

# TEORETYCZNE PODSTAWY I UWAGI PRAKTYCZNE DOTYCZĄCE PRZECHOWYWANIA MĄKI W KOMORACH

Dla odbiorców mąki największe znaczenie ma niezmiennosc i ściśle określone jednakowe właściwości technologicznych dostarczanej im mąki. Do produkcji mąki gatunków specjalnych i mąki handlowej o zawsze jednakowych właściwościach, konieczne jest sporządzanie mieszanek mąk. Wszelkie czynności dokonywane z magazynowaną mąką, jak jej sortowanie, mieszanie, poddawanie dojrzewaniu, należy uważać za dalszy ciąg procesu technologicznego produkcji.

Składowanie mąki w komorach, nawet o dużej pojemności, jest możliwe, a nawet wskazane, pod warunkiem odpowiedniego ich zaprojektowania i wykonania. W wypadku nieracjonalnego zaprojektowania i wykonania komór mącznych zachodzi poważne niebezpieczeństwo tworzenia się zwisów i przesklepień mąki oraz utrudnionego jej wypływu z komory. Konsekwencją takiego stanu rzeczy może być z jednej strony uszkodzenie samej mąki, a z drugiej uszkodzenie samych komór, w wyniku gwałtownego oberwania się zwisów, zwłaszcza przy komorach o dużej wysokości.

Składowanie mąki w komorach posiada szereg zalet. Najważniejsze z nich to:

- możliwość tworzenia w razie potrzeby różnych asortymentów mąki na zasadzie oddzielnego przemielania różnych mieszanek przemiałowych
- oszczędność siły roboczej
- racjonalizacja pakowania i załadunku
- lepsze wykorzystanie powierzchni użytkowych w drogim budynku młyna
- homogenizacja składowanej mąki
- oszczędność opakowań

## I. PRZECHOWYWANIE

W komorach przeznaczonych dla przetworów młyńskich takich jak mąka pszenna różnych asortymentów, mąka żytnia, jęczmienna, owsiana itp. muszą być składowane również otręby oraz śruta. Wszystkie te produkty różnią się między sobą między innymi współczynnikiem tarcia wewnętrznego.

### 1.0 Właściwości fizyczne mąki

#### 1.1 Granulacja mąki - ziarnistość

Najmniejszymi cząsteczkami mąki są oddzielne ziarenka skrobi o średnicy ok. 5  $\mu\text{m}$ , największe zaś cząsteczki mają średnicę równą 200  $\mu\text{m}$  i odsiewają się na zwykłej gazie nr 6 xx lub 7xx. Stosunek tych dwóch krańcowych wielkości cząsteczek mąki wynosi 1 : 40. Granulacja ta nie jest równomierna. Jeżeli przedstawimy ją w postaci krzywej w układzie współrzędnych, w którym na linii odciętych podane są wielkości cząsteczek, a na linii rzędnych odpowiadające tym wielkościom ilości mąki, to krzywa ta będzie miała postać asymetrycznej krzywej Gaussa. Przy reprezentatywnej ilości przebadanych próbek większość cząsteczek mąki leży między 30 a 180  $\mu\text{m}$ , a wzajemny stosunek ilości cząsteczek wynosi u większości 1 : 6.

#### 1.2 Kształt

Różnorodność cząsteczek mąki rozciąga się od soczewkowatych form ziarenek skrobi, poprzez zbliżone kształtem do płytek cząstek glutenu, do kształtów nieregularnych. Nieregularność kształtów cząstek mąki związana jest z różnymi właściwościami mechanicznymi skrobi i glutenu. Różnorodność kształtu cząsteczek zwiększa się wraz ze wzrostem skali ziarnistości / im większa cząsteczka mąki tym bardziej zawikłany jest pod względem kształtu konglomerat skrobi i glutenu

#### 1.3 Ciężar właściwy

Ciężar właściwy cząsteczek mąki jest bardziej równomierny niż jej ziarnistość.

### 2.0 Stan skupienia mąki

Ze względu na różne właściwości fizyczne cząsteczek masa mąki może mieć różne stany skupienia. Mimo łagodnego przejścia z jednego stanu skupienia do drugiego /niezgodnego z prawem wielkich liczb - krzywa Gaussa / utrzymuje się rozgraniczenie między poszczególnymi stanami skupienia. Duża różnorodność cząsteczek składających się na masę mąki oraz nierównomierne ich obciążenie powoduje to, że część cząsteczek jest w stanie równowagi, podczas gdy inne są w innym stanie skupienia. Łączne zachowanie się całej masy mąki stanowi średnią zachowań wszystkich jej stanów skupienia. Kąt naturalnego zsypania mąki w nasypie waha się w granicach od  $0^0$  do  $90^0$ . Przy sypaniu mąki z określonej wysokości na podłoże rozprzestrzenia się ona na dużej powierzchni. Zarówno naturalny zsypanie jak i tarcie między cząsteczkami są wówczas bardzo małe. Jeżeli natomiast mąka znajduje się w komorze, to po częściowym jej opróżnieniu, masa mąki może zawisnąć na jej ścianie, co należy przypisać bardzo dużemu tarcu między cząsteczkami mąki. Te krańcowo różne zachowania się mąki wynikają z różnorodności powiązań cząsteczek między sobą.

#### 2.1 Rozłączny stan skupienia

Rozłączny stan skupienia masy mąki występuje jedynie podczas ruchu. Cząsteczki nie dotykają się wzajemnie, a odległość między nimi zmienia się wraz ze zmianą prędkości.

#### 2.2 Spulchniony stan skupienia mąki

Spulchniony stan skupienia masy mąki występuje wówczas, gdy cząsteczki mąki dotykają się wzajemnie i nie występują przy tym znaczniejsze deformacje cząsteczek oraz nieregularne pod względem kształtu cząsteczki nie mieszają się ze sobą i nie składają razem. Kąt fizycznego tarcia cząsteczek mąki o siebie wynosi od  $17^0$  do  $22^0$ , co odpowiada współczynnikowi tarcia wewnętrznego od 0,3 do 0,4.

#### 2.3 Zwięzły stan skupienia mąki

Zwięzły stan skupienia mąki powstaje w wyniku działania na nią drgań o małej amplitudzie. Następuje wówczas osadzanie mąki. Zjawisko to polega na wsuwaniu się mniejszych cząsteczek mąki w puste przestrzenie utworzone przez cząsteczki większe. Wzrasta wówczas ciężar właściwy mąki. Tarcie wewnętrzne w masie mąki znajdującej się w tym stanie wzrasta i

wynosi od  $43^0$  do  $52^0$ . Do obliczeń wielkości parcia na ściany komór mącznych przyjmuje się kąt tarcia wewnętrznego wynoszący  $45^0$ .

#### 2.4 Spoisty stan skupienia mąki

Spoisty stan skupienia mąki powstaje w wyniku działania na nią znacznego ciśnienia np. w dolnych warstwach mąki przechowywanej w wysokich komorach. Występuje wówczas spoistość mąki. W celu upłynnienia masy mąki w spoistym stanie skupienia należy stosować:

- naprężenia styczne - w celu przezwyciężenia tarcia między cząsteczkowego
- siły rozciągające - w celu zlikwidowania spoistości między cząsteczkami.

#### 2.5 Stały stan skupienia

Mąka może również przybierać, pod wpływem różnych czynników, całkowicie stały stan skupienia. Osiąga ona wówczas wytrzymałość równą wytrzymałości miękkiej skały.

### 3.0 Parcie mąki na ściany komory

Mąka wywiera ciśnienie na ścianki komory, w której została zmagazynowana. Pozioma składowa tego ciśnienia jest parciem na ścianki, a składowa pionowa - ciśnieniem na dno. Ciśnienie w kierunku wymuszonym nazywa się parciem bocznym. W odniesieniu do cieczy o takiej samej gęstości, ciśnienie to w kierunku wymuszonym nosi nazwę ciśnienia hydrostatycznego. Przeciwcisnienie wywierane przez produkt, jest znacznie większe od ciśnienia hydrostatycznego, nazywa się parciem wzmożonym. Stan produktu w spoczynku i w stanie ciekłym / podczas wypływu produktu z komory / różni się tym od siebie wielkością współczynnika tarcia wewnętrznego. Przy zwiększającym się tarcu między cząstkami produktu, wzrasta siła parcia wzmożonego, zmniejsza się zaś parcie boczne. Gdy tarcie jest równe zeru, to parcie boczne i siła parcia wzmożonego stają się równe ciśnieniu hydrostatycznemu, odpowiadającemu wówczas ciśnieniu masy mąki znajdującej się w stanie całkowicie ciekłym, nazywanym stanem „ciekłości pneumatycznej”. Siła parcia wzmożonego jest tym większa, im większe jest tarcie wewnętrzne, poza tym siła ta zmienia się wraz ze zmianą jego stanu skupienia.

### 4. Warunki wypływu mąki z komory

Dobre warunki wypływu wiążą się ze stanem równowagi masy mąki znajdującej się w komorze. Gdyby tarcie między cząsteczkami mąki i tarcie tych cząsteczek o ścianki były równe zeru, to poziome warstwy mąki leżące w komorze jedna na drugiej pozostawałyby w tym układzie i nie powstawałaby tendencja do tworzenia się w masie mąki próżni lub sklepień mostowych. Gdyby natomiast tarcie było takie, że żadne ilości mąki nie mogłyby odpływać, to utworzyłoby się sklepienie mostowe opierające się o ścianki komory i utrzymujące na sobie masę mąki leżącą nad nim; pod sklepieniem powstałaby w masie mąki próżnia. Utworzone z masy mąki sklepienie mostowe wywierałoby wówczas parcie boczne na ścianki komory, a pod sklepieniem ciśnienie na dno równe byłoby zeru. Wypływ mąki z komory byłby niemożliwy. W mniej krańcowym przypadku, gdy tarcie jest mniejsze od opisanego, istnieje również tendencja do tworzenia się sklepień mostowych, jednak mogą się one utrzymywać tylko wtedy, gdy są częściowo podtrzymywane przez leżące pod nimi inne sklepienia tworzące się w masie mąki. Równowaga jest wówczas mieszana, przy czym nie dość trwałe i odporne sklepienia mostowe mąki zachowują się wtedy częściowo w taki sam sposób, jak leżące jedna na drugiej warstwy produktu. Rozpatrywanie warunków wypływu mąki z komory prowadzi więc do badania granicznych stanów równowagi sklepień mostowych w jej masie.

### 5. Właściwy kształt komór mącznych

Właściwy kształt i wymiary komór mają decydujący wpływ na swobodny niezakłócony wypływ mąki z komór podczas ich opróżniania. Przy projektowaniu komór mącznych należy kierować się następującymi zasadami:

- Powierzchnia dolnego otworu wylotowego komory powinna być wielkością równa co najmniej połowie powierzchni poprzecznego przekroju komory,
- Przeciwległe sobie pochylone ściany leja komory powinny być zawsze asymetryczne o różnicy pochyłeń  $10^0$ . Kąt pochylenia ścianki nie powinien być mniejszy niż  $70^0$ .
- W komorach o kwadratowym przekroju ścianki powinny mieć szerokość od 2 do 3m. Taką samą wielkość powinna mieć średnica komór okrągłych.
- Szerokość komór o przekroju prostokątnym powinna wynosić od 1,3 do 2,3 m
- Wysokość komór o podanych powyżej przekrojach może wynosić od 10 do 20 m
- Wewnętrzne powierzchnie ścianek w komorach muszą być gładkie. Wszystkie naroża muszą być zaokrąglone promieniem co najmniej 100 mm / pożądane 250 mm/. Naroża poziome - przyłączeniu leja z płaszczem komory - muszą być zaokrąglone promieniem wynoszącym więcej niż 1/3 szerokości komory
- Dolna część komory musi być odporna na znaczne obciążenia dynamiczne. Siły parcia wywierane przez mąkę na ściany komory są nieznaczne w porównaniu z siłą uderzeń spadających mas mąki pochodzących z załamujących się sklepień mostowych.
- Komory mączne nie mogą być narażone na pochodzące z młyna niekontrolowane wibracje o małej amplitudzie.

### Charakterystyka komorowego magazynu mąki

Ilość i wielkość komór w komorowym magazynie mąki zależy od charakterystyki zakładu młyńskiego. Doświadczenia praktyczne wykazały, że większa ilość komór jest zawsze zaletą zwłaszcza gdy młyn ma zaopatrywać odbiorców w różne asortymenty mąk.