

Н. В. Черная, проф., д-р техн. наук
chornaya@belstu.by (БГТУ, г. Минск)

В. Л. Колесников, проф., д-р техн. наук
v.kolesnikov@belstu.by (БГТУ, г. Минск)

Н. В. Жолнерович, к-т техн. наук
zholnerovich@belstu.by (БГТУ, г. Минск)

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БУМАГИ И КАРТОНА С ПОВЫШЕННЫМИ ГИДРОФОБНОСТЬЮ И ПРОЧНОСТЬЮ

Бумага и картон с повышенными гидрофобностью и прочностью относятся к многотоннажным видам продукции. Существующая технология их получения основана на использовании не только разнообразного волокнистого сырья (целлюлозы небеленой и беленой, полученной из хвойных и лиственных пород древесины, макулатуры групп А, Б и В и их смесей, но и химических веществ (гидрофобизирующих, упрочняющих, электролитов, катионных полиэлектролитов и др.).

Для повышения гидрофобности и прочности бумаги и картона, как правило, увеличивают содержание в бумажной массе функциональных химических веществ, частицы которых имеют отрицательный дзета-потенциал. Для повышения их заряда используют положительно заряженные гидроксосоединения алюминия, добавляемых с раствором электролита. Процессы гидрофобизации и упрочнения в бумажной массе протекают, по нашему мнению [1], в режиме гомокоагуляции, при котором образовавшиеся коагуляты (агломераты) являются, во-первых, неоднородными и крупнодисперсными (размер изменяется от 2300 до 7000 нм) и, во-вторых, их дзета-потенциал находится в области критических значений (от -20 до $+20$ мВ). Они формируются не в первой, а второй области электролитной коагуляции, когда соотношение гидрофобизирующее вещество : электролит составляет в среднем 1 : 3,0 при проклейке целлюлозной массы и возрастает до 1 : 4,5 и более при проклейке макулатурной массы. Присутствие в бумажной массе отрицательно заряженных частиц упрочняющего вещества требует дополнительных затрат электролита.

К основным недостаткам существующей технологии получения бумаги и картона с повышенными гидрофобностью и прочностью относится то, что образовавшиеся коагуляты не способны равномерно распределяться и прочно фиксироваться на поверхности волокон; этот негативный процесс заметно усиливается при замене первичных (целлюлозных) волокон на вторичные (макулатурные). В то же время известно [2], что катионные полиэлектролиты способны улучшать прочность бумаги и картона; однако их использование должно учитывать

особенности функционирования химико-технологической системы и состав бумажной массы. При этом они, по нашему мнению [3], способствуют дальнейшему нежелательному агрегированию (укрупнению) присутствующих в бумажной массе коагулятов, что только провоцирует протекание процессов гидрофобизации и упрочнения в режиме гомокоагуляции.

Поскольку процессы гидрофобизации и упрочнения в бумажной массе являются конкурирующими, то существующая технология базируется на «подборе» соотношения используемых функциональных веществ, при которых обеспечивается одновременное повышение гидрофобности и прочности бумаги и картона. Конечным технологическим решением является, как правило, вынужденное повышение содержания гидрофобизирующих и упрочняющих веществ в композиции бумажной массы, что увеличивает материальные затраты на получение высококачественных видов бумаги и картона.

Поэтому разработка ресурсосберегающей технологии получения бумаги и картона с повышенными гидрофобностью и прочностью представляет научный и практический интерес, что обуславливает актуальность настоящей работы.

Предложенное нами концептуальное развитие теории и технологии получения клееных видов бумаги и картона [4, 5] позволило сместить процесс гидрофобизации из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции пептизированных частиц. Такие частицы в отличие от коагулятов (агломератов), полученных во второй области электролитной коагуляции, получают путем дезагрегирования (пептизации) коагулятов (имеют размер не более 2000 нм), образовавшихся в первой области коагуляции, когда соотношение гидрофобизирующее вещество : электролит не превышает 1 : 0,82 при проклейке целлюлозной массы и 1 : 1,25 при проклейке макулатурной массы. Для дезагрегирования пептизирующихся коагулятов необходимо обеспечить последующее добавление в бумажную массу строго определенного количества электролита (не более 1 : 0,30) или катионного полиэлектролита (не более 1 : 0,01).

Образовавшиеся пептизированные частицы имеют размер не более 220 нм, что максимально приближается к размерам частиц дисперсной фазы, присутствующих в исходных эмульсиях (дисперсиях) функциональных веществ, и дзета-потенциал от +30 до +75 мВ в зависимости от вида пептизатора [3]. Роль последнего могут выполнять гексаакваалюминиевые катионы, вводимые в бумажную массу с раствором электролита (сульфата алюминия), или катионные полиэлектролиты (например, слабоосновные (полиамидполиаминэпихлоргидриновый полимер (ППЭС) и др.) и сильноосновные (полидиметилди-

аллидаммоний хлорид (ПДМДААХ), сополимер акриламида с метилхлоридом диметиламинопропилакриламида (СА МХ ДМАПА) и др.). Однако в научной литературе до настоящего времени основное внимание уделялось преимущественно упрочняющему, структурообразующему и флокулирующему действию катионных полиэлектролитов и не рассматривалась возможность их участия в процессе пептизации коагулятов.

Нами доказано [1, 3], что мелкодисперсные положительно заряженные пептизированные частицы функциональных веществ способны равномерно распределяться монослоем на отрицательно заряженной поверхности волокон, не препятствуя образованию межволоконных связей, которые, в свою очередь, дополнительно улучшают прочность бумаги и картона.

Электростатическое взаимодействие между волокнами и пептизированными частицами усиливается при повышении дзета-потенциала последних до максимально возможных значений (+75 мВ). Для пептизации коагулятов целесообразно заменить электролит (сульфат алюминия) на катионный полиэлектролит (ППЭС, ПДМДААХ, СА МХ ДМПА и др.). Степень удержания пептизированных частиц, полученных в присутствии электролита, в структуре бумаги и картона повышается от 55–60 до 87–90%, а полученных в присутствии катионного полиэлектролита, – до 96–98%.

О протекании процесса пептизации коагулятов свидетельствуют следующие факты: во-первых, скорость коагуляции уменьшается от максимальных значений ($1,7 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$) до нуля и, во-вторых, средний диаметр пептизированных частиц является минимальным (не более 220 нм). Расчеты, проведенные нами по методике С. С. Воюцкого, показали, что удельная энергия взаимодействия пептизированных частиц ($-U(h_0)$) не превышает 10 мДж/м^2 , что не противоречит современной теории Дерягина–Ландау–Фервея–Овербека (теория ДЛФО).

Разработанная технология гидрофобизации и упрочнения бумаги и картона включает три основные стадии. *На первой стадии* в бумажную массу, содержащую отрицательно заряженные частицы дисперсной фазы гидрофобизирующего и упрочняющего вещества, вводится такое количество электролита с требуемым содержанием в нем положительно заряженных гидроксосоединений алюминия, при котором образовавшиеся коагуломы после агрегирования формируют коагуляты (размером не более 2000 нм), способные к пептизации. *На второй стадии* происходит пептизация коагулятов в присутствии строго определенного количества ионов-пептизаторов; образовавшиеся новые комплексы представляют собой мелкодисперсные и положительно заряженные пептизированные частицы. *На третьей стадии*

происходит гетероадагуляция пептизированных частиц на поверхности волокон. Поэтому протекание процессов гидрофобизации и упрочнения в режиме гетероадагуляции пептизированных частиц сопровождается повышением гидрофобности и прочности бумаги и картона на 20–25 и 18–23% соответственно. Содержание гидрофобизирующих и упрочняющих веществ в бумажной массе по сравнению с существующей технологией уменьшается на 20–40 и 15–20% соответственно, а электролита – сокращается в 1,5–4,0 раза. Расход катионного полиэлектролита не превышает 0,1 кг/т.

Проведенные на ведущих предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности (РБ – 4, Украина – 1) расширенные испытания разработанной ресурсосберегающей технологии подтвердили результаты исследования и достигаемые эффекты по экономии используемых химических веществ, что позволило повысить конкурентоспособность производимой продукции и уменьшить ее себестоимость.

Таким образом, смещение процессов гидрофобизации и упрочнения из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции пептизированных частиц позволяет повысить гидрофобность и прочность бумаги картона и значительно уменьшить расходы применяемых химических веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1 Черная, Н. В. Теория и технология клееных видов бумаги и картона : монография / Н. В. Черная. – Минск: БГТУ, 2003.

2 Запольский, А. К. Коагулянты и флокулянты / А. К. Запольский, А. А. Баран. – Л.: Химия, 1987.

3 Черная, Н. В. Особенности проклейки макулатурной массы в нейтральной среде в присутствии сильноосновного катионного полиэлектролита / Н. В. Черная // Материалы. Технологии. Инструменты: междунар. науч.-техн. журн. – Гомель: ИМНС НАН Беларуси, 2006. – Т. 11, № 1. – С. 93–96.

4 Черная, Н. В. Теория и технология клееных видов бумаги и картона : монография / Н. В. Черная. – Минск: БГТУ, 2009.

5 Колесников, В. Л. Бумага и картон из волокнисто-полимерных композиций / В. Л. Колесников. – Минск: БГТУ, 2004.