

- Dr hab. inż. Dariusz Sykutera, prof. PBS; Dr inż. Piotr Czyżewski; Mgr inż. Bartosz Nowinka; Mgr inż. Dawid Marciniak
- Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Polska

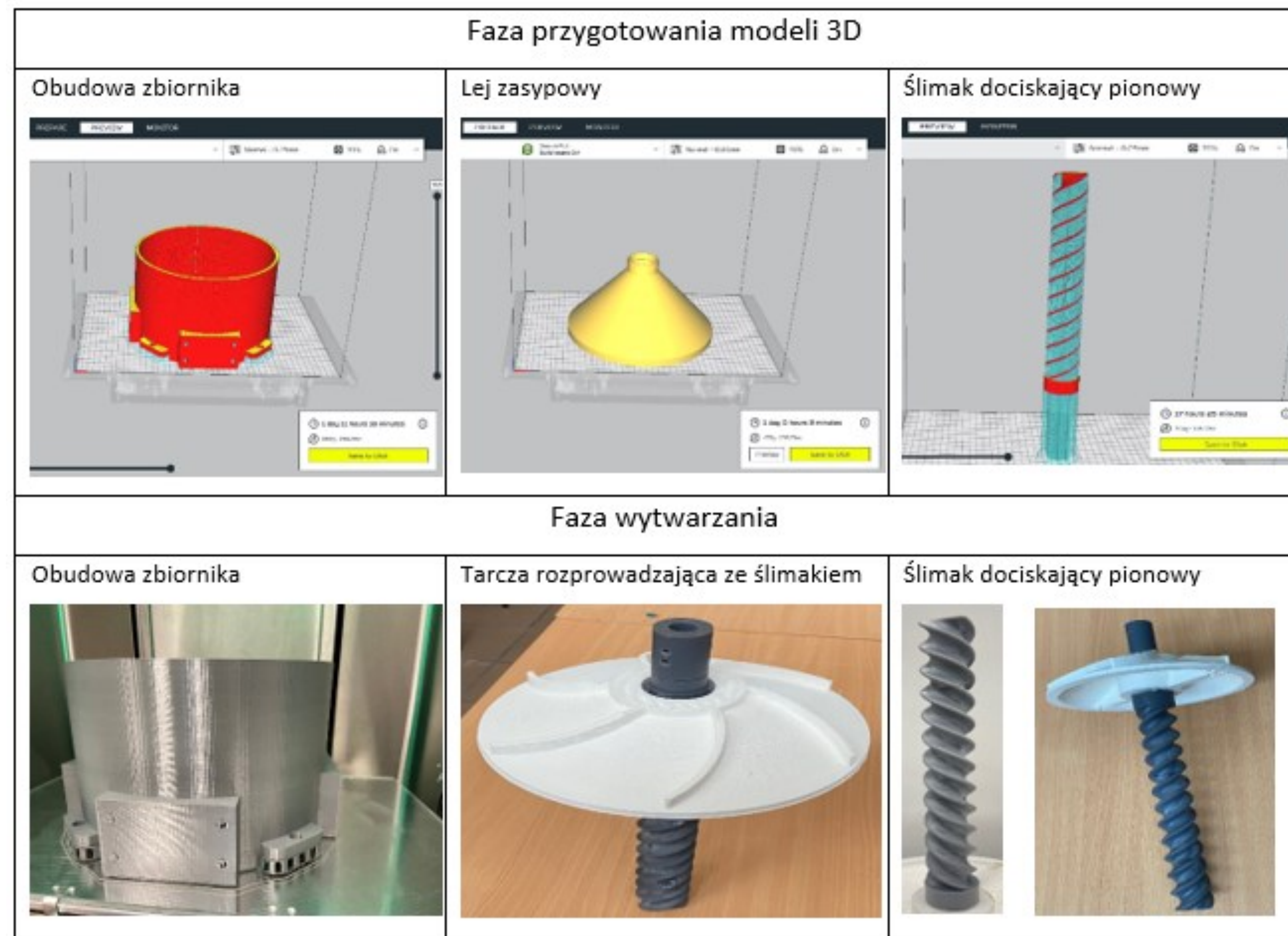
WSTĘP

Skuteczność pracy zaproponowanego w ramach projektu urządzenia oceniono w warunkach laboratoryjnych Katedry Techniki Wytwarzania z użyciem rzeczywistych recyklatów (produktów rozdrobnienia i aglomeracji odpadów tworzyw termoplastycznych). Surowce te różniły się składem mieszaniny oraz kształtem recyklatów. Chodziło o ocenę sprawności działania dozownika z materiałami pozyskanymi z przedsiębiorstw zajmujących się recyklingiem mechanicznym tworzyw termoplastycznych (recyklerzy). Ponadto przeprowadzono badania z użyciem proszków i granulatów polimerowych, otrzymanych w procesach recyklingu. Pracę dozownika weryfikowano w warunkach laboratoryjnych z użyciem wtryskarki przemysłowej. W wyniku tych badań stwierdzono, że cały układ dozowania zachowuje się poprawnie, a wydajność dozowania jest funkcją przyjętych nastaw procesowych, głównie prędkości obrotowej napędów ślimaków i mieszalnika. W wyniku realizacji badań laboratoryjnych uzyskano pierwsze próbki badawcze z recyklatów tworzyw odpadowych.

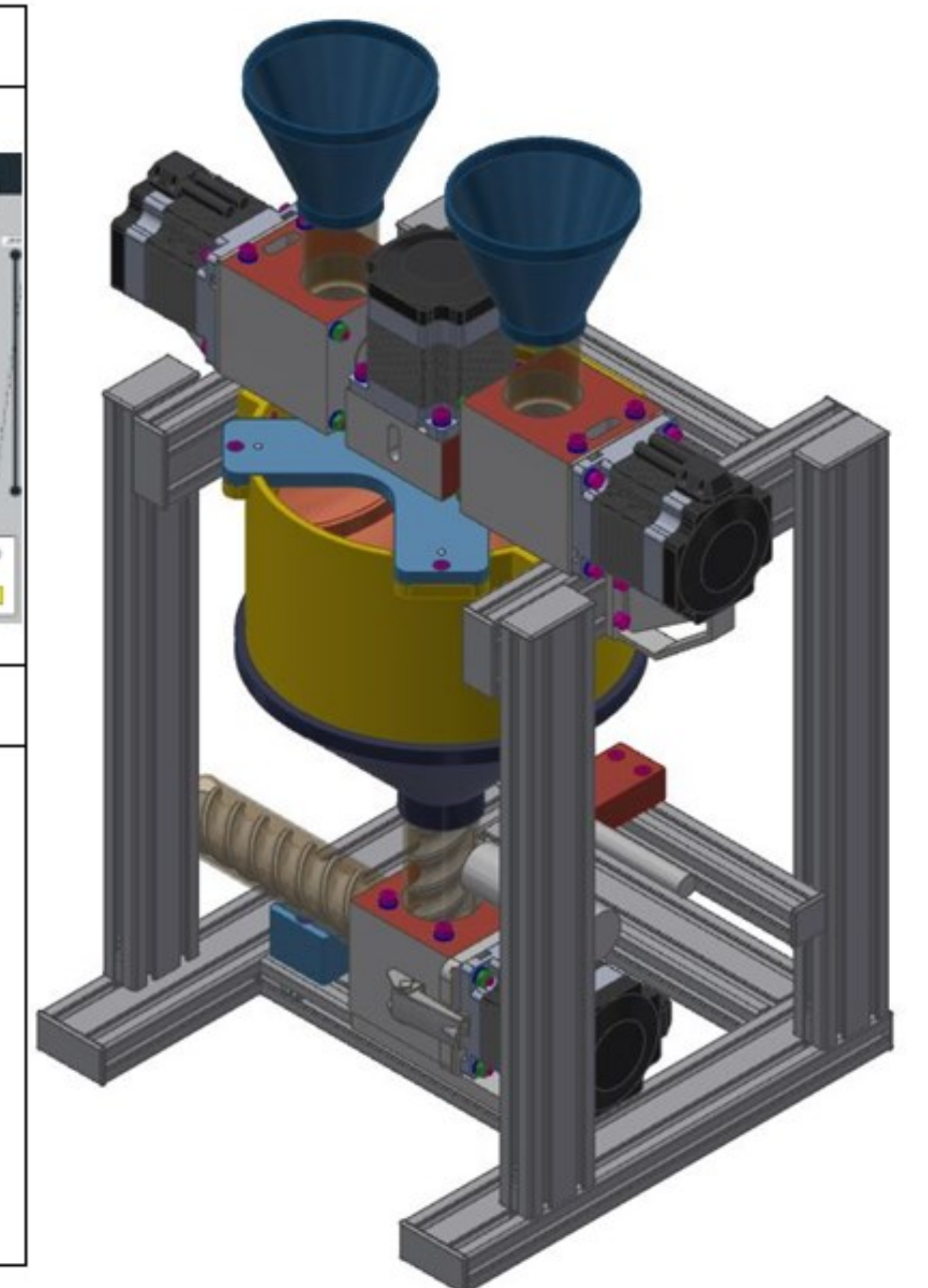
PROBLEM BADAWCZY

Potwierdzono analitycznie i eksperymentalnie funkcje dozownika, określając krytyczne cechy geometryczne i funkcje układu roboczego. Było to istotne, gdyż od początku realizacji projektu dążono do wyboru materiałów ze względu na kryterium wytrzymałości właściwej i modułu sprężystości wzdłużnej. To działanie wpisuje się w trend światowy dotyczący zastępowania materiałów konstrukcyjnych o dużej gęstości (stopy żelaza i aluminium), surowcami alternatywnymi o akceptowalnych właściwościach mechanicznych (uwarunkowanie wynikające z zastosowania) i znacznie mniejszej gęstości.

Przyjęcie tego założenia otwiera także możliwość użycia do wytworzenia elementów składowych nowoczesnych technik przyrostowych, takich jak SLA, FDM lub SLS. Dokonany dobór cech geometrycznych i materiałów elementów składowych konstrukcji mieszalnika zweryfikowano doświadczalnie oraz z użyciem programów numerycznych. Wykonano przykładową analizę symulacyjną dotyczącą pracy pionowego ślimaka dozującego w środowisku SOLIDWORKS®. Jest to kluczowy element roboczy dozownika, do wykonania którego użyto nowoczesnego, polimerowego materiału konstrukcyjnego PLA (na bazie kwasu mlekowego) oraz technologii przyrostowej FFF (ang. Fused Filament Fabrication). Zastosowanie tego materiału oraz wyżej wymienionej technologii, umożliwiło wprowadzanie na kolejnych etapach projektu modyfikacji konstrukcyjnych do geometrii ślimaka i stosunkowo proste powstawanie kolejnych iteracji jego cech konstrukcyjnych. Docelową konstrukcją ślimaka i innych, ważnych z punktu widzenia sprawności pracy całego systemu, elementów roboczych dozownika optymalizowano ze względu występujące obciążenia zewnętrzne. Do tego celu wykorzystano programy do wspomagania prac inżynierskich, między innymi w zakresie doboru materiałów ze względu na występujące podczas pracy dozownika obciążenia zewnętrzne. Do analiz MES zastosowano siatkę bryłową o dużej rozdzielczości. Całkowita liczba węzłów do analizy bryły ślimaka wyniosła 169850, natomiast całkowita liczba wygenerowanych elementów siatki wyniosła 108456. Tego typu analizy przeprowadzono dla kluczowych elementów roboczych dozownika, takich jak: ślimak poziomy, pionowy, układ dozujący (15a i 15b rys. 4) oraz tarcza rozprowadzająca. Warto dodać, że przyjęte w badaniach numerycznych poziomy obciążenia odzwierciedlały rzeczywiste warunki ich pracy. Uzyskane wartości odkształcenia i naprężeń okazały się niewielkie, co stało się podstawą decyzji o wykorzystaniu metody FFF do wykonania kluczowych elementów prototypu dozownika (rozpoczęcie realizacji IV etapu prac projektowych). Na rysunku 1 przedstawiono wybrane modele oraz przebieg procesu wytwarzania techniką przyrostową głównych elementów roboczych dozownika.



Rys. 1. Realizacja procesu wytwarzania elementów roboczych dozownika z PLA metodą przyrostową FFF



Rys. 2. Ostateczna koncepcja, którą zmodyfikowano pod kątem potencjalnych technologii wytwarzania oraz w aspekcie użytkowania w obszarze recyklingu mechanicznego tworzyw sztucznych.

ZAPROPONOWANE ROZWIĄZANIE

W zaproponowanym rozwiązaniu istotną rolę odgrywa sposób dozowania poszczególnych recyklatów do komory mieszającej. Wykorzystano do tego celu wymienne wałki wielowypustowe, których geometria jest skorelowana z cechami recyklatu (płatki, proszki, mniej bądź bardziej regularne granule, ew. granulaty i dodatki modyfikujące). Drugim elementem mieszającym dozującym jest tarcza połączona z łożyskami mieszającymi składnikami mieszaniny, po ich zadobowaniu do zbiornika głównego w odpowiedniej proporcji. Wielkość dozy można precyzyjnie ustalać przez zastosowane wielowypusty oraz prędkość obrotową wałków silników napędowych. Następnie złożono wszystkie elementy o cechach geometrycznych zgodnych z opracowaną dokumentacją techniczną. Podłączono także napędy i rozpoczęto próby laboratoryjne, w celu oceny poprawności pracy prototypu dozownika. Po analizie przeglądu opublikowanych w bazach patentowych rozwiązań podjęto działania w kierunku zastrzeżenia przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych w ramach projektu. Owoce tych działań jest uzyskanie pełnej informacji na temat stanu techniki w zakresie konstrukcji dozowników do materiałów wsadowych, sformułowanie zastrzeżeń, znamienych dla opracowanego prototypu urządzenia dozującego, opracowanie zgłoszenia patentowego do Urzędu Patentowego RP.

Opracowane rozwiązanie wyróżniają następujące cechy:

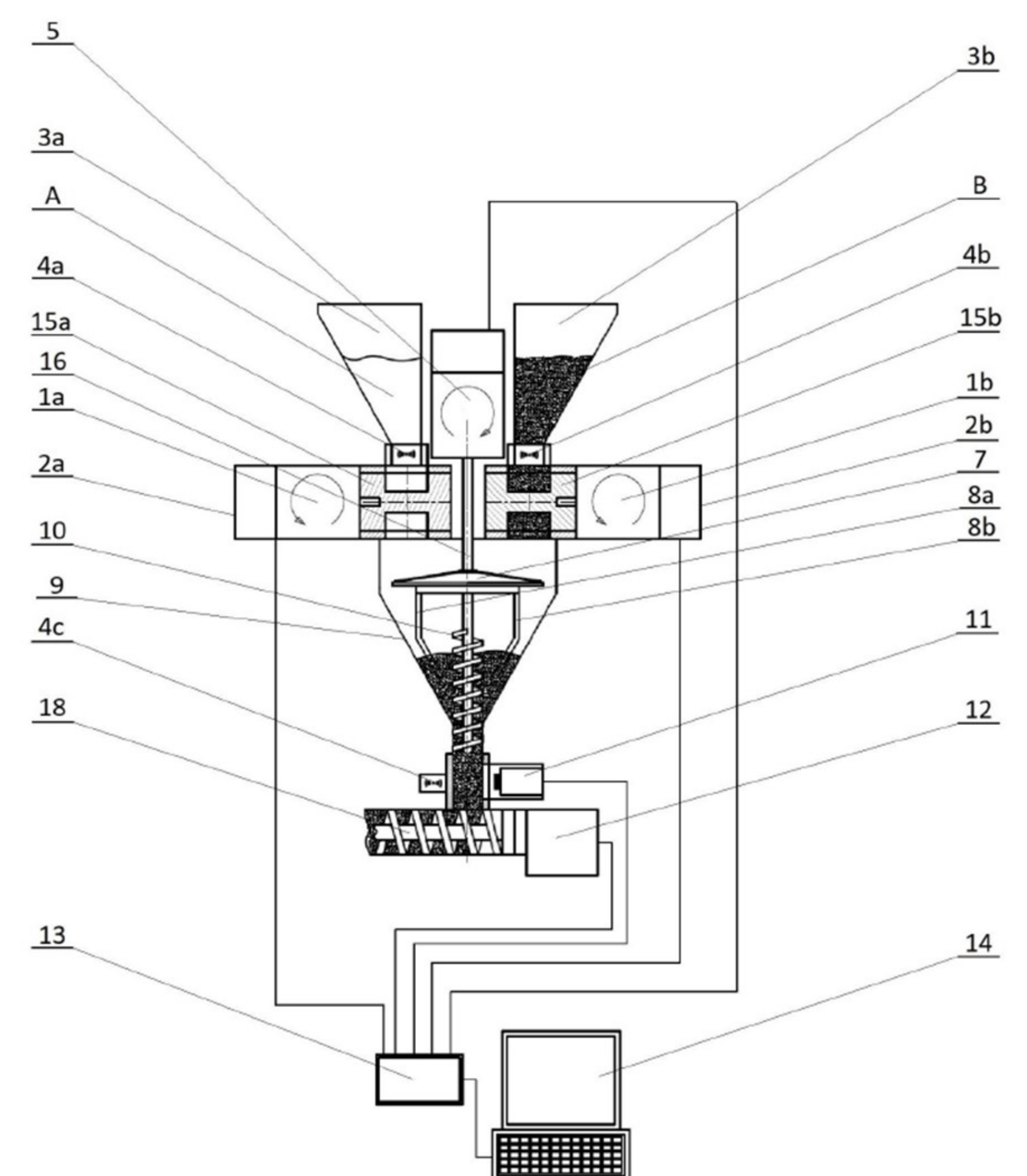
- System techniczny posiada możliwość dozowania 2 lub większej liczby różnych recyklatów, z ewentualnym dozowaniem dodatków modyfikujących.
- Układ mieszający jest skojarzony z transportem mieszaniny recyklatów za pomocą ślimaków oraz wałka wielowypustowego (kształt wypustów można zmieniać i dostosowywać do właściwości geometrycznych wsadu).
- Opracowane rozwiązanie pozwala na uzyskanie korzystniejszego wymieszania surowców w postaci recyklatów o różnej frakcji i charakterystyce geometrycznej (ziarna, płatki, granule itp.).
- Stopiona w układzie uplastyczniającym wtryskarki lub wytłaczarki mieszanina recyklatów posiada powtarzalne właściwości reologiczne i przetwórcze (lepkość), a uzyskane wyroby powtarzalne cechy użytkowe.

Nowość rozwiązania polega na:

- Zastosowaniu obracającej się tarczy rozprowadzającej w kształcie grzybka (7). Talerz obraca się w podczas działania urządzenia, rozprowadzając recyklat w równomierny i powtarzalny sposób w leju/komorze (9) (rys. 4).
- Zastosowaniu w leju/komorze (9) ślimaka (10), który dociska wymieszane surowce, zabezpieczając przed wzajemnym i niekontrolowanym przemieszczaniem się mieszaniny recyklatów i bezpośrednio podawanej do strefy zasilania układu uplastyczniającego maszyny przetwórczej.
- Zastosowaniu elementu sprawdzającego powtarzalność dozowania w postaci układu optycznego pozwalającego na porównywanie ze wzorcem.
- Zastosowanie elementu wibracyjnego (4) zabezpieczającego przed zawieszaniem się surowca w cylindrze komory (9).
- Zastosowaniu wymiennych wałków ze specjalnymi wielowypustami do precyzyjnego dozowania składników mieszaniny recyklatów.



Rys. 3. Widok prototypu dozownika do recyklatów tworzyw polimerowych - stanowisko montażowe



Rys. 4. Schemat budowy dozownika do recyklatów tworzyw polimerowych w procesach wytwarzania wytworów wtórnych. 1a i 1b - napędy w postaci silników krokowych; 2a i 2b - podajniki recyklatów z wielowypustami 15a i 15b; 3a i 3b - dozowniki w kształcie lejów; 4a, 4b i 4c - układy wibracyjne; 5 - napęd główny; 7 - tarcza rozprowadzająca; 8a i 8b - trzpienie mieszające mieszaninę; 9 - zbiornik główny; 10 - podajnik ślimakowy dociskający; 11 - układ optyczny; 13 - układ sterowania; 14 - komputer/laptop; 16 - wałek pionowy, 18 - ślimak transportujący poziomy

PODSUMOWANIE

Podjęte działania w zakresie ochrony patentowej przyjętych rozwiązań zaowocowały przygotowaniem opisu wynalazku pt.: Integralny, modułowy dozownik do recyklatów tworzyw polimerowych w procesach wytwarzania wytworów wtórnych. Przygotowano także całą dokumentację wraz ze sformułowaniem zastrzeżeniem patentowym i złożono ją do Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej. W dniu 24.03.2023 uzyskano potwierdzenie z Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej o przyjęciu wniosku o udzielenie patentu na wynalazek, zgłoszenie oznaczono numerem P.444203. Twórcami wynalazku są: Dariusz Sykutera, Piotr Czyżewski, Bartosz Nowinka oraz Dawid Marciniak, wszyscy są pracownikami Politechniki Bydgoskiej. Zgłaszającym wniosek jest Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz, Polska

Urząd Patentowy RP stwierdza, że dnia 2023-03-24 przyjęto w formie elektronicznej wniosek o udzielenie patentu na wynalazek:

Integralny, modułowy dozownik do recyklatów tworzyw polimerowych w procesach wytwarzania wytworów wtórnych

Zgłoszenie oznaczono numerem: P.444203

[WIPO ST 10/C PL444203]

Zgłaszający: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz, Polska

AUTOR I KONTAKT

