

# Dozowanie materiałów

w aspekcie automatycznych wag porcjujących do maszyn pakujących oraz dozowników w liniach technologicznych

AGATA MATUSZEWSKA , ZBIGNIEW KOMINEK , WIKTOR GÓDŹ , MICHAŁ PIETRAŚ

**We współczesnej gospodarce sukces rynkowy produktu, a co za tym idzie – również całego przedsiębiorstwa jest uzależniony nie tylko od jakości składników użytych w procesie produkcji, ale także od poziomu dokładności, z jaką zostały zadozowane. Osiągnięcie optymalnego poziomu dokładności implikuje natomiast konieczność wyboru skutecznej metody dozowania. Precyzyjne dozowanie składników pozwala nie tylko na znaczne oszczędności materiałowe, ale często chroni produkt przed utratą właściwości i cech, które zwykle stanowią o jego przewadze konkurencyjnej.**

Opozytywnym odbiorze produktu przez klientów docelowych nie decyduje bowiem tylko relatywnie niska cena, miękko opakowanie, dobra reklama czy profesjonalna strategia marki, ale przede wszystkim cechy użytkowe, czyli to, czy dany produkt spełnia swoje funkcje. Niedokładne dozowanie może sprawić, że proszek wybielający do tkanin zniszczy tkaninę – lub w drugą stronę – nie usunie plamy w ogóle. Każdy materiał posiada właściwe mu parametry fizyczne i chemiczne, co wiąże się z tym, że nie każdy materiał można dozować w ten sam sposób. Zatem nie będzie bezpodstawnym twierdzenie, iż swoistą osobowość produktu uzyskuje się właśnie dzięki dokładnemu dozowaniu składników oraz dzięki odpowiedniej dla danego produktu metodzie dozowania.

Dobór odpowiednich urządzeń dozujących, jak i samo ich konstruowanie, jest zatem zadaniem odpowiedzialnym zarówno w aspekcie technologicznym, jak i marketingowo-finansowym. Niniejszy artykuł ma na celu zasygnalizowanie głównych problemów, jakie napotyka w swej pracy konstruktor urządzeń dozujących. Problemy te, podobnie jak ich rozwiązania, są znane autorom nie tylko z literatury i obserwacji, ale przede wszystkim z własnego doświadczenia zdobytego w ciągu kilkunastu lat projektowania i wytwarzania urządzeń dozujących.

## Cel dozowania

Pisząc niniejszy artykuł, dalecy jesteśmy od rozważań natury ekonomicznej. Temat ten poruszymy może innym razem, teraz skupiając się

wyłącznie na aspekcie technicznym. Tym, co powinniśmy na samym początku określić, jest cel dozowania.

Istnieją dwa podstawowe powody, dla których wykonuje się dozowanie materiałów. Pierwszym jest potrzeba rozdzielenia produktu luzem na porcje o zadanej masie (na przykład w celu umieszczenia w opakowaniach jednostkowych lub podania do mieszalnika). Drugim powodem dozowania jest potrzeba ciągłego wydawania materiału w linii technologicznej z określoną wydajnością, często regulowaną naddajnie zgodnie z zadaną proporcją w stosunku do innych składników.

Jak w innych procesach przemysłowych, tak i w tym przypadku istnieje wiele sposobów osiągnięcia postawionych celów. Podstawowe dwie metody dozowania to dozowanie wagowe i dozowanie wolumetryczne (objętościowe). W dalszej części artykułu postaramy się przybliżyć Państwu dozowanie metodą wagową, z uwzględnieniem problemów natury konstrukcyjnej. Firma Wipol Sp. z o.o. dysponuje w tej dziedzinie wieloletnim doświadczeniem. Konstruuje i produkuje zarówno automatyczne wagi porcjujące do maszyn pakujących, jak i dozowniki wagowe do różnego rodzaju linii technologicznych.

Zagadnieniu dozowania metodą wolumetryczną planujemy poświęcić następną część artykułu, tym razem bazując na doświadczeniach renomowanej firmy angielskiej ROSPEN Ltd., której jesteśmy partnerem technicznym i przedstawicielem handlowym. Firma ROSPEN specjalizuje się w wolumetrycznym dozowaniu cyklicznym i ciągłym, a jej urządzenia pracują w wielu znanych firmach i koncernach w różnych gałęziach przemysłu.

## Jak dozować szybko i precyzyjnie?

Polscy przedsiębiorcy zaczynają dochodzić do wniosku, że metody z pogranicza „zrób to sam” nie dają oczekiwanych efektów i aby skutecznie dozować, należy zainwestować pewne środki finansowe i skorzystać ze sprawdzonej oferty firm specjalistycznych. Wciąż jednak jeszcze wielu rozpoczyna rozwiązywanie problemów dozowania od „niedrogiego, ale wysoce skutecznego” systemu złożonego z wagi nieautomatycznej „skonfigurowanej” z czło-

wiekiem dozującym materiał łożatką. Nie da się ukryć, że jest to najprostszy sposób dozowania, a dodatkową jego zaletą jest niski nakład kosztów na inwestycję. Niestety jakość takiego dozowania uzależniona jest od motywacji operatora, a wydajność trudno nazwać przemysłową. W wielu wypadkach okazuje się również, że niskie nakłady na inwestycję owocują w perspektywie wysokimi kosztami eksploatacji. Osobiście nie polecam takiego rozwiązania. Właściwa odpowiedź na pytanie zawarte w podtytule jest zatem tylko jedna: zastosowanie automatycznych urządzeń dozujących.

## Główne problemy związane z automatycznym dozowaniem metodą wagową

Podstawowymi elementami, z jakich składa się dozownik wagowy, są: układ pomiaru masy, podajnik materiału dozowanego oraz układ sterowania. W każdym z tych obszarów bardzo łatwo o pomyłkę, która może dużo kosztować firmę. Jakie więc są podstawowe problemy, na które powinien zwrócić uwagę konstruktor? Zaczniemy od układu pomiaru masy.

Przy dozowaniu cyklicznym dozowany materiał najczęściej ważony jest w zbiorniku wagowym, z którego porcja zostaje przekazana do linii technologicznej lub przeniesiona do opakowania. W przypadku maszyn pakujących istnieje możliwość ważenia materiału bezpośrednio w opakowaniu (tzw. waga typu „brutto”). Przy dozowaniu ciągłym materiał najczęściej przemieszcza się w układzie wagowym (np. wagi przenośnikowe, przepływowe) lub określona jego ilość wydawana jest do układu z zasobnika umieszczonego na wadze (wagi „na ubytek masy”). Wydawać by się mogło, że sprawa jest prosta – wystarczy zastosować odpowiedni model łatwo dostępnego przetwornika pomiarowego (najczęściej tensometrycznego) oraz miernik elektroniczny bądź moduł wagowy do sterownika PLC. W rzeczywistym układzie należy się jednak liczyć z występowaniem błędów ważenia spowodowanych między innymi:

- niecentrycznym umieszczeniem ładunku lub zmianami ułożenia ładunku na wadze;
- nieprawidłowym wykonaniem połączeń toru podawania materiału z układem ważącym (zbyt sztywne elementy łączące i uszczelniające, zbyt małe luzy powodujące nieprzewidywalne „ocie-

ranie” wagi o elementy konstrukcji, zaleganie materiału w obszarze połączenia);

- powstawaniem dodatkowych, szkodliwych sił wywołanych np. podciśnieniem wytwarzanym przez układ odpylania, naciskiem dynamicznym materiału spadającego z pewnej wysokości;
- drganiami powodowanymi przez przenośniki, napędy elektryczne i pneumatyczne oraz drganiami wytwarzanymi przez przemieszczający się materiał;
- zaleganiem materiału w układzie wagowym.

Wszystkie powyższe problemy można pokonać bez kłopotu, mając do dyspozycji nowoczesną technikę, pod warunkiem, że się je w porę dostrzeże. Odpowiednie rozmieszczenie przetworników pomiarowych i właściwa konstrukcja wagi pozwala zminimalizować wpływ ułożenia ładunku czy drgań, wprowadzenie właściwego algorytmu obróbki sygnału pomiarowego (filtracja cyfrowa, układy śledzenia zera, automatyczne tarowanie itd.) pozwala na skompensowanie wpływu sił zakłócających, a dodatkowe elementy konstrukcyjne (wibratory, opukiwacze, zgarniacze, nadmuchi sprężonym powietrzem itp.) zapobiegają zawieszaniu się czy zaleganiu materiału w układzie pomiarowym.

Dla firm specjalistycznych to typowe zagadnienia, z którymi doświadczony konstruktor radzi sobie bez trudu i które potrafi przewidzieć, projektując potrzebny układ wagi.

Drugim z obszarów, w których mogą się pojawić problemy podczas dozowania, jest odpowiednie podawanie materiału dozowanego.

Najbardziej kłopotliwe zjawiska to:

- zawieszanie się materiału w torze podawania czy elemencie dozującym;
- zmiany właściwości fizykochemicznych materiału (np. wilgotność, lepkość), uniemożliwiające utrzymanie zakładanego strumienia masy;
- duża rozpiętość granulacji materiału (granulaty z dużą zawartością frakcji pylistej).

Najtańszą i bardzo często stosowaną metodą jest grawitacyjne podawanie materiału. Polega ona na swobodnym przepływie materiału pod wpływem siły ciężenia. Niestety parametry niektórych materiałów na to nie pozwalają. Wówczas należy zastosować metody wymuszonego podawania materiału przy pomocy podajników ślimakowych, taśmowych, celkowych czy też wibracyjnych. Do pewnej grupy materiałów nie można zastosować dozowania grawitacyjnego ze względu na słabe właściwości przesypowe, do innej zaś niewskazane jest zastosowanie np. podajnika ślimakowego, który niszczy strukturę niektórych substancji.

W celu zapewnienia poprawnej pracy układu i dokładności dozowania należy zatem zadbać o to, aby konstrukcja podajnika była dostosowana do właściwości materiału oraz zakładanej wydajności i dokładności dozowania.

Wieloletnie doświadczenie pozwala inżynierowi na stworzenie właściwej konstrukcji już w fazie projektu, a w przypadku zetknięcia się z nowym materiałem na wyciągnięcie prawidłowych wniosków z wykonanych prób. Jeżeli jest to tylko możliwe, zalecamy zawsze wykonanie prób w celu określenia właściwości fizykochemicznych materiału. Mamy wówczas pełny obraz sytuacji i wiemy, jaka metoda podawania i dozowania jest w danym przypadku najlepsza.

Z podawaniem materiałów ściśle wiąże się problem doboru elementu dozującego. Musi on być tak zaprojektowany, żeby zapewnić nie tylko prawidłowy przepływ materiału, ale również umożliwić regulację strumienia czy jego odcięcie w pożądanym sposobie.

Przytoczymy tu przykład popularnego dozowania grawitacyjnego. Najprostszy element dozujący grawitacyjnie to jedno- lub dwustopniowa zasuw sterowana pneumatycznie. Jednak przy szczególnie wysokich wymaganiach odnośnie dokładności i szybkości dozowania warto zastosować np. zawór/zasuwę z napędem elektrycznym i przetwornikiem obrotowo-impulsowym, który pozwala na:

- płynną regulację przekroju czynnego;
- łatwą regulację wydajności maksymalnej (z klawiatury sterownika, zamiast przy pomocy ograniczników mechanicznych);
- realizację zaawansowanych algorytmów sterowania niedostępnych w konstrukcjach klasycznych (dwustopniowych);
- programową kontrolę dynamiki ruchu zasuw.

Ten prosty przykład pozwala zauważyć, że warto poświęcić trochę czasu na prawidłowy dobór układu podającego i elementu dozującego.

Trzeci, równie ważny obszar to układ sterowania pracą dozownika. Wydawać by się mogło, że samo wykonanie układu sterowania, który na podstawie informacji z wagi wyliczy sygnał sterujący podajnikiem, nie stanowi większego problemu. W praktyce jednak zadanie komplikują takie czynniki, jak:

- zakłócenia pomiaru masy (np. nacisk dynamiczny spadającego materiału, pracujące odpylanie, wibracje);
- nierównomierność strumienia podawanego materiału (np. strumień zależny od poziomu materiału w zbiorniku buforowym,

zmienne właściwości nasypowe materiału);

- okresowe sytuacje awaryjne (brak lub skokowe zmiany ilości materiału w torze podawania, „oblepianie zbiornika wagi”);
- właściwości materiału ograniczające prędkość i dokładność dozowania (duża lepkość, materiały w dużych kawałkach, duża rozbieżność granulacji itp.).

Najprostsze algorytmy sterowania mogą się nie sprawdzić w takich sytuacjach. Doświadczone firmy świadomie rezygnują ze stosowania w układach dozowania najtańszych, prostych procesorów wagowych połączonych bezpośrednio z podstawowymi układami wykonawczymi na rzecz bardziej rozbudowanego sterowania z zastosowaniem swobodnie programowalnych procesorów wagowych bądź sterowników PLC z układami pomiaru masy. Pozorne zwiększenie kosztów związane z zastosowaniem droższej, ale dobrej „elektroniki” zwraca się stukrotnie dzięki gwarancji prawidłowej i bezpiecznej pracy całego układu, a tym samym całej linii technologicznej w procesie produkcyjnym!

Firma Wipol Sp. z o.o., będąc przedstawicielem amerykańskiej firmy GSE Scale Systems, opracowała doskonałe układy dozujące w oparciu o nowoczesne, swobodnie programowalne procesory wagowe właśnie tej firmy. Swobodnie programowalne procesory wagowe firmy GSE Scale Systems są *de facto* małymi komputerami, które można zaprogramować opracowanym przez własnych specjalistów al-



gorytmem, realizującym szereg różnorodnych funkcji, takich jak:

- kontrola wyników dozowania oraz oparta na niej autokorekta i optymalizacja parametrów dozowania;
  - korekta zakłóceń systematycznych;
  - sygnalizacja błędów dozowania i stanów awaryjnych elementów układu;
  - bezpośrednia kontrola i sterowanie różnymi elementami linii (oprócz samego dozownika również torem podawania i odbierania materiału, maszyną pakującą czy wreszcie czujnikami zabezpieczającymi i wspomagającymi prace linii);
  - generowanie i wyświetlanie potrzebnych komunikatów;
  - zliczanie ilości porcji i masy;
  - obsługa np. mieszalników;
  - tworzenie i przechowywanie bazy danych z materiałami, recepturami, itp.;
  - komunikacja z systemami zewnętrznymi w niemalże wszystkich stosowanych standardach komunikacji i z dowolnym (programowalnym) protokołem transmisji.
- To tylko niektóre z funkcji realizowanych przez procesory GSE.

Wróćmy jednak do sterowania samym dozowaniem. Ważnym problemem dotyczącym urządzeń dozujących materiał jest osiągnięcie kompromisu pomiędzy dokładnością a wydajnością. Bardzo duża wydajność wyklucza bowiem często możliwość osiągnięcia dużej dokładności dozowania. W przypadku urządzeń wydających materiał w sposób ciągły z wydajnością zadaną z zewnątrz, pojawia się dodatkowo problem stabilności układu pracującego w zamkniętej pętli regulacji, czyli na przykład wpływu zakłóceń i nieliniowości układów wykonawczych. I tu znowu właściwość swobodnie programowalnych procesorów wagowych firmy GSE Sca-

le Systems są bardzo pomocne. Bez kłopotu można je stosować zarówno w porcjowaniu, jak i wydawaniu ciągłym, realizując algorytmy sterowania działające poprawnie w obecności zakłóceń oraz realizując szereg funkcji dodatkowych w zależności od potrzeb użytkownika.

Poniżej przedstawiamy przykłady najbardziej „wymagających układów” pod względem dużej szybkości działania, dużej dokładności przy jednoczesnej obsłudze wielu torów pomiarowych i sterowania nietypowymi dozownikami zrealizowanymi przez inżynierów z firmy Wikpol z użyciem swobodnie programowalnych procesorów wagowych GSE:

- AWP-6/100 – sterowanie dozownikami bębnowymi do porcjowania cukierków (groszków), układ sześciotorowy, porcje po 17 g z dokładnością do 1 groszka (+/- 0,4 g) i wydajnością do 70 porcji/min;
- AWP-4/100 – naważarka do maszyny pakujących cukier – sterowanie dozownikami turbinkowymi o płynnie regulowanej prędkości, układ czterotorowy, porcje 1 kg z dokładnością +/- 2 g i wydajnością 120 porcji/min;
- EWN-GO – wagi porcjujące dwuzasobnikowe do maszyny pakującej nawozy sztuczne – dozowanie grawitacyjne, porcje 50 kg z dokładnością +/- 100 g i wydajnością 1200 porcji/godziny;
- EWT-1R – dynamiczna waga przenośnikowa do napełniania cystern zadaną ilością cukru,



dozowanie z wydajnością 40 t/h i dokładnością 0,5%;

- AWD – dynamiczna waga z ciągłym dozowaniem kilku składników w układzie zamkniętej pętli regulacji – dozowanie przenośnikiem ślimakowym i pompami turbinowymi w układzie sterowania nadążnego w celu utrzymania stałej proporcji składników podawanych do mieszalnika przy produkcji spożywczej.

### Chcę dozować jak najlepiej – i co dalej?

Czas na podsumowanie. Przedstawiliśmy Państwu typowe trudności, na jakie może natknąć się konstruktor dozownika. Artykuł jest jedynie sygnalizacją problemu, a nie podaniem gotowych rozwiązań. Chcieliśmy jednak, aby zarówno mniej doświadczeni konstruktorzy, jak też użytkownicy bardziej świadomie analizowali i wybierali potrzebne im układy dozowania. Zlekceważenie niemal oczywistych aspektów dozowania, omówionych w tym artykule, grozi bowiem przykrymi konsekwencjami w postaci zmarnowanych pieniędzy, wydanych na złe działające lub nie działające w ogóle urządzenia. Przy doborze układów dozowania czy zakupie urządzeń zawierających takie układy (np. maszyny pakujące) zdecydowanie polecamy Państwu korzystanie z firm specjalistycznych, które swoim doświadczeniem zagwarantują poprawne rozwiązania i w konsekwencji pozwolą osiągnąć cel, jakim jest jak najlepsze dozowanie.

Wierzmy w to, że rozwój urządzeń dozujących, zwłaszcza produkowanych przez polskie firmy, pójdzie we właściwym kierunku, a użytkownicy sami docenią zalety nowoczesnych, dobrze opracowanych systemów. ■

