

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ УВАРИВАНИИ УТФЕЛЯ

В. Р. Кулинченко, В. Т. Гаряжа кандидаты техн. наук, **Е. В. Кулинченко**, Киев, технол. ин-т пищ. пром-сти, **Б. Г. Дидушко** канд. техн. наук, УкрНИИПродмаш

В процессе уваривания утфелей необходимо обеспечить соответствие скоростей испарения воды и фазового превращения сахарозы. В связи с этим рассмотрим процессы, протекающие на границе поверхности нагрева с утфелем и на границе кристаллов с раствором, что позволит выявить факторы, способствующие интенсификации уваривания утфелей.

При кипении утфелей около парового пузырька, растущего на поверхности нагрева, образуется пограничный слой, в котором концентрация CB уменьшается от максимальной величины CB_{max} около поверхности раздела фаз до концентраций основной массы утфеля CB_y . В поле неоднородной концентрации возникает градиент химических потенциалов, вызывающий поток компонентов раствора в направлении нормали к поверхности раздела фаз. В связи с тем, что $CB_{max} \gg CB_y$, частички растворителя движутся к поверхности раздела фаз, а частички растворенного вещества – вглубь раствора. Это движение переноса масс ухудшается наличием твердой кристаллической фазы, имеющей большую плотность, чем раствор, что вызывает уплотнение межфазовой зоны концентрации и ухудшает доступ свежих порций раствора к паровым пузырькам во время их роста.

Наличие зоны концентрации приводит к повышению температуры перегрева утфеля на величину, по значению приблизительно равную физико-химической депрессии. Это требует дополнительной передачи тепловой энергии от греющей поверхности, способной вызвать рост парового пузырька в высоковязком утфеле. Уменьшить температурный потенциал, необходимый для процесса кристаллизации, можно при помощи поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые могут влиять на зону концентрации, улучшая в ней встречный перенос масс путем уменьшения гидродинамического сопротивления.

ПАВ могут адсорбироваться на границе раздела фаз в виде мономолекулярного слоя и резко нарушать молекулярное взаимодействие сопряженных между собой фаз. В зависимости от этого изменяются скорости обмена вещества в зоне концентрации между фазами, парообразования, растворения и кристаллизации. К настоящему времени проведено незначительное количество исследований с применением ПАВ, что не позволяет в полной мере установить основные закономерности их влияния на процесс теплообмена и уменьшение гидродинамического сопротивления.

Классификация ПАВ, предложенная П. А. Ребиндером, предполагает возможность интенсификации процесса переноса вещества при изменении агрегатного состояния [1]. Согласно этой классификации, особое внимание заслуживают ПАВ, проявляющие свою активность на границе двух жидкостей, не смешивающихся между собой, или на границе твердых поверхностей раздела. Они не образуют структур ни в объеме раствора, ни на поверхностных слоях. Уменьшая свободную поверхностную энергию жидкости или твердого тела благодаря адсорбции, ПАВ облегчают процесс образования новых поверхностей, так как диспергируются в данной среде. Адсорбируясь на твердой поверхности, ПАВ могут изменять молекулярную природу самой поверхности.

Исследования с применением ПАВ [2] показали, что они обладают свойствами уменьшать гидродинамическое сопротивление, что подтверждается и другими работами. Применяя ПАВ в вакуум-аппаратах циркуляционного типа, можно достичь уменьшения свободной энергии системы утфель – пар, в результате чего прочность поверхностных пленок паровых пузырьков уменьшается. Очевидно, при добавлении ПАВ в поток большие по размеру паровые пузырьки под действием турбулентных пульсаций дробятся на более мелкие, паросодержание смеси увеличивается, относительные скорости фаз, гидравлическое сопротивление и пульсации статического давления в потоке дисперсии

уменьшаются. Такие гидродинамические условия в кипяtilьных трубах вакуум-аппарата приводят к повышению коэффициента теплоотдачи α_2 и к снижению перегрева утфеля в пристенном слое. Процесс уваривания утфелей можно значительно интенсифицировать, объединив гидродинамическое усилие циркуляции с применением ПАВ путем совместного их вдувания в виде дисперсной среды (пар – ПАВ) в кипяtilьные трубы вакуум-аппаратов. Западногерманская фирма «Стокхаузен» предлагает применять препарат «Интрасол ФК.» с целью уменьшения поверхностного натяжения сиропа или утфеля и улучшения циркуляции в вакуум-аппарате. Оптимальный эффект достигается при использовании 1 г препарата на 100 кг утфеля. При этом препарат гасит пену на поверхности утфеля, уменьшая содержание растворенного воздуха в утфеле, отрицательно влияющего на процесс теплообмена.

Химическая корпорация «Ходаг» (США) предложила ПАВ под названием «Ходаг СВ-6». Промышленные испытания на заводах (штат Флорида) показали, что добавка препарата в количестве 0,06% уменьшает вязкость утфеля на 18,5%, а поверхностное натяжение межкристаллического раствора – до 45%, чем способствует улучшению циркуляции в аппаратах.

Гидродинамические условия в вакуум-аппаратах улучшаются за счет того, что длинные цепочки молекул ПАВ находятся в пристенном пограничном слое паро-утфельного потока, чем улучшаются условия скольжения и уменьшаются усилия сдвига около стенок труб. С другой стороны, механизм действия ПАВ можно объяснить гидрофобизацией поверхности и уменьшением вязкости утфеля в тонком пристенном слое.

Наряду с этим улучшается качество сваренного сахара: уменьшается цветность, улучшается гранулометрический состав, увеличивается содержание СВ в утфелях при сохранении их текучести и уменьшается доброкачественность межкристаллического раствора.

Промышленными испытаниями «Ходаг СВ-6» установлено, что оптимальное количество добавки препарата – 0,01% к массе утфеля I и II продуктов. При этом время уваривания утфелей уменьшается соответственно на 16,7 и 21%, удельная производительность поверхности нагрева увеличивается на 10,1 и 221%, увеличивается равномерность кристаллов сахара, уменьшается зольность I продукта на 0,006% к массе сахара [1].

Применение ПАВ (ацетилированные моногидриды стеариновой кислоты 100%-ной стадии ацетилирования – АМГС-100) при уваривании утфелей разных стадий кристаллизации на 20 сахарных заводах Киевского промышленно-аграрного объединения подтвердили данные, полученные при испытании «Ходаг СВ-6». Добавка АМГС-100 в количестве 20 мг на 1 кг утфеля в вакуум-аппарат I продукта сокращает продолжительность уваривания на 10%, а добавки ПАВ в аппараты II и III (последнего) продуктов до 100 мг/кг – на 30–40 %.

Высокая эффективность применения АМГС-100 была достигнута теми заводами, продуктового отделения которых имеет недостаточную мощность. Следует отметить целесообразность применения ПАВ при уваривании утфелей II и III продуктов.

Выводы

1. Применение ПАВ приводит к увеличению дисперсной паровой фазы, уменьшению гидростатического сопротивления и увеличению коэффициентов теплоотдачи.

2. Незначительные добавки ПАВ интенсифицируют процесс уваривания утфелей, увеличивают скорость кристаллизации, улучшают качество сахара, препятствуют пенообразованию в аппарате.

Список литературы

1. **Ропотенко Я.Г.** Применение поверхностно-активных веществ для интенсификации процесса кристаллизации сахара. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1973. –22 с.

2. **Абрамзон А.А.** Поверхностно-активные вещества. – Л. Химия, Ленингр. отд-ние, 1975.—246 с.