średnicy znamionowej. Czynna powierzchnia zwoju jest prostopadła do tworzącej walca, który z kolei przechodzi w odcinek walcowy, za którym umiejscowiony jest odcinek wyposażony w rozmieszczone symetrycznie i/lub niesymetrycznie co najmniej dwa rzędy kołków mieszających, który to odcinek następnie przechodzi w zwój o lewoskrętnym pochyleniu linii śrubowej i o skoku równym średnicy znamionowej. Powierzchnia czynna zwoju jest prostopadła do tworzącej walca. Tuleja obrotowa zaopatrzona jest obwodowo we wzdłużne rowki i zróżnicowanej średnicy.

W opisie patentowym JPH0337495 (B2) przedstawione zostało urządzenie ugniatająco-uplastycznione posiadające w strefie uplastyczniania wydrążone przerywane rowki na wewnętrznej powierzchni cylindra, które współpracują z segmentem ślimaka przetwórczego o specjalnym kształcie.

Z opisu zgłoszenia patentowego US4178104 (A) znany jest układ uplastyczniający do tworzyw termoplastycznych, który posiada wydrążone otwory w ścianie cylindra, przez które do wnętrza układu uplastyczniającego wpuszczane są kołki stanowiące przeszkodę dla transportowanego tworzywa. Urządzenie dopuszcza regulację długości kołków.

Z opisu patentowego GB2172543 (B) znane jest rozwiązanie konstrukcyjne układu uplastyczniającego posiadającego wpuszczane do wnętrza cylindra kołki rozmieszczone równomiernie względem obrzeża cylindra oraz osiowo względem siebie. Urządzenie umożliwia regulację głębokości wpuszczania kołków do wnętrza cylindra.

Celem wynalazku jest intensyfikacja zachodzących w trakcie procesu wytlaczania jednoślimakowego zjawisk mieszania i ścinania przetwarzanego tworzywa, zwłaszcza o wysokim stopniu napełnienia, oraz możliwość płynnej zmiany charakterystyki tego procesu i dostosowanie jej do przetwarzanego materiału w czasie trwania wytłaczania, bez konieczności zatrzymywania maszyny i jej przezbrajania.

Przedmiotem wynalazku jest aktywny układ uplastyczniający wytłaczarki jednoślimakowej. Posiada on podstawę, na której znajduje się część cylindryczna składająca się z pierwszej nieruchomej części cylindra, z ułożoną z nią współosiowo drugą nieruchomą częścią cylindra, połączonych za pomocą cylindrycznej obudowy, pomiędzy którymi znajdują się co najmniej dwie tuleje obrotowe napędzane przez koło zębate, zaś wewnątrz części cylindrycznej znajduje się ślimak

Istotą układu jest to, że pierwsza nieruchoma część cylindra oraz druga nieruchoma część cylindra połączone są cylindryczną obudową posiadającą co najmniej dwa rowki przelotowe usytuowane poprzecznie do osi cylindrycznej obudowy. Wewnątrz cylindrycznej obudowy, w miejscu rowków przelotowych, pomiędzy nieruchomymi częściami cylindra znajdują się co najmniej dwie tuleje obrotowe z otworem głównym o przekroju poprzecznym w kształcie zbliżonym do trójkąta z zaokrąglonymi narożnikami, z których każda na swoim zewnętrznym obwodzie posiada uzębienie zazębione z pośrednim kołem zębatym. Na obydwu końcach podstawy zamocowane są siłowniki, a na końcu każdego siłownika zamocowany jest hak, który w środkowej części posiada pustą przestrzeń. Boczne części haka zaczepione są o ścianki rowków znajdujących się po obydwu stronach napędzającego koła zębatego osadzonego przesuwnie na wale napędowym silnika, a napędzające koło zębate zazębiane jest z pośrednim kołem zębatym.

Korzystnym skutkiem zastosowania aktywnego układu uplastyczniającego wytłaczarki jednoślimakowej z aktywnym segmentem mieszająco-ścinającym jest możliwość efektywnej zmiany charakterystyki procesu uplastyczniania tworzywa poprzez zmianę prędkości obrotowych i kierunków obrotów poszczególnych elementów obrotowych cylindra. Tuleje obrotowe napędzane są za pomocą dwóch silników i w sposób dowolny można ustalać prędkość oraz kierunek ich obrotów. Rozwiązanie konstrukcyjne przede wszystkim zapewnia intensyfikację procesu mieszania, ale także ścinania i nagrzewania tworzywa, co pozwala na efektywne wykorzystanie wytłaczarki jednoślimakowej do wytwarzania mieszanek, kompozytów

oraz kompozycji polimerowych, zwłaszcza o wysokim stopniu napełnienia, które są trudno przetwarzalne za pomocą tradycyjnych jednoślindakowych układów uplastyczniających. Taka konstrukcja układu uplastyczniającego wylączarki jednoślindakowej ma korzystny wpływ na zachodzące w tworzywie polimerowym procesy homogenizacji oraz uplastyczniania. Sterowanie prędkością oraz kierunkiem obrotu tulei obrotowych korzystnie zwiększa udział mieszania ścinającego, odpowiadającego za rozbijanie cząstek dodatków i pigmentów, usprawniając procesy homogenizacji i ujednorodniania składu, właściwości i temperatury przetwarzanego materiału. Przeciwbieżne obroty sąsiadujących ze sobą tulei obrotowych powodują miejscowe zwiększenie prędkości przepływów poprzecznych odpowiedzialnych za zachodzące w tworzywie procesy mieszania poprzez przeciwbieżny ruch przyściennych warstw tworzywa. Wprowadzone zostają dodatkowe obszary, w których zachodzi mieszanie komorowe w obrębie wierzchołków otworów głównych tulei oraz zwiększeniu ulega współczynnik tarcia między tworzywem, a wewnętrzną powierzchnią cylindra, co dodatkowo wpływa na natężenia przepływu tworzywa przez aktywny segment mieszająco-ścinający umożliwiając sterowanie wydajnością procesu wylączania i ciśnieniem wylączanego tworzywa. Odpowiednie ustawienie kierunków oraz prędkości obrotowych na poszczególnych tulejach obrotowych intensyfikuje przepływ tworzywa przez układ uplastyczniający zwiększając masową wydajność lub zmniejszając przepływ tworzywa, co powoduje, że tworzywo dłużej przebywa w układzie uplastyczniającym, w skutek czego poprawia się jego jednorodność, co wpływa na powtarzalność właściwości gotowego wyrobu. Zastosowanie przedstawionego układu napędowo-sterującego tulejami pozwala na precyzyjną i szybką korektę warunków przetwórstwa lub całkowitą zmianę charakterystyki procesu wylączania bez konieczności zatrzymywania procesu przetwórstwa i przezbrajania maszyny przetwórczej. Dlatego przedstawiona konstrukcja jest odpowiednia do zastosowań laboratoryjnych lub przemysłowych, które związane są z częstą zmianą przetwarzanego materiału lub rodzajem oraz ilością dodatków w postaci napełniaczy i pigmentów.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok izometryczny aktywnego układu uplastyczniającego wylączarki jednoślindakowej, fig. 2 – rzut z góry układu, fig. 3 – przekrój wzdłuż linii A-A układu, fig. 4 – przekrój poprzeczny wzdłuż linii B-B układu, fig. 5a – widok izometryczny tulei obrotowej w pierwszym przykładzie

wykonania, fig. 5b – widok izometryczny tulei obrotowej w drugim przykładzie wykonania.

Aktywny układ uplastyczniający wyciarki jednoślismakowej w przykładzie wykonania posiada podstawę 1, na której znajduje się część cylindryczna składająca się z pierwszej nieruchomej części cylindra 2, z ułożoną z nią współosiowo drugą nieruchomą częścią cylindra 4, połączonych za pomocą cylindrycznej obudowy 6, pomiędzy którymi znajdują się cztery tuleje obrotowe 3 napędzane przez koła zębate, zaś wewnątrz części cylindrycznej znajduje się ślimak 5. Pierwsza nieruchoma część cylindra 2 oraz druga nieruchoma część cylindra 4 połączone są cylindryczną obudową 6 posiadającą cztery rowki przelotowe 6a usytuowane poprzecznie do osi cylindrycznej obudowy 6, zaś wewnątrz cylindrycznej obudowy 6, w miejscu rowków przelotowych 6a, pomiędzy nieruchomymi częściami cylindra 2, 4 osadzone na łożyskach tocznych 7 znajdują się cztery tuleje obrotowe 3 z otworem głównym 3a, 3b o przekroju poprzecznym w kształcie zbliżonym do trójkąta równobocznego z zaokrąglonymi narożami, z których każda na swoim zewnętrznym obwodzie posiada uzębienie 8a, 8b, 8c, 8d zazębione z pośrednim kołem zębatym 9a, 9b, 9c, 9d, przy czym na obydwu końcach podstawy 1 na specjalnych podstawach zamocowane są siłowniki 11, a na końcu każdego siłownika 11 zamocowany jest hak 12, który w środkowej części posiada pustą przestrzeń, zaś jego boczne części zaczepione są o ścianki rowków 13a znajdujących się po obydwu stronach napędzającego koła zębatego 13 osadzonym przesuwnie na wale napędowym 14 silnika 15.

Tworzywo polimerowe przetwarzane w aktywnym układzie uplastyczniającym wyciarki jednoślismakowej jest transportowane wzdłuż elementu nieruchomego cylindra 2 za pomocą ślimaka 5, które dalej trafia do aktywnego segmentu mieszająco-ścinającego składającego się z czterech tulei obrotowych 3 umiejscowionych w obudowie 6 bezpośrednio nad rowkami przelotowymi 6a i osadzonych na łożyskach tocznych 7. Każda z tulei obrotowych 3 posiada główny otwór przelotowy 3a, 3b o przekroju poprzecznym w kształcie zbliżonym do trójkąta równobocznego z zaokrąglonymi narożami. Tuleje 3 wykonują ruch obrotowy na łożyskach tocznych 7 i posiadają oddzielne uzębienia 8a, 8b, 8c, 8d, które zazębiają się odpowiednio z pośrednimi kołami zębatymi 9a, 9b, 9c, 9d, umieszczonymi na wale 10, które następnie zazębiają się z napędzającymi kołami zębatymi 13, nasuniętymi na sześciokątne wały napędowe 14, na które moment obrotowy

przekazywany jest bezpośrednio z silników napędowych 15. Na każde z czterech napędzających kół zębatach 13, w miejscu rowków 13a, nałożone są cztery identyczne haki 12, a każdy hak połączony jest z oddzielnym siłownikiem 11, który umożliwia przesuwanie napędzających kół zębatach 13 wzdłuż wałów napędowych 14. Zastosowanie opisanego powyżej układu umożliwia sterowanie każdą z tulei obrotowych 3 w sposób niezależny i dostosowanie wartości prędkości obrotowej tulei oraz kierunku jej obrotów w zależności od pożądanej charakterystyki procesu przetwórstwa. Takie funkcjonalne skojarzenie przedstawionych elementów konstrukcyjnych dało całkowicie nowy efekt techniczny, który skutkuje możliwością stworzenia unikalnych warunków przetwórstwa, niemożliwych do osiągnięcia na klasycznych wyciarkach jedno- oraz dwuślimakowych. Zaprezentowane rozwiązanie konstrukcyjne może funkcjonować jako klasyczny nieruchomy cylinder, gdy silniki napędowe 15 pozostają wyłączone lub jako jedna duża tuleja obrotowa gdy oba silniki napędowe 15 pracują w trybie synchronicznym. W tym drugim przypadku istnieje również możliwość przesunięcia poszczególnych tulei obrotowych 3 względem siebie o zadany kąt uzyskując jedną dużą tuleję obrotową z przerywanymi rowkami, ale kąt przesunięcia tulei 3 względem siebie musi być mniejszy niż kąt rozstawu wierzchołków trójkąta stanowiącego przekrój poprzeczny głównego otworu przelotowego 3a, 3b tulei 3. Przesuwanie napędzających kół zębatach 13 wzdłuż wałów napędowych 14 oraz ustawianie różnych kierunków obrotów umożliwia uzyskanie różnych konfiguracji pracy aktywnego segmentu mieszająco ścinającego. Gdy napędzające koła zębata 13 są zsunięte parami to uzyskuje się efekt dwóch współpracujących tulei obrotowych, które mogą wykonywać względem siebie obroty przeciwbieżne lub zgodne różne pod względem wartości prędkości obrotowej w zależności od kierunku obrotów ustawionych na silnikach napędowych 15. Przy ustawieniu napędzających kół zębatach 13 napędzanych pierwszym silnikiem 15 w pozycjach skrajnych, natomiast napędzających kół zębatach 13 napędzanych drugim silnikiem 15 w pozycjach środkowych, uzyskuje się trzy współpracujące ze sobą tuleje obrotowe, dwie mniejsze oraz jedną większą po środku, które mogą wykonywać obroty przeciwne względem siebie lub zgodne różne co do wartości prędkości obrotowej. Ostatnim typem konfiguracji jest ustawienie napędzających kół zębatach 13 naprzemiennie, przez co uzyskuje się cztery oddzielne tuleje obrotowe, w których można dowolnie modyfikować prędkość oraz kierunek obrotu w zależności od ustawienia napędzających kół zębatach 13 oraz

trybu pracy silników napędowych 15. W zależności od zastosowanej konfiguracji opisanego układu można uzyskiwać obroty zgodne co do kierunku lecz zmienne co do wartości prędkości obrotowej, gdzie prędkość obrotowa sąsiadujących tulei obrotowych względem siebie może rosnać w stronę głowicy wytłaczarskiej, rosnać w stronę strefy zasypu lub zmieniać się jednakowo w stronę głowicy i strefy zasypu 5 osiągając maksimum lub minimum w centrum aktywnego segmentu mieszająco ścinającego, a po drugie sąsiadujące ze sobą tuleje obrotowe mogą wykonywać względem siebie obroty w przeciwnych kierunkach. Zmiana prędkości obrotowej oraz kierunku obrotu każdej z tulei obrotowych 3 względem tulei sąsiadujących i ślimaka 10 przetwórczego 6 oraz elementów nieruchomych cylindra 2 oraz 4, powoduje lokalną zmianę gradientu prędkości przepływu wleczonego pomiędzy wewnętrzną powierzchnią tulei obrotowych 3, a powierzchnią ślimaka 5 oraz wymusza intensywne mieszanie komorowe w obrębie wierzchołków otworów głównych tulei 3.

RZECZNIK PATENTOWY

*Maciej Nowicki*  
mgr inż. Maciej Nowicki  
Nr wp. 3476

## Wykaz oznaczeń

- 1 – podstawa
- 2 – pierwszy element nieruchomy cylindra od strony zasypu
- 3 – tuleja obrotowa
- 3a – otwór główny tulei prosty
- 3b – otwór główny tulei skrętny
- 4 – drugi element nieruchomy cylindra od strony głowicy wylączarskiej
- 5 – ślimak
- 5a – zwój ślimaka
- 6 – obudowa
- 6a – rowek przelotowy
- 7 – łożysko toczne
- 8a – uzębienie tulei pierwszej
- 8b – uzębienie tulei drugiej
- 8c – uzębienie tulei trzeciej
- 8d – uzębienie tulei czwartej
- 9a – pośrednie koło zębate tulei pierwszej
- 9b – pośrednie koło zębate tulei drugiej
- 9c – pośrednie koło zębate tulei trzeciej
- 9d – pośrednie koło zębate tulei czwartej
- 10 – wał
- 11 – siłownik
- 12 – hak
- 13 – napędzające koło zębate
- 13a – rowek w napędzającym kole zębatym
- 14 – wał napędowy
- 15 – silnik