

Vortrag Zakopane 2005 Tekst

Folia 4

Na początku mojego wystąpienia chciałbym omówić różnice pomiędzy periodycznym a ciągłym sposobem prowadzenia procesu gotowania cukru.

W przypadku prowadzenia procesu metodą periodyczną, stan procesu jest funkcją czasu.

W procesie ciągłym natomiast następujące zmiany są zależne od drogi jaką pokonuje produkt podczas jego prowadzenia.

W idealnym przypadku zmiany te przebiegają liniowo, w praktyce natomiast mają one charakter skokowy w poszczególnych segmentach aparatu.

Cukrzyca gotowana sposobem periodycznym, ma taki sam czas przebywania w warku, a celem optymalizacji jest w tym przypadku wysoka jakość otrzymanych kryształów, z jednoczesnym uniknięciem powstawania kryształów wtórnych.

Dla realizacji tego celu stosowany jest proces pomocniczy, jakim jest gotowanie cukrzycy zarodowej.

Pozwala on na reprodukcyjne otrzymywanie trwałych kryształów, bez ryzyka powstawania wtórnych kryształów zarodowych, zakłócających ten proces.

W procesie ciągłym natomiast, czas przebywania cukrzycy w aparacie jest sumą czasów przebywania produktu w poszczególnych działach. Jest to dodatkowym parametrem mającym wpływ na rozrzut wielkości kryształów.

Celem optymalizacji procesu jest w tym przypadku oprócz jakości kryształów, również wymiana ciepła.

Konieczna jest również w tym przypadku praca z cukrzycą zarodową, jako procesem pomocniczym.

Dla obu wymienionych przeze mnie sposobów krystalizacji praca z cukrzycą zarodową ma kluczowe znaczenie.

Folia 5

Celem stosowania cukrzycy zarodowej zarówno w przypadku procesu periodycznego, jak również ciągłego jest celowe sterowanie rozmiarów otrzymanych kryształów. Decydującym warunkiem w obu przypadkach jest to, że stojąca do dyspozycji powierzchnia kryształów znajdujących się w krystalizatorze musi być odpowiednio duża, aby nie dopuścić do powstawania zarodków wtórnych.

W tym celu, należy w warkach produkcyjnych w zależności od wymaganej wielkości kryształów jakie się chce osiągnąć, wprowadzić kryształy o zdefiniowanej wielkości. Reguła ta dotyczy zarówno krystalizacji periodycznej jak i ciągłej.

Idealne jest dwustopniowe stosowanie cukrzycy zarodowej, które jest prowadzone w aparatach o dopasowanej wielkości z zastosowaniem pasty Slurry jako materiałem wyjściowym.

Na przykładzie z lewej strony, jeżeli chce się otrzymać kryształy o średnich rozmiarach od 0,65 do 0,80 mm potrzebna jest cukrzyca zarodowa o wielkości kryształów pomiędzy 0,3 a 0,4 mm.

W warkach periodycznych powinna ilość wprowadzonej cukrzycy zarodowej wynosić co najmniej 10 % masy kryształów produktu. W skrajnych przypadkach stosuje się do 20 % cukrzycy zarodowej.

Wspomniane przeze mnie 20 % jest minimalną ilością stosowaną w krystalizacji ciągłej. W tym sposobie krystalizacji maksymalnie stosowana ilość cukrzycy zarodowej wynosi około 30 %. Ilość ta jest ograniczona techniczno-cieplnymi zaletami, jakie wynikają z krystalizacji ciągłej.

W przypadku gotowania metodą ciągłą stosowane jest zawsze co najmniej 20 % cukrzycy zarodowej, niezależnie od tego, z ilu działów lub komór składa się aparatura. Mniejsza ilość cukrzycy zarodowej prowadzi do niestabilności procesu, szczególnie w 1-szej komorze.

Folia 6

Kaskadowy sposób połączenia warników został zastosowany po raz pierwszy w roku 1981. Cukrownia Lage (przerób buraków wynosił wtedy 4000 t/d) posiadała wtedy 5 warników cukrzycy III z cyrkulacją zewnętrzną.

Posiadały one równoległe połączenia pary zasilającej i oparów, a poza tym były wszystkie zasilane syropem dociągowym. Pasta Slurry była stosowana tylko do krystalizacji chłodzącej, a wyprodukowany tym sposobem krystalizat był spuszcany do mieszałki i wprowadzany do 1-szej komory.

Koncept ten i zastosowane urządzenia zostały szeroko opisany i opublikowany w czasopiśmie „Zuckerindustrie“ przez profesora Austmeyera i jego współpracowników.

Ten sposób krystalizacji w kaskadzie był podstawą do budowy wieżowego krystalizatora odparowującego (VKT). Pierwszy zbudowany tego typu krystalizator został zastosowany dwa lata później do produkcji cukru białego.

Folia 7

Budowane przez BMA wieżowe krystalizatory odparowujące są niczym innym jak kaskadowym połączeniem warników. Stosowane są zarówno pionowe rozwiązania w formie wieży, jak i poziomo usytuowane komory.

Wykorzystanie istniejących już warników do budowy kaskady jest naturalnie o wiele tańszym rozwiązaniem, jak zainstalowanie nowego urządzenia. Tego typu kaskada była przez wiele lat stosowana do produkcji cukru białego w cukrowni Brühl.

Pierwsza kaskada składająca się tylko z trzech komór została po raz pierwszy zastosowana w roku 1993 w cukrowni St. Michaelisdonn do produkcji cukrzycy III.

Folia 8

Sposób połączenia warników w kaskadę ma wiele zalet w porównaniu z warnikami periodycznymi. Do najważniejszych można zaliczyć niski poziom cukrzycy ponad komorą grzewczą, co pozwala na ogrzewanie aparatów parą o niższym ciśnieniu.

W związku z tym jest możliwe obniżenie poboru oparów do ogrzewania poszczególnych komór o jeden stopień.

Naprzeciwko skomplikowanego, zależnego od czasu oprogramowania dla każdego warnika, jest w przypadku kaskady możliwa dla każdej komory redukcja od trzech do czterech obiegów sterującymi stałymi parametrami.

W porównaniu do skomplikowanych, nowych instalacji krystalizatorów o działaniu ciągłym posiadających wiele działów, jak np. o budowie typu Fives Cail albo Tongaat Hewlett, mają aparaty składające się z tylko czterech komór zarówno swoje zalety, jak i wady:

W przypadku kaskady czterekomorowej każda komora może być oddzielnie prawidłowo doglądana i sterowana. Najażniejsze jednak jest to, że w przypadku konieczności mycia aparatu każda z tych komór może być ominięta. W przypadku mycia kaskady zamiast 100 % -wego postoju

konieczne jest tylko 25 % -we zmniejszenie produkcji. Zaletą systemów wielokomorowych jest węższy podział czasów przebywania i mniejszy rozrzut wielkości kryształów. Ale również w aparatach składających się z ośmiu lub dziesięciu działów konieczne jest stosowanie do 25 % cukrzycy zarodowej.

Z taką ilością stosowanej cukrzycy zarodowej możliwe jest również w aparacie składającym się z tylko czterech komór osiągnąć dolną granicę rozrzutu wielkości kryształów w zakresie od 0,2 do 0,3 mm. Oznacza to, że cukrzycę otrzymaną w kaskadzie składającej się z czterech komór da się bez problemów odwirować.

W porównaniu do kaskady dziesięciokomorowej rozrzut wielkości kryształów w górnym przedziale jest nieco szerszy.

Jeżeli mówimy o cukrze B albo C, który i tak będzie rozpuszczony, są to mankamenty nie mające większego znaczenia, a jeżeli chodzi o cukier przeznaczony do sprzedaży, to jest tak czy inaczej ze względu wymagania odbiorców większy rozrzut kryształów przeważnie pożądanym.

Folia 9

W celu prowadzenia gotowania cukru w kaskadzie potrzebny jest warnik do gotowania cukrzycy zarodowej, a najlepiej żeby wyprzedzał go warnik do gotowania krystalizatu.

Poza tym potrzebne są 4 (lub co najmniej 3) warniki zaopatrzone w mieszadła połączone w kaskadę.

Komory grzewcze powinny mieć cyrkulację wewnętrzną, tzn. centralnie położoną rurę, w której umieszczone jest mieszadło poprawiające wymianę cieplną i materiałową.

Potrzebne są również dla każdego aparatu obiegi sterujące dla pomiarów ilości, gęstości i ciśnienia, oraz regulacja poziomu cukrzycy dla całej kaskady.

Jeżeli w ramach restrukturyzacji cukrowni tak czy inaczej zachodzi potrzeba remontu czterech, czy pięciu warników, to patrząc od strony kosztów inwestycyjnych nie ma prawie żadnej różnicy mającej wpływ na decyzję, czy mają one pracować w sposób periodyczny lub ciągły.

Jeżeli natomiast zostaną te warniki połączone w kaskadę, to odniesie się dodatkowe korzyści w zakresie gospodarki cieplnej.

Dla 70 % obiegów cieplnych każdego stopnia krystalizacji, jak cukier biały, cukier surowy lub cukier trzeci, jest możliwa redukcja koniecznej różnicy temperatur o co najmniej 15 C.

Folia 10

Stosując do budowy kaskad starszych typów warników muszą one być zaopatrzone w mieszadła. Zasadniczo stosowanie mieszadeł w warnikach pozwala na otrzymanie cukru o dużo lepszej jakości.

Doceniane jest to szczególnie później podczas przechowywania cukru w silosach. Zostało to szczegółowo opisane już w 1962 roku przez Rodgersa i Lewisa.

Przy pomocy mieszadeł osiąga się dużo większą homogenizację cukrzycy, a tym samym jednakowe przesylenie. Siły nożycowe (ścinające) pomiędzy kryształami a roztworem macierzystym polepszają transport materiału do powierzchni kryształów, co prowadzi do uniknięcia powstawania zarodków wtórnych i aglomeratów.

Z tego punktu widzenia mieszadła polepszają w przypadku krystalizacji ciągłej przenikanie ciepła.

Transport cukrzycy poprzez komorę grzewczą będzie niezależny od różnicy temperatur. W warniku periodycznym nie posiadającym mieszadła, konieczna jest różnica temperatur 30 °C, aby pod koniec procesu gotowania zachodziło jeszcze mieszanie spowodowane pęcherzami pary.

W wernikach ciągłych bez mieszadeł minimalna różnica temperatury wynosi w praktyce około 20 °C, podczas gdy werniki z mieszadłem mogą pracować również w warunkach, gdy ta różnica temperatur będzie niższa jak 15 °C.

Mieszadła zatem są koniecznością w kaskadowych połączeniach werników.

Folia 11

Z lewej strony jest tu pokazany nowoczesny wernik periodyczny z mieszadłem i kierownicami strumienia. Zainstalowany w tym przypadku pobór mocy mieszadła wynosi około 1 kW/m³ cukrzycy.

Pierwsze zastosowane w wernikach mieszadła miały budowę przypominającą wyglądem śróbę okrętową (pokazaną tu u góry). Tego typu mieszadła nadają się wyłącznie do mediów o niskiej lepkości, tak że mogą być stosowane do cukrzyc o niskiej zawartości kryształów.

Podobne mieszadło jest np. stosowane w pierwszej komorze krystalizatora odparowującego wieżowego (VKT). Przy wyższych lepkościach stosuje się dzisiaj przeważnie mieszadła osiowe, inną stosowaną nazwą jest mieszadło lub turbina kapłana. Nazwa ta wiąże się z tym, że mieszadło to przypomina wyglądem turbiny stosowane na rzecznych zaporach wodnych.

W tego typu rozwiązaniach wbudowane są w komorze tłoczącej kierownice strumieni, których ilość jest równoznaczna z ilością skrzydeł jakie posiada zastosowane mieszadło. Powinno to zapewnić transport osiowy, skierowany w dół. Jednocześnie skierowany w górę kuliste dno aparatu ma zapobiegać powstawaniu miejsc martwych.

Werniki znajdujące się w Gosławicach zostały zbudowane w przedstawiony tu sposób.

Przewidziano również możliwość wymiany mieszadła na trzyskrzydłowe mieszadło odśrodkowe, które jest tu przedstawione jako trzeci rodzaj mieszadła. Wernik tego mieszadła znajduje się poniżej komory grzewczej, a dolna krawędź skrzydeł wernika została dopasowana do dna wernika.

Folia 12

Dawcą idei zastosowania mieszadła odśrodkowego w krystalizacji odparowującej był dr. Klaus Kipke. W firmie Stelzer były w roku 1991 przeprowadzone laboratoryjne badania przebiegu prądów.

W małym szklanym naczyniu laboratoryjnym został umieszczony model komory grzewczej.

Obserwowany był obraz przepływów prądowych, jaki powstawał po zastosowaniu różnego typu mieszadeł.

Zastosowany w tych doświadczeniach marker wykazywał dla mieszadła osiowego tworzenie się mocnych zawirowań i stosunkowo małą prędkość wznoszenia w komorze grzewczej.

W przypadku mieszadła odśrodkowego było o wiele mniej zawirowań ...

Folie 13

... a prędkości wznoszenia w modelowej komorze grzewczej były o dużo wyższe.

Prędkości wznoszenia przy zastosowaniu mieszadła odśrodkowego były w laboratorium o 2 do 4 razy efektywniejsze jak mieszadła osiowego.

Na podstawie tych wyników laboratoryjnych szukano w Instytucie Cukru w Brunzshwiku możliwości wypróbowania tego typu mieszadła w przemysłowych wernikach.

Folie 14

Pierwsza tego typu możliwość nadarzyła się w 1992 roku w Aarberg, w Szwajcarii.

Tam można było w celach doświadczalnych zabudować tego typu mieszadło w aparacie do gotowania cukrzycy zarodowej i w ciągu paru godzin wypróbować jego działanie.

Symulowano pracę warnika o działaniu ciągłym z niskim poziomem cukrzycy. Aparat, w którym przeprowadzono doświadczenie miał niespotykaną budowę: dna rurek komory grzewczej nie były usytuowane poziomo, lecz były kuliście skierowane do dołu. Również samo mieszadło było niespotykane. Pomimo to stwierdzono lepszą efektywność mieszadła odśrodkowego jak oryginalnego.

W roku 1995 w cukrowni Gross-Munzel został warnik periodyczny zaopatrzone w mieszadło odśrodkowe. Bezpośrednie, jednoznaczne porównanie go z pracującym tam warnikiem z mieszadłem osiowym było jednak niemożliwe. Oba te aparaty różniły się znacznie wieloma wymiarami jak między innymi długością rurek grzewczych lub powierzchnią grzejną w odniesieniu do pojemności.

Pomimo to stwierdzono, że przy wysokiej zawartości kryształów warnik zaopatrzone w mieszadło odśrodkowe posiada o 50 % lepszą przenikalność cieplną jak w przypadku mieszadła osiowego.

Dzięki propozycji pana Karola Wolfa podczas przebudowy Cukrowni Gosławice powstał pomysł wypróbowania jeszcze raz tego typu mieszadła w warunkach pracy ciągłej.

Podczas zamawiania mieszadeł do warników zostało uzgodnione z dostawcą - firmą Stelzer, że dostaczy dla celów doświadczalnych również po jednym mieszadle odśrodkowym.

Profil tych mieszadeł miał być dostosowany do den warników zoptymalizowanych dla mieszadeł kapłana.

Jeżeli chodzi o stronę aparaturową, to otrzymane wyniki są porównywalne bez ograniczeń, bo mamy do czynienia z identycznymi warnikami.

Podczas kampanii buraczanej 2004 zostały przez profesora Urbańca i jego współpracowników przeprowadzone badania, które będą przedstawione w następnym referacie.