

Anna PECHMAN¹, Ryszard WOCIANIEC¹, Jarosław ZDROJEWSKI²

e-mail: pechman@utp.edu.pl

¹ Instytut Mechaniki i Konstrukcji Maszyn, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

² Instytut Telekomunikacji, Wydział Telekomunikacji i Elektrotechniki, Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Młynek kulowy dla przemysłu spożywczego

Wstęp

Potrzeba wprowadzania na rynek nowych produktów wymaga wyposażenia zakładu wytwórczego w maszyny umożliwiające prototypowanie w niewielkiej skali dla wykonania próbek celem zbadania zainteresowania przyszłych odbiorców [Flizikowski, 1998]. Często niewielka skala wytwarzania wymaga stosowania specjalnych maszyn. Opisany problem pojawił się w jednym z zakładów przetwarzających czekoladę w województwie kujawsko-pomorskim. Zaistniała potrzeba wyposażenia zakładu w młynek kulowy dla prowadzenia procesu produkcyjnego w niewielkiej skali na potrzeby rynku zagranicznego. Rozdrabniana masa zawiera między innymi cukier puder i tłuszcze kakaowe. Z powodów tajemnicy produkcji nie jest możliwe podanie wszystkich składników oraz przeznaczenia rozdrabnianych surowców.

Postać konstrukcyjna

Rozdrabnianie mas w przemyśle spożywczym odbywa się przeważnie wielowalcówkami lub młynami o różnych postaciach konstrukcyjnych [Wyczański, 1985]. Wymienić tu można młyny gdzie walce obrotowe się po płaskiej powierzchni rozdrabniają wsad bądź młyny kulowe. Młyny kulowe wykonywane są z poziomą lub pionową osią obrotu. Znane są konstrukcje mieszczące do 3000 kg kulek.

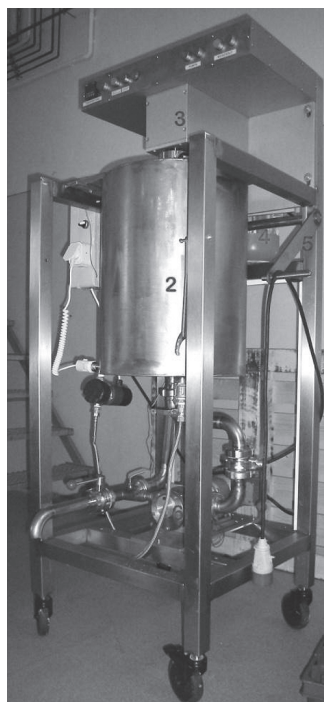
W niniejszym projekcie zdecydowano o budowie młyna kulowego z pionową osią obrotu (Rys. 1).

Przedstawione urządzenie ma następujące wymiary: wysokość 470 mm i średnicę 400 mm, co daje objętość 59 dm³. Praktycznie wypełniany jest do 75% pojemności. Około 19 dm³ zajmuje 120 kg kulek o średnicy ¼". Z uwagi na ciągłą obecność tłuszców i ograniczenie kosztów wykonania młynka zastosowano pozawymiarowe kulki ze stali węglowej. Młynek ma więc użytkową pojemność ok. 25 dm³.

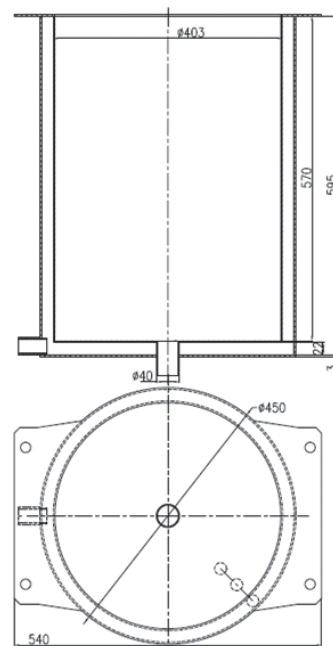
Młynek składa się ze stelaża – 1, wykonanego ze spawanych rur 50 × 50 × 3 mm, do którego zamontowane są wszystkie zespoły młynka: zbiornik – 2, wrzeciennik z zamontowanym na wrzecionie mieszadłem – 3, silnik napędu wrzeciona – 4, mechanizmu podnoszenia wrzeciennika – 5, pompa cyrkulacji masy – 6, elementy sterowania, (Rys. 1). Spawany zbiornik z płaszczem wodnym (Rys. 2), wykonany jest ze zwijanych blach o grubości 3 mm.

Zbiornik posiada króciec do zamontowania grzałki 2 kW oraz przyłącza do wody: doprowadzenie wody ciepłej, zimnej i wspólny przewód powrotny będący jednocześnie przelewem do uzupełniania wody. Wrzeciennik wykonany jest ze skręconych płyt ze stopów Al grubości 12 mm. Do wrzeciona mocowane jest mieszadło wykonane z wałka o średnicy 40 mm i spawanych do niego prętów 20 mm. Napęd z motoreduktora na wrzeciono przekazywany jest przez łańcuch dwurzędowy. Prędkość wrzeciona wynosi 60 obr/min. Końcowa część wrzeciona ukształtowana jest w płaską stopę, która zapobiega wypadnięciu kulek ze zbiornika i jednocześnie gwarantuje możliwość cyrkulacji rozdrabnianej masy. Jest to możliwe dzięki zapewnieniu pomiędzy dnem zbiornika a końcówką mieszadła odpowiedniej szczeliny mniejszej od średnicy kulek. Układ zmontowano ze szczeliną ok. 4 mm.

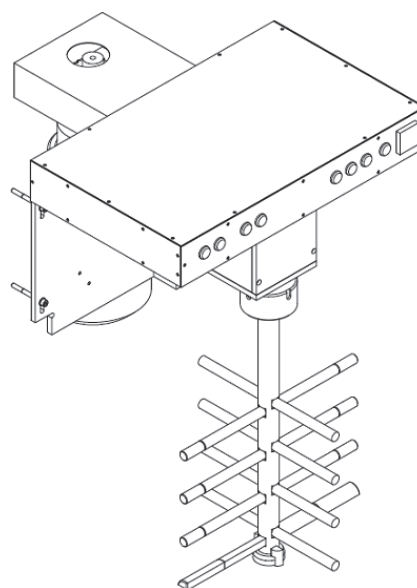
Takie rozwiązanie umożliwia niekłopotliwe usuwanie kulek z młynka w celu ich umycia ewentualnie wymiany kompletu kulek w przypadku pracy z masą o różnych barwach. Odbywa się to przez poluzowanie śrub mocujących wrzeciennik (Rys. 4) i obrót dźwigni zgodnie z ruchem wskazówek zegara do stabilnego drugiego położenia.



Rys. 1. Młyn kulowy z pionową osią obrotu (postać konstrukcyjna)

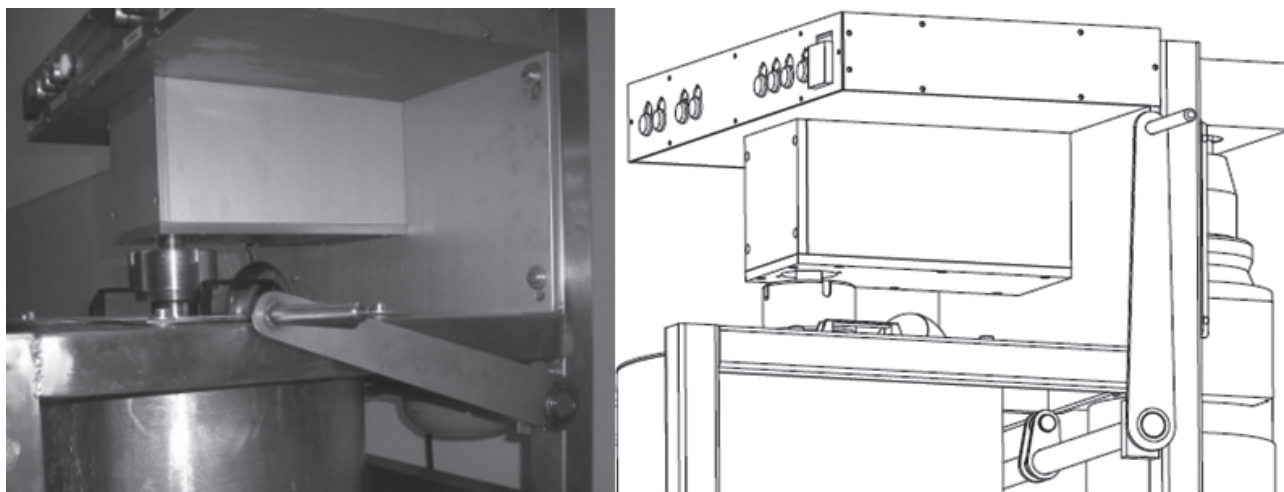


Rys. 2. Zbiornik młynka



Rys. 3. Wrzeciennik z mieszadłem

Powoduje to podniesienie całego wrzeciennika z mieszadłem o ok. 20 mm i zwiększenie szczeliny pomiędzy końcówką wrzeciona a dnem zbiornika. Kulki swobodnie wypadają przez powstałą szczelinę. Wcześniej należy zdemontować rury łączone śrubunkami, a pod rurę spustową zbiornika należy podstawić pojemnik na kulki. Niedogodnością kształtu zbiornika jest jego płaskie dno uniemożliwiające sprawne opróżnienie



Rys. 4. Sposób podnoszenia wrzeciennika

zbiornika z kulek. Początkowo planowano wykonanie zbiornika jako uchylnego, z koniecznością demontażu mieszadła z wnętrza zbiornika. Znaczna masa mieszadła, wynosząca 15 kg, zweryfikowała założenia na rzecz rozwiązania z nieruchomym zbiornikiem a podnoszonym wrzeciennikiem z mieszadłem.

W czasie uruchamiania młynka kłopotliwa w użyciu okazała się pompa zębata napędzana ze znacznym momentem przez motoreduktor o mocy 370 W i wyjściowej prędkości obrotowej 69 obr/min. Po zaledwie kilkuminutowej pracy silnik zatrzymywał się, a uszkodzeniu ulegały elementy przeniesienia napędu. Wydawało się początkowo, że spowodowane jest to szybkim zasypywaniem cukru do młynka, przy zbyt małej zawartości frakcji płynnych. Jednak zastosowanie różnych sposobów wypełniania młynka nie miało wpływu na poprawę pracy pompy. Powodem blokowania pompy było zbrzydlanie się cukru na dnie użebienia pompy aż do całkowitego jej unieruchomienia. Wskazana zatem była zmiana typu pompy.

Spośród wielu rozwiązań, obejmujących także zakup pompy membranowej lub specjalnej śrubowej, wybrano rozwiązanie najtańsze i szybkie do zastosowania. Zastosowano tanią pompę łopatkową z korpusem z żeliwa, wirnikiem ze stali nierdzewnej i łopatkami z brązu. Na podstawie obserwacji prawidłowej pracy pompy przez ok. 50 godz. wydaje się, że powinna ona pracować bezawaryjnie.

Zauważalna jest niewielka wydajność pompowania masy z dołu zbiornika ponownie do jego wnętrza, w odniesieniu do spodziewanej. Dla zastosowanej szczeliny pomiędzy stopą mieszadła i obwodu stopy mieszadła tworzy się powierzchnia 10 cm^2 , przez którą przesącza się wsad. Możliwe jest zwiększenie tej powierzchni przez zwiększenie średnicy stopy mieszadła.

Uzyskane wydajności młynka są zadowalające z punktu widzenia zakładu, dla którego został wykonany i nie ma w najbliższym czasie konieczności optymalizacji jego pracy. Poza tym młynek stosowany jest w procesie produkcyjnym, co utrudnia przeprowadzenie badań ze względu na zajmowanie czasu przeznaczanego na produkcję, a optymalizacja procesu rozdrabniania wymaga poniesienia dodatkowych kosztów.

Warunki prowadzenia procesu technologicznego

Temperatura masy w czasie mielenia nie powinna przekraczać 60°C . Jednak zamiast typowego agregatu chłodząco-grzejącego zastosowano tutaj specjalną metodę grzania. Grzałka zamontowana w dnie zbiornika podnosi temperaturę wody w płaszczu wodnym do 45°C . Z kolei praca tarcia kulek podczas mieszania wsadu silnikiem napędu o mocy 2,2 kW powoduje wzrost temperatury do temperatury granicznej wynoszącej 60°C . Taki sposób prowadzenia technologii wymaga staranności obsługi, zwłaszcza w początkowym okresie użytkowania młynka. Jest natomiast oszczędny energetycznie.

Cykl pracy młynka wynosi ok. 2–2,5 godz. Po ostudzeniu masy a przed ostatecznym formowaniem należy ją temperować w temperaturach zależnych od jej składu.

W układzie sterowania zastosowano typowy regulator temperatury, do którego podłączony jest termorezystor Pt100. Sygnał z regulatora nie służy regulacji temperatury, lecz do uruchomienia alarmu po osiągnięciu granicznej temperatury oraz do bieżącego śledzenia jej zmian.

Zakończenie procesu rozdrabniania jest trudne do zdefiniowania. Zasadniczo następuje ono po próbie organoleptycznej, tzn. wtedy, gdy nie wyczuwa się drobin składników masy. Celowe byłoby zastosowanie innej, obiektywnej metody pomiaru rozkładu wielkości cząstek składników wsadu.

Wnioski

Rozdrabnianie w młynku kulowym jest procesem wieloparametrowym, zależnym m.in. od: prędkości obrotowej mieszadła, jego cech geometrycznych, intensywności przepływu wsadu, średnicy kulek, stopnia wypełnienia zbiornika kulkami.

Młynek o przedstawionej konstrukcji spełnia warunki uzyskania rozdrobnionej masy w przemyśle spożywczym.

Jako pompę obiegową zaproponowano pompę łopatkową.

Należy poszukiwać innej niż organoleptyczna, obiektywnej oceny stopnia rozdrobnienia wsadu.

LITERATURA

- Flizikowski J., 1998 *Rozdrabnianie tworzyw sztucznych*, Wyd. ATR, Bydgoszcz
 Wyczański S., 1985. *Cukiernictwo*, WSiP, Warszawa