

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗНОРОДНЫХ, РАЗНОВЕЛИКИХ, РАЗНОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ И РАЗНОИМЕННО ЗАРЯЖЕННЫХ МИКРООБЪЕКТОВ БУМАЖНОЙ МАССЫ НА ДАЛЕКОМ И БЛИЗКОМ РАССТОЯНИЯХ

Развитие теории прочности листовых волокнистых материалов неотделимо от вопроса о принципах закрепления на поверхности волокон частиц осадка модифицирующих агентов. Прочный фундамент для управления технологическим процессом дает информация о природе сил взаимодействующих микрообъектов. Если фиксация происходит только за счет электростатического притяжения отрицательно заряженной поверхностью волокон положительно заряженных частиц полимеров, то с уверенностью можно предположить, что это взаимодействие должно прекратиться после взаимной нейтрализации зарядов, и единица поверхности волокна способна закрепить предельное, относительно небольшое количество модификатора. Если и дальше развивать это предположение, то выходит, что возможность создания новых видов продукции за счет применения больших расходов химических веществ теоретически вообще исключается, так как избыток все равно окажется в оборотной и сточной воде.

Ключевой проблемой является обеспечение гетероадагуляции (налипания мелких частиц на крупные, с подавлением процесса слипания мелких с мелкими).

Взаимодействия отрицательно заряженных макроповерхностей волокон с одноименно заряженными мелкими частицами проклеивающих агентов в водной среде в присутствии электролитов (солями многовалентных металлов) достаточно хорошо исследованы и подробно описаны в отраслевой литературе, поэтому в данной статье к обсуждению не привлекаются.

Нашими исследованиями установлено [1], что при взаимодействии растительных волокон с положительно заряженными мелкодисперсными частицами полимера результирующая величина электрокинетического потенциала действительно уменьшается до нуля, но процесс взаимодействия на этом не заканчивается, а идет дальше и стабилизируется в положительной области.

Установленный факт перезарядки волокон вносит в наши рассуждения поправки принципиального характера.

Во-первых, продолжающаяся фиксация мелких частиц на электронейтральной поверхности волокон указывает на то, что эта фиксация может происходить не только за счет электростатических сил.

Во-вторых, концентрирование плюс-зарядов полимера на нейтральной поверхности волокон обеспечивает ей электрические свойства и приводит к отталкиванию одноименных зарядов частиц дисперсной фазы.

В-третьих, из всевозможных комбинаций, взаимодействующих заряженных и электронейтральных частиц взаимодействие нейтральных с нейтральными оказывается наиболее предпочтительным, так как не имеет ограничений по количеству модификатора, предназначенного для закрепления на поверхности волокон.

Для описания энергетических взаимодействий мелкодисперсных (обладающих броуновским движением) сферических частиц используются математические зависимости [2] в которых сопоставляются межмолекулярные взаимодействия частиц дисперсной фазы в дисперсионной среде. При сближении двух заряженных коллоидных частиц действуют одновременно межмолекулярные силы притяжения (Ван-дер-Ваальсовы силы) и электростатические силы отталкивания, препятствующие слипанию частиц. Силы притяжения проявляются только на очень малых расстояниях, соизмеримых с радиусом частиц, на больших расстояниях ими можно пренебречь. При сближении частиц эти силы резко возрастают. Электростатические силы отталкивания также не проявляются на больших расстояниях. Силы отталкивания возникают между частицами только тогда, когда взаимно перекрываются диффузные слои, это вызывает перераспределение ионов и нарушение электрического равновесия в мицеллах.

Для области малых электрических потенциалов суммарная энергия взаимодействующих частиц будет равна:

$$U(h) = 2\varepsilon_0 \varepsilon \kappa \varphi_\delta^2 e^{-\kappa h} - \frac{A}{12\pi h^2}, \quad (1)$$

где φ_δ – электрический потенциал диффузного слоя; κ – величина, обратная толщине диффузного слоя; h – расстояние между частицами; ε – диэлектрическая проницаемость дисперсионной среды; ε_0 – электрическая постоянная; A – константа Гамакера,

При больших потенциалах и расстояниях между частицами эта энергия определяется уравнением:

$$U(h) = \frac{64c_0 RT}{\kappa} \gamma^2 e^{-\kappa h} - \frac{A}{12\pi h^2} \quad (2)$$

где c_0 – концентрация противоионов в дисперсионной среде; γ – постоянная, определяемая величиной φ_δ .

Когда диффузные слои имеют достаточную толщину, то перекрывание их происходит на расстояниях, когда электростатические силы отталкивания преобладают над силами притяжения, так как те и другие неодинаково изменяются с расстоянием. Возникает потенциальный барьер, препятствующий сближению; частицы расходятся. Отсюда следует, что чем больше размер диффузного слоя частицы, тем значительнее проявляется силы расклинивающего давления.

При добавлении электролитов толщина диффузного слоя уменьшается вследствие обменной адсорбции ионов, одноименных с противоионами и переходе таким образом этих ионов из диффузного слоя в адсорбционный слой.

Интересно рассмотреть важный для бумажников пример взаимодействия разновеликих электронейтральных частиц (волокно, наполнитель и проклеивающие добавки) [3]. Потенциальная кривая взаимодействия трех одинаковых, достаточно мелких сферических частиц 1 – 2 – 3, находящихся в поле поверхностных сил толстой пластины 4 (макроповерхность волокон), которое можно считать внешним по отношению к рассматриваемой системе, изображена на рисунке.

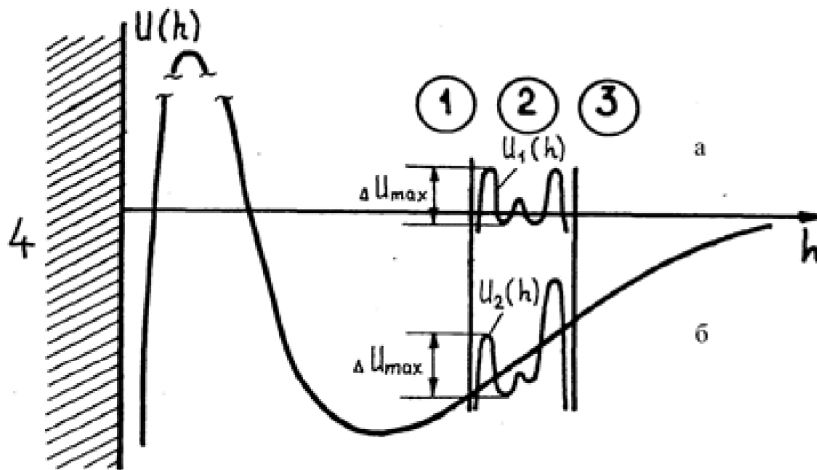


Рисунок – Потенциальные кривые, характеризующие взаимодействие сферических частиц 1 - 2 - 3, в отсутствие (а) и при наличии (б) пластины 4

Выражение для результирующей энергии взаимодействия макро- и микрообъектов можно получить с применением перехода Дерягина [2]:

$$U(h) = \frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{\varepsilon \cdot \varepsilon'}} \cdot \int_{h_c}^{\infty} (U_m^p + U_i^p) dh, \quad (1)$$

где U_m^p и U_i^p – энергии молекулярного притяжения и отталкивания, отнесенные к единице площади плоскопараллельного зазора; ε , ε' – кривизна главных нормальных сечений.

Из сравнения зависимостей $U_1(h)$ и $U_2(h)$ видно, что наступающее при наличии пластины 4 уменьшение ΔU_{\max} определяет возрастание вероятности ближней коагуляции. Это подтверждают ранее установленные факты о том, что скорость слипания мелких частиц друг с другом в сотни и тысячи раз меньше скорости их налипания на крупные.

Теперь, если иметь в виду, что по возрастающим размерам частицы, присутствующие при проклейке бумаги в массе, могут быть расположены в ряд: частицы перезаряжающего агента → частицы проклеивающих дисперсий → растительные волокна, то становятся совершенно очевидны порядок протекания процесса проклейки и место свершения главных событий.

Ключевым моментом решения проблемы гетероадагуляции является разработка приемов, обеспечивающих агрегативную устойчивость проклеивающих дисперсий в момент смены знака заряда их частиц. Автором предложено два пути реализации поставленной задачи.

Первый путь основан на отсутствии реакционной способности неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ) по отношению к умеренным окислителям, восстановителям и солям многовалентных металлов. НПАВ совместно с любым количеством сульфата алюминия при рН 4,5–8,5 сохраняют свою поверхностную активность и образуют на поверхности частиц проклеивающих дисперсий структурно-механический барьер, препятствующий их слипанию (гомокоагуляции) в изопотенциальной точке.

В основе второго пути лежит явление уменьшения размера частиц образующегося осадка при электролитной коагуляции адсорбционно-ненасыщенных дисперсий, когда содержание анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в системе постепенно возрастает.

При оптимальном соотношении ПАВ – дисперсная фаза для заданных параметров объекта создаются условия сохранения агрегативной устойчивости дисперсии, когда заряд частиц отсутствует.

Способность поверхностно-активных веществ и полиэлектролитов влиять на размер частиц осадка проклеивающих веществ, остающегося в бумаге после ее изготовления, а также на равномерность распределения и прочность фиксации этих частиц на поверхности растительных волокон дала нам основание назвать указанные вещества коллоидно-химическими регуляторами проклейки.

Введение термина «коллоидно-химический регулятор» определяется также необходимостью различать поверхностно-активные вещества, присутствующие в системе, по природе и функциональному назначению. Эмульгатор, содержащийся в гидродисперсиях полимеров, предназначается для обеспечения его агрегативной устойчивости, а коллоидно-химический регулятор способствует достижению гетероадагуляции. При оптимальном расходе регулятора проклейки обеспечиваются высшие показатели продукции для заданного расхода проклеиваемого вещества, максимальное его удержание в бумаге или картоне, что делает качество клееной бумаги менее зависимым от скорости бумагоделательной машины, так как осадок фиксируется на волокне и не способен к миграции и провалу за счет отсасывающего действия элементов конструкции регистровой и прессовой частей машины; заметно снижается разносторонность листа бумаги по степени проклейки; повышаются экономические и эксплуатационные характеристики всей технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников, В.Л. Бумага и картон из волокнисто-полимерных композиций. - Мн.: БГТУ, 2004. – 242 с.
2. Дерягин Б.В., Чураев М.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. – М.: Наука, 1985. – 398 с.
3. Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для вузов. -М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 440 с.

УДК 62-784.43

В.К. Дубовый, проф. д-р техн. наук,
Н.А. Криницин, маг., Г.А. Суслов, маг.
dubovy2004@mail.ru (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург, Россия)

УПРОЧНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Введение

Одной из основных проблем при производстве бумагоподобных композиционных материалов на основе минеральных волокон является достижение высоких прочностных характеристик при сохранении эксплуатационных свойств. В настоящее время композиты на основе минеральных волокон находят широкое применение во многих отраслях науки и промышленности таких, как нано-, био-, и сверхкритические технологии, энергетика, медицина, транспорт, электроника и многих других. [1]