

Для плазменных покрытий после лазерного оплавления без дополнительного легирования максимальное значение σ_d было найдено при минимальной скорости детали относительно луча лазера. С увеличением скорости лазерного луча до 300 мм/мин σ_d уменьшается почти в 1,5 раза. Это связано со структурными изменениями в покрытии в результате уменьшения времени пребывания образца в зоне нагрева лазера.

В покрытиях из клеевых композиций армированных частицами V_4C , σ_d повышается примерно в 1,5 раза по сравнению с покрытиями, нанесенными плазмой. Данное явление наблюдали при оплавлении образцов на низких скоростях детали относительно лазерного луча. Диаметр луча лазера и коэффициент перекрытия оказывает более слабое влияние на σ_d чем скорость детали относительно луча лазера.

Заключение. 1. Полученная математическая модель дает возможность рассчитать прочность сцепления покрытия и основы на различных режимах лазерной обработки. 2. Для плазменных покрытий после лазерного переплава без дополнительного легирования максимальная прочность сцепления найдена на самой малой скорости детали относительно лазерного луча. При увеличении скорости детали относительно лазерного луча она уменьшается почти в 1,5 раза. У клеевых композиций, армированных частицами V_4C путем лазерного переплава, σ_d ниже примерно в 1,5 раза по сравнению с покрытиями, нанесенными плазмой. Более высокая прочность сцепления наблюдается при низких скоростях детали относительно лазерного луча.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yilbas B.S., Patel F., Karatas C. (2013): Laser controlled melting of HSLA steel surface with presence of V_4C particles. - Appl. Surf. Sci. – vol. 282, pp. 601–606.
2. Dobrzanski L.A., Bonek M., Hajduczek E. and Klimpel A. (2005): Alloying the X40CrMoV5-1 steel surface layer with tungsten carbide by the use of a high power diode laser. - Appl. Surf. Sci. - vol. 247, No. 1 – 4, pp. 328 – 332.
3. Ng K.W., Man H.C. and Yue T.M. (2008): Corrosion and wear properties of laser surface modified Ni – Ti with Mo and ZrO_2 . - Appl. Surf. Sci. –vol. 254, No. 21, pp. 6725–6730.
4. Ларионов В. П., Болотина Н. П., Аргунова Т. В., Тюнин В. Д., Лебедев Н. П. Влияние лазерной обработки на структуру и состав плазменно-напыленных покрытий системы Ni–Cr–B–Si–C // ФХОМ. 1987. № 1. С. 74 – 78.
5. Спиридонова И. М. Структура и свойства железоборуглеродистых сплавов / Металловедение и термическая обработка металлов. 1984. № 2. С. 58 – 61.
6. Повышение адгезионной прочности клеевых покрытий системы Fe–Cr–B–Si лазерной обработкой и легированием / Н.Н. Дорожкин, М.А. Кардаполова, О.В. Дьяченко, Т.М. Абрамович, С.А. Донских, Ю.А. Симонов // Машиностроение. Респ. межвед. сб. науч. тр. – Минск, 2007.– Вып. 22. – С. 149–156.

УДК 664.282

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМБРАННЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ПЕРЕГОРОДОК ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ГРАНУЛ НАТИВНОГО КРАХМАЛА ПО РАЗМЕРУ

А.А. Заболотец, канд. техн. наук, доцент А.И. Ермаков., БНТУ, доктор техн. наук, доцент В.В. Литвяк; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск

Резюме – предложено усовершенствовать технологический процесс получения нативного картофельного крахмала путем фильтрования крахмальной суспензии с целью разделения частиц крахмала по размерам на фракции. Рассмотрена классификация фильтров. Выявлено, что мембранное фильтрование является предпочтительным методом разделения гранул нативного картофельного крахмала по размерам на фракции. Представлена классификация мембран, используемых в различных мембранных процессах.

Введение. Пищевая промышленность является одним из крупнейших потребителей крахмала и крахмалопродуктов. Нативный (немодифицированный) крахмал – продукт натурального происхождения, не являющийся пищевой добавкой. Использование нативных крахмалов в чистом (товарном) виде в пищевой промышленности оказывает значительное влияние на органолептические показатели качества продуктов питания.

Основная часть. Размер частиц крахмала, полученного из растительного сырья, в диапазоне от 5 мкм до 45 мкм является оптимальным для использования в пищевых композициях с непрерывной водной фазой. Таким образом, достигается баланс между соотношением калорий, получаемых из медленно усваиваемых углеводов к общей калорийности и вязкостью пищевой композиции. Кроме того, нативные крахмалы имеют нейтральный вкус, позволяющий использовать их в различных продуктах.

Установлено, что для регулирования физико-химических свойств натурального крахмала, полученного из растительного крахмалосодержащего сырья, без использования модифицирующих факторов необходимо проводить более тщательную переработку этого сырья. Предлагается добавить в технологический процесс получения нативного картофельного крахмала этап фильтрования крахмальной суспензии с целью разделения частиц крахмала по размерам на фракции.

Среди существующих в практике методов разделения неоднородных систем, таких как осаждение, фильтрование, центрифугирование, мокрое разделение, наиболее подходящим для разделения суспензии нативного картофельного крахмала по размерам на фракции является процесс фильтрования. Такой вид разделения дает требуемую точность процесса. Именно фильтрование применяют для более тонкого разделения неоднородных систем. Данный процесс позволяет осуществлять разделение суспензии с помощью пористых

перегородок, которые пропускают жидкую фазу и задерживают твердую [1]. Процесс фильтрации суспензий находит все более широкое распространение в пищевой промышленности. Встречаются как простые фильтры, операции в которых осуществляются вручную, так и сложные аппараты и механизмы, которые способны работать длительное время в непрерывном режиме. Классификация фильтров представлена на рисунке 1 [2-4]. Основным элементом аппарата (фильтра), в котором протекает процесс фильтрования, является фильтровальная перегородка. Качество получаемого фильтрата и производительность самого фильтра напрямую зависит от правильного выбора перегородки. Фильтровальные перегородки изготавливаются из различных материалов органического и неорганического происхождения. Наиболее распространенными видами перегородок являются: металлические, тканевые, стеклянные, из нетканых материалов, из полимерных материалов [1-2]. При фильтровании могут использоваться в роле фильтрующих перегородок такие ее виды, как сеточные или ситочные, глубинные и мембранные фильтрующие перегородки. Выявлено, что любой вид сетчатых фильтров имеет один общий недостаток [5-6]: через небольшое время после начала фильтрации над фильтрующей перегородкой становится отложившийся осадок, уменьшающий постепенно свободное сечение самой перегородки. Это явление негативно влияет на эффективность очистки. Замена фильтрующей перегородки требует остановки оборудования, т.к. ее очистка осуществляется только вне фильтра.

Признак	Классификация
Принцип действия во времени	- фильтры периодического действия
	- непрерывно действующие фильтры
Способ создания движущей силы	- под избыточным давлением (друк-фильтр)
	- вакуумные
	- под наливом
	- комбинированные
Взаимное направление движения фильтрата и действия силы тяжести	- с противоположным направлением
	- с совпадающим
	- с перекрестным
Степень очистки	- грубой очистки
	- тонкой очистки
Очищаемые среды	- фильтры для суспензий
	- фильтры для аэрозолей
Конструкция	- нутч-фильтры (емкостные)
	- фильтр-пресс
	- листовые
	- патронные
	- барабанные
	- дисковые
	- ленточные
	- карусельные
	- рукавные и т.д.
Вид фильтрующей перегородки	- сеточные или ситочные
	- глубинные
	- мембранные

Рисунок 1 – Классификация фильтров

При глубинном фильтровании частицы задерживаются как на поверхности так и, главным образом, в толще капиллярно-пористого фильтра. Основным недостатком использования фильтрующих перегородок этого типа является постепенное осаждение на фильтре отделяемых частиц и возрастание сопротивления перегородки. Глубинные фильтры целесообразно применять для суспензий малой концентрации. Мембранный тип фильтрующих перегородок применяется для разделения жидких систем с выделением твердых микрочастиц размером до 45 мкм. Именно мембранное фильтрование является предпочтительным методом разделения частиц картофельного крахмала по размерам на фракции. Данный метод разделения обеспечивает высокие требования к микробиологической чистоте и безопасности пищевых продуктов. Существует множество мембран различной формы и размера, имеющих широкий диапазон селективности. Классификация мембран, используемых в различных мембранных процессах, представлена на рисунке 2 [7-9].

Признак	Классификация
По происхождению	- природные (биологические)
	- синтетические (органические / неорганические)
По морфологии или структуре	- пористые / непористые
	- симметричные / ассиметричные
	- изотропные, анизотропные, композитные (композиционные) и импрегнированные
По геометрической форме и вида используемых мембран	- плоские или плоскорамные (полотна, листы, ленты, пленки, пластины и пр.)
	- трубчатые мембраны (цилиндры / трубки диаметром от 5 до 15 мм и длиной до 2 м)
	- рулонные (свернутые пленки)
	- волоконные: а) полые волокна (внутренний диаметр менее 0,5 мм); б) капиллярные мембраны (внутренний диаметр от 0,5 до 5 мм)

Рисунок 2 – Классификация мембранных фильтрующих перегородок

Ко всем типам микрофильтрационных мембран предъявляются такие основные требования, как: высокая разделяющая способность, высокая удельная производительность, устойчивость по отношению к компонентам разделяемой смеси и используемым вспомогательным компонентам, стабильность свойств во времени, низкая стоимость [8]. Основным показателем, определяющим технико-экономические показатели мембранных процессов, является стабильность всех вышеперечисленных характеристик во времени [9]. Дополнительными достоинствами мембранных фильтров являются: устойчивость к механическим, химическим и термическим нагрузкам; высокая эффективность удержания частиц снаружи матрицы мембранного фильтра (поверхностная фильтрация), которые могут быть использованы для дальнейшего анализа; мембранные фильтры не выделяют в фильтрат никаких волокон, частиц; из-за малой толщины мембран они не способны адсорбировать в своей толще большое количество компонентов фильтруемой жидкости, поэтому их процессы химической стерилизации, промывки и отмывки проходят значительно быстрее, в случае фильтрации под давлением первоначально задержанные фильтром частицы остаются на поверхности мембран и не могут оказаться в фильтрате [9]. Таким образом выявлено, что использование мембранных фильтровальных установок для разделения частиц крахмала по размерам на фракции является наиболее предпочтительным методом, используемым в технологическом процессе получения нативного картофельного крахмала с размером крахмальных гранул от 5 мкм до 45 мкм. На данный момент не существует научных данных о возможности использования мембран для разделения крахмальной суспензии.

Выводы. Разработка основ глубокой переработки крахмалосодержащего растительного сырья с использованием мембранного технологического оборудования, классифицирующего гранулы нативного крахмала по размеру, является актуальной темой научных исследований. Получение нативного крахмала с заданным размером фракций станет новым этапом развития технологического производства крахмала и позволит производителям сократить импорт нативного крахмала и приблизить страну к самообеспечению, т.е. к экономической независимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бишимбаев, В.К. Теория, технология, практическое применение процессов озонирования и мембранной очистки водных систем / В.К. Бишимбаев, Б.Н. Алмагамбетов, М. Колдас, В.П. Шерышев, У. Бестерекоев. Шимкент, - 2007. – 380 с.
2. Жужиков, В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий / В.А. Жужиков - М.: Химия – 1980. – 440 с.
3. Климов, А.М. Оборудование для разделения жидких неоднородных систем: фильтры и центрифуги / А.М. Климов. М.: Издательство ТГТУ. – 144с.
4. Десятов, А.В. Опыт использования мембранных технологий для очистки и опреснения воды / А.В. Десятов, А.Е. Баранов, Е.А. Баранов, Н.Н. Какуркин, А.В. Асеев, под редакцией А.С. Коротеяев. – М.: Химия, 2008. – 240с.
5. Сетчатый фильтр/ М. В. Клыков, А. Е. Разноушкин: пат. 2486941 Рос. Федерация, МКИЗ В01D29/62; заявл. 8.06.2009, опубл. 10.07.2013.
6. Алушкина, Т.В. Сетчатые дренажные фильтры в процессах очистки мазута от механических примесей / Т.В. Алушкина, М.В. Клыков // Сетевое издание «Нефтегазовое дело» – №4 – 2017. – с. 26-41.
7. Русанов, Е.С. Мембраны в химических процессах: учеб. пособие / Е.С. Русанов - М.: Просвещение, Слово, 1997. - 198 с.
8. Брик, М.Т. Энциклопедия мембран в двух томах / М.Т. Брик. Киево-Могилевская академия. 2005. – 660с.
9. Брык М.Т. Мембранная технология в пищевой промышленности: учеб. пособие / М.Т. Брык, В.Н. Голубев. - Киев: Урожай, 1991. - 220 с.

УДК 664.282

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.А. Заболотец, канд. техн. наук, доцент А.И. Ермаков., БНТУ, доктор техн. наук, доцент В.В. Литвяк; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск

Резюме – приведены основные характеристики (свойства) крахмала в зависимости от размера крахмальных гранул и их формы. Предложено проводить более глубокую переработку растительного крахмалосодержащего сырья, дополнительно добавив в технологическую схему получения нативного крахмала технологическую стадию разделения крахмальных гранул на фракции по размеру с использованием мембранных технологий. Выявлено, что мембранное фильтрование является предпочтительным методом разделения частиц картофельного крахмала по размерам на фракции. Рассмотрены различные мембранные аппараты в зависимости от типа мембран и ее формы. Проанализированы достоинства и недостатки каждого из них.

Введение. Пищевая промышленность является одним из крупнейших потребителей крахмала и крахмалопродуктов. Крахмал – это углевод, который служит одним из источников энергии в организме человека. Крахмал как сырье может являться товарным продуктом, а также входит в состав крахмалосодержащих продуктов – муки, круп, овощей, фруктов, макаронных изделий, хлеба и т.д. В пищевом рационе человека на долю