ГЛАВА V

ПРИМЕНЕНИЕ КРАХМАЛА В БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Э. К. НИССЕН

I. ВВЕДЕНИЕ

Основным компонентом бумаги является целлюлозное волокно, однако в бумажной промышленности применяются в больших количествах другие материалы. В 1962 г., например, в бумажной промышленности США было израсходовано 1,2 млн. т каолина, 46 тыс. т двуокиси титана, 48 тыс. т синтетических связующих средств и 150 тыс. т крахмала [1]. Последняя цифра показывает, что бумажная промышленность является крупнейшим потребителем крахмалопродуктов.

Процесс бумажного производства состоит в основном в получении целлюлозного волокна из древесины, хлопка, соломы и т. п. и превращении этого волокна в непрерывное полотно бумаги.

Способы получения древесного полотна в основном следующие:

а) механический; древесину размалывают до получения волокнистой массы, которая является основным материалом при изготовлении газетной бумаги и формованного картона, например для хранения и транспортирования яиц;

б) полумеханический; древесину перед размалыванием подвергают химической обработке; из массы получают газетную и печатную бумагу;

в) полухимический; древесину измельчают в щепу и подвергают относительно слабой химической обработке; размягченную щепу измельчают; из полученной массы производят главным образом бумагу для гофры, а после отбеливания — печатную и газетную бумагу.

г) химический; бревна измельчают в щепу и подвергают химической обработке для растворения или значительного размягчения лигнина. Как правило, щепа превращается в массу без дополнительной механической обработки. «Варку» древесины проводят с одним из трех химических реагентов: сульфитом, содой или сульфатом. Сульфитный процесс включает обработку кислотой с предварительной варкой в бисульфите кальция, натрия и магния. В содовом процессе агентом, способствующим превращению щепы в целлюлозную массу, является каустическая сода. Сульфатный, или крафт-процесс включает щелочную обработку с добавлением сульфида натрия.

Из целлюлозной массы или с добавлением ее получают почти все виды бумаги, изготовляемой в США.

После варки целлюлозную массу подвергают механической обработке для сообщения необходимой прочности, добавляют красители, смоляную проклейку, квасцы и подают в машину, вырабатывающую из нее непрерывное полотно бумаги, которое высушивается до содержания влаги 5—6%.

II. ПРИМЕНЕНИЕ КРАХМАЛА В МОКРОЙ ЧАСТИ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Целлюлозное волокно обладает относительно низкой прочностью. Для усиления связи между отдельными волокнами их размалывают механическим путем. Клетки стенок волокна разрываются и обнаженный внутренний слой распадается на мелкие фибриллы. Благодаря этому увеличивается площадь контакта волокон и усиливается связь между ними.

Повышение прочности листа объясняется физическим сцеплением фибрилл. Установлено, что прочность листа обусловлена наличием ковалентных связей, полярным притяжением или водородными связями [2]. Джейм и Хангер [3] с помощью электронного фотомикрографа установили, что отдельные клетки древесных волокон могут быть связаны водородными связями в процессе изготовления бумаги. Свенсон [4] подерживает теорию водородной связи, которая требует более подробных исследований. Каллинг [5] указывает, что сама по себе молекула целлюлозы имеет большое количество гидроксильных групп, потенциально способных взаимодействовать через водородные связи. В молекуле эти гидроксильные единицы строго полярны, но так как сила притяжения обратно пропорциональна расстоянию, для образования связи необходима тесная ассоциация. Поэтому при менее тщательной обработке бумага теряет такие важные свойства, как пористость, эластичность, блеск и непроницаемость.

Не всегда, однако, возможно одним размолом добиться обеспечения приемлемого качества бумаги, и оказывается необходимым добавление связующих средств. Основным таким средством является крахмал.

В сырую массу, обработанную на бумагоделательной машине, добавляют крахмал в качестве проклеивающего реагента с целью увеличения способности бумаги к сопротивлению при смачивании водой. Нормальная проклейка достигается с добавлением смолы и квасцов. Если проклейка смолой увеличивает сопротивляемость бумаги действию влаги, то проклейка крахмалом в роллах эту сопротивляемость значительно не изменяет. В некоторых случаях качество проклейки улучшается путем применения окисленного крахмала [2]. Это объясняется благо-

приятным действием, которое крахмал оказывает на осаждение клея смолы, а не клеящими свойствами самого крахмала.

Хотя крахмал добавляют в сырую массу для компенсации плохой подготовки или сглаживания неоднородности основного волокна, главная цель его использования в увеличении прочности бумаги, покрытии поверхностного слоя мелкими частицами и увеличении звонкости. При использовании крахмала возможно также применение неорганических наполнителей без изменения при этом критической прочности готовой бумаги.

Закономерности влияния крахмала на прочность бумаги установлены недавно. Хуц [6] отметил различия в прочности на разрыв при применении 4% крахмалов кукурузы, сладкого картофеля, тапиока или белого картофеля. Уотерс [7] сообщил данные об удержании крахмала кукурузы и картофельного крахмала в напорном чане, в отходящей белой воде и бумаге.

Лич [8] показал, что прочность бумаги зависит от четырех факторов: прочности волокна, прочности связи между отдельными волокнами, числа связей (или поверхности связывания) и их распределения. Кроме упомянутых выше факторов можно отметить и значение клеящих веществ.

Свенсон [4], признавая значение водородной связи для контакта волокно — волокно, отметил, что фибриллы целлюлозы очень крупны по сравнению с размерами молекул и что в действительности области контактирования малы, если контактируются неподвижные неровные твердые поверхности. Он считает, что клей в роллах уменьшает расстояние между фибриллами и способствует появлению связей, которые иначе не образуются. Благодаря связям бумага приобретает прочность и хороший внешний вид. Какой именно крахмалопродукт является наиболее эффективным на данном заводе, определяется многими факторами: качеством получаемой бумаги, условиями подготовки и производительностью, видом волокна, экономическими соображениями. Вероятно, идеальным клеящим средством можно считать такое, которое улучшает прочность и внешний вид бумаги с максимальным удерживанием крахмала и минимальными затратами без образования пигмента. Ни один из применяемых в настоящее время крахмалов точно не отвечает всем этим требованиям, но многие из них приспособлены для нужд отдельных заводов.

Крахмалы, применяемые в качестве клеящих средств, — это, прежде всего, картофельный, кукурузный, тапиока и сорго, как правило, немодифицированные. Расширяется применение модифицированных крахмалов, таких, как катионированные кукурузный и картофельный, окисленный и диальдегидный кукурузный. Применяются также, но ограниченно, предварительно клейстеризованные (набухающие) кукурузный и картофельный крахмалы.

Последние применяются на заводах, где необходим сухой

клей из-за отсутствия соответствующего оборудования для варки. Набухающие крахмалы добавляются в процессе проклейки в роллах на возможно более поздних этапах при хорошей дисперсности и перемешиваются с волокном. Сваренный крахмал очень чувствителен к разрушениям. Продолжительное размалывание волокон уменьшает удержание крахмала. Области применения предварительно клейстеризованного крахмала расширяются, это объясняется присутствием частиц неклейстеризованного крахмала, способствующих образованию на поверхности бумаги полупрозрачных пятен, известных под названием «рыбьи глаза» или «фонари». Предварительно клейстеризованный картофельный крахмал предпочитают кукурузному благодаря его низкой способности к ретроградации.

На некоторых заводах сырой крахмал добавляют в массу. В связи с тем, что гранулы неклейстеризованного крахмала не подвержены механическому воздействию, исключается и проблема разрушения. Однако активность добавленного несваренного крахмала зависит от степени клейстеризации его на сыром листе в сушилках, так как неклейстеризованный крахмал не повышает прочности бумажного полотна. В связи с этим температура полотна должна составлять 74—90° С, так как в нем содержится достаточно воды для набухания крахмальных зерен. Это не слишком эффективно в случае нативного крахмала, но химически модифицированные крахмалы с успехом применяются для получения тонкой бумаги, качество которой не изменяется при пониженной температуре клейстеризации. Например, умеренно окисленные кукурузные крахмалы имеют температуру клейстеризации около 60° С и находят широкое применение. Заводской опыт показал, что окисленный кукурузный крахмал, добавленный в сухом состоянии, является таким же эффективным для некоторых систем, как и предварительно клейстеризованный кукурузный крахмал, добавленный в ролл, и имеет то дополнительное преимущество, что не влияет на скорость обезвоживания на сетке. На тонну волокна добавляют 9—18 кг крахмала.

Ни один из крахмалов не является достаточно эффективным для всех сортов бумаги. Наиболее приемлемый вид крахмала определяется в основном конфигурацией волокон на поверхности бумаги. Для непрочно связанного бумажного полотна, состоящего из крупных, слегка размолотых волокон (бумага из садкой массы), наиболее эффективны слабодиспергированные крахмальные клейстеры, содержащие крупные набухшие неразорванные зерна. Такая бумага применяется для изготовления мешков, коробок, картонок и строительного картона и в данном случае предпочтителен крахмал тапиока, картофельный или катионированный кукурузный. Напротив, при получении высших сортов бумаги (для документов, книг) крахмал добавляют главным образом в коллоидном состоянии. Такая бумага обладает

большей прочностью, если были использованы слегка проваренные нативные жемчужные крахмалы.

Отмеченная зависимость между сортами бумаги и видом крахмала объясняется теорией, «связывания пятен». Как было упомянуто, крахмал является эффективным, если он связывает разрывы и создает связи между волокном —крахмалом — волокном. В бумаге из садкой массы разрывы между волокнами довольно большие, коллоидные частицы крахмала слабо удерживаются и образующиеся связи относительно слабы. Однако сильно набухшие зерна (около 20 мкм) соединяют большие разрывы и создают прочные связи. В бумаге с высокой плотностью волокна меньше, они образуют значительно более компактную массу и хорошо удерживают небольшие коллоидные частицы крахмала. Применение высокодиспергированных крахмальных клеев для такого бумажного волокна обеспечивает высокие связи между волокном — крахмалом — волокном.

Теория «связывания пятен» основывается на поведении крупных зерен крахмалов из корнеплодов (картофеля, тапиока), используемых в качестве клеев в мокрой части машины для бумаги низкой плотности. Нативный кукурузный крахмал также может быть успешно применен при условии тщательного контроля за обеспечением максимального набухания зерен без их разрыва до добавления в машину. Они обладают дополнительным преимуществом, поскольку улучшают проклеивание при добавлении смолы и квасцов [2]. Эффективность проклеивания можно увеличить на 25—50% при добавлении 2—5% крахмала, окисленного гипохлоритом.

Большой размер крахмальной молекулы играет значительную роль для качества бумаги. Хуц [6] показал, что добавление хорошо сваренных и диспергированных крахмалов с увеличенной молекулярной массой соответственно улучшает прочность бумаги.

В связи с тем, что практически невозможно рекомендовать определенный крахмал для получения заданного качества бумаги, трудно точно указать его дозу. В зависимости от вида крахмала и заводских условий добавки можно ограничить в пределах 0,5—7% в пересчете на сухую массу волокна. Большое количество крахмала ухудшает обезвоживание массы и неблагоприятно влияет на свойства поверхности бумаги. Как показал Кобб и сотр. [9], максимальная прочность достигается с нерасщепленным крахмалом, добавляемым в количестве 0,5% массы волокна.

Быструю сорбцию волокном крахмала, добавлявшегося в количестве 0,35—0,40%, наблюдали Кошин и Шуман [10]. Однако эти данные имеют теоретический характер, а в заводской практике обычно добавляют 2—5% крахмала.

Имеется существенное различие между количеством добавленного в бумагу крахмала и эффективностью удержания его

на поверхности. Измерить удержание крахмала сложно из-за трудности воспроизведения в лаборатории непрерывной очистки, обезвоживания на сетке и рециркуляции белой воды. Уотерс [7] рассматривает крахмал как клей в мокрой части машины, измеряя концентрацию крахмала в основной части устройства, первой белой воде и затем в 9 кг полученного листа. В соответствии с его данными удержание картофельного крахмала составляет 26,1%, кукурузного в специфических условиях — 9,45%.

Такие низкие значения удержания крахмала можно объяснить анионным характером как крахмала, так и целлюлозы. Поэтому между ними нет электростатического притяжения. Для образования водородной связи необходим тесный контакт между крахмалом и целлюлозой. Для того чтобы повысить удержание крахмала и при этом достичь большой эффективности, применяют специальные средства удержания мокрой массы. Хлопья коллоидальной окиси алюминия, образуемые квасцами, увеличивают степень удержания крахмала [11]. Комплекс, образуемый окисью алюминия, крахмалом и волокнами, подвергается механическому разрушению. Если учитывать способность окиси алюминия удерживать крахмал, то необходимо добавлять сваренный крахмал по возможности к концу цикла размола. Зависимость между свойством крахмала удерживать воду и повышением прочности бумаги предполагает, что присутствующий крахмал имеет свою наиболее приемлемую форму. Очевидно, плохо подготовленный крахмал мало улучшает свойства бумаги и слабее удерживается.

Для целей проклейки широко применяют непрерывную обработку крахмала. Преимущество непрерывной варки заключается в возможности быстрого и легкого изменения условий варки и сокращения срока хранения сваренного клейстера до минимума. Этот последний фактор является важным, так как переваривание и разрушение в результате сдвига могут повлиять на крахмал при хранении. Сухой крахмал разжижают в количестве 30 г на 1 л и направляют в варочный котел, при этом суспензию непрерывно клейстеризуют паром.

Температуру клейстера на выходе (около 96° С для кукурузного крахмала) автоматически контролируют по термочувствительному элементу, связанному с контрольным вентилем для пара. Прохождение крахмала через систему можно контролировать с помощью дозирующего насоса. Эта система дает возможность выбрать температуру, которая дает нужную степень набухания или диспергирования.

Обычная система варки включает разбавление крахмала в варочном котле, подогрев, например до 96° С, и выдерживание при такой температуре в течение 10 мин. Очень важно добавлять крахмал небольшими партиями, чтобы избежать переваривания и механического разрушения при выдерживании.

Независимо от метода приготовления сваренный крахмал добавляют в ролл или, как это делается на многих заводах, направляют в напорный бак. Применение специальных крахмалов для роллов несколько ограничивается во многих случаях с экономической точки зрения.

Наибольший интерес в последние годы вызвали катионный и диальдегидный крахмалы. Анионное происхождение целлюлозы и крахмала свидетельствуют о том, что катионный материал мог бы быть естественным мостом между волокнами. Можно предсказать, что такой материал имел бы высокую степень удержания и при постепенном добавлении давал бы относительно более высокую прочность, чем, например, нативный кукурузный крахмал. В работе Ниссена [12] по неотбеленному сульфиту показано сравнительное увеличение прочности поверхности бумаги с 1% катионного крахмала в отличие от 3% кукурузного. Опыт завода показал, что катионные крахмалы особенно эффективны благодаря низкой плотности и удлинению волокна полотна.

С недавних пор проявляется интерес к применению диальдегидного крахмала для проклеивания. Этот специальный крахмал, о котором подробно сообщается в гл. XIII, имеет свойство повышать прочность бумаги [13, 14]. В бумажной промышленности прочность достигается вообще с добавкой мочевино-формальдегидной или меламино-формальдегидной смол. Поверхность, обработанная мочевина-формальдегидом, требует значительно меньше времени для вулканизирования, а бумагу, обработанную меламин-формальдегидом, очень трудно применять. При использовании диальдегидного и катионного крахмалов как средства для удержания воды, а также при использовании катионных диальдегидных крахмалов бумага приобретает такие же свойства, как при обработке смолой. Показаны преимущества непродолжительного времени вулканизирования и простота обнаружения разрушения [13, 14].

III. ПРОКЛЕЙКА В КЛЕИЛЬНОМ ПРЕССЕ

В бумажной промышленности крахмал часто применяют для проклеивания тубов и поверхностной проклейки. Бумагу погружают в камеру с крахмальным раствором, затем пропускают через прессовые вальцы, и рулон сушат воздухом. Метод до настоящего времени применяется на некоторых старых заводах и обеспечивает высокую степень прочности поверхности бумаги.

Поверхностное шлихтование применяют для улучшения внешнего вида, увеличения сопротивляемости листа к истиранию и проникновению чернил, создания твердой поверхности для письма и печати, повышения прочности бумаги, уменьшения числа поверхностных волокон.

Фут [15] указал на то, что улучшение качеств писчей бумаги

связано с увеличением угла смачивания чернилами бумаги, проклеенной крахмалом. Кэйзи [2] также упоминает об увеличении угла смачивания бумаги маслом, наносимым на поверхность, проклеенную крахмалом.

Независимо от требований, применяемых к отдельным видам бумаги, метод поверхностной проклейки остается в основном одним и тем же. Механическая операция проклеивания с помощью пресса и тип применяемого крахмала определяет степень и вид проклеивания. Ли [16] указал, что поверхностная проклейка может выражаться в полном проникновении клея в бумажное полотно или в образовании только поверхностной пленки.

Для любого вида крахмала степень проникновения и распределения до некоторой степени связана с изменением давления на ролле, температурой крахмала и глубиной нанесения покрытия. Более высокие температуры, глубина нанесения покрытия и более высокое давление способствуют лучшему проникновению. Неизбежные изменения и ограничения, связанные с эксплуатацией машины, вызывают изменения самого крахмального клейстера.

Для поверхностной проклейки чаще всего применяют кукурузный крахмал. Используют также крахмал тапиока, картофельный и пшеничный.

Нативные крахмалы осахаривают ферментами до низкой вязкости. Предварительно осахаренные крахмалы, такие, как окисленные или обработанные окисью этилена, также находят широкое применение.

Выбор крахмала, применяемого для проклеивания на прессе, обычно обусловлен имеющимся на заводе оборудованием и необходимостью получения бумаги с нужными качествами. Условия проклеивания на прессе различны: широкий диапазон концентрации клейстера (от 2 до 12% по СВ) при температуре 50—70° С и вязкости 35—60 с, что соответствует 10—50 сПз по Брукфилду (цилиндр № 1, частота вращения 20 об/мин). Только некоторые, предварительно гидролизованные крахмалы определенной степени вязкости полностью отвечают всем требованиям. Слабо окисленные продукты при низком содержании СВ обладают высокой вязкостью, а относительно высокоокисленные с большим содержанием СВ обладают низкой вязкостью. То же относится и к оксиэтиловым крахмалам.

В последнее время в бумажной промышленности нашли широкое применение крахмалы, гидролизованные ферментами, поскольку их получение экономически выгодно. Поверхность бумаги теперь проклеивается ферментативно гидролизованными крахмалами.

Оксиэтиловый или окисленный крахмал средней вязкости (50 с с содержанием СВ 12% при температуре 60° С) часто применяют при печати, когда важным является способ нанесения и снятия типографской краски и качество поверхности. При-

меняются также нативные крахмалы, осахаренные до такого же уровня вязкости.

В некоторых случаях для улучшения способности к счистке вместе с крахмалом, гидролизованным ферментами, применяется костный, коллоидного типа клей обычно в количестве 5—10% массы крахмала.

Если необходимо увеличить сопротивляемость воде, до поступления в машину вместе с крахмалом добавляют меламиновую смолу в количестве 10% массы крахмала. Небольшого сопротивления трению, вызываемому смолами, достаточно для того, чтобы препятствовать истиранию поверхности с нанесенной краской.

В соответствии со специальными требованиями к поверхностной проклейке с крахмалом применяют различные добавки.

IV. ПРОКЛЕЙКА В КАЛАНДРАХ

Второй важной фазой процесса поверхностной проклейки является проклейка в каландрах. В этом случае бумага проходит через ряд стальных валов, части которых наносят крахмал на поверхность бумаги. Операция каландровой проклейки является конечной стадией перед намоткой бумаги на катушку; сушка листа не производится. Сырая масса высушивается в результате как абсорбции воды, так и испарения влаги с помощью скрытого тепла бумаги.

По этой причине проклейка в каландрах находит применение в производстве невысококачественной бумаги, идущей, например, на изготовление тары для пищевых продуктов и других картонных изделий.

Целью каландрирования, как считает Стефенсон [17], является улучшение поверхности специальных видов бумаги или исправление некоторых, присущих ей дефектов. Вид применяемого крахмала и его структура зависят от волокна, условий работы и требований к поверхности бумаги.

Ниже описывается применение определенных видов крахмала в зависимости от специальных требований к поверхности бумаги.

1. Плотная бумага и облицовочный картон

Большая часть производимой крафт-бумаги и картона проклеивается на каландрах для увеличения сопротивляемости истиранию и способности к печати. Для таких целей требуется крахмал, который легко наносится и остается на поверхности бумаги. Улучшение способности к печати связано с усилением процесса равномерной абсорбции краски, которая не должна расплываться и не должна изменять профиль поверхности. Обычно применяют нативные или жидкокипящие крахмалы кон-

центрацией 2—5%. В таком интервале концентраций редко требуется смазка роллов для предупреждения выщипывания волокон или приклейки полотна к роллам.

2. Гофрированный картон

При производстве картона в цилиндровой машине крахмал применяют с целью придания блеска, улучшения печатных свойств и увеличения связи между слоями картона. Для этих целей требуется крахмал низкой вязкости и с хорошей способностью образовывать пленку. Применяется главным образом оксиэтиловый крахмал или окисленный крахмал с содержанием 10—20% СВ. При такой концентрации в рецептуру включают восковую эмульсию с целью уменьшения липкости клейстера и предупреждения прилипания волокон к валу. Некоторая абсорбция крахмала на поверхности бумаги необходима для повышения устойчивости к образованию складок.

3. Поверхностное покрытие бумаги

На многих заводах, производящих картон для пищевой промышленности, применяется каландровая проклейка крахмалом с целью получения поверхности бумаги, пригодной к нанесению покрытия. Крахмальный клей частично удовлетворяет требованиям абсорбции для картона и способствует при нанесении покрытия равномерной абсорбции. Для этих целей применяются оксиэтиловые крахмалы средней или низкой вязкости с содержанием 6—12% СВ. Иногда проклейка содержит некоторое количество пигмента. В зависимости от специальных требований добавляют воск.

4. Контроль за образованием складок

Картон, предназначенный для упаковки, например, пищевых продуктов, костюмов и подарков, покрывается только сверху для нанесения краски. При таком одностороннем покрытии наблюдается неравномерная абсорбция воды на верхней и нижней сторонах бумаги и происходит ее скручивание. Окисленные крахмалы низкой вязкости с содержанием 18—24% СВ часто применяют при каландрировании верхней стороны. Абсорбция влаги в этих случаях на обеих сторонах приблизительно одинакова и скручивание уменьшается.

Как можно видеть из вышеприведенных примеров, при каландрировании наравне с нативными крахмалами широко применяют крахмалы, модифицированные кислотами, и оксиэтилкрахмалы. Тщательный отбор крахмалов не всегда обеспечивает хорошее проклеивание. Необходимо тщательно проверять, хоро-

шо ли проварен крахмал, и контролировать концентрацию и температуру при каландрировании бумаги.

При каландрировании также очень важно равномерное циркулирование во избежание перепада температур. Излишнее охлаждение неподвижных участков может вызвать местами загущение или осаждение клейстера и неравномерную абсорбцию крахмала на бумаге.

V. КРАХМАЛ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ БУМАГИ

Использование крахмала в качестве клея для покрытия бумаги и бумажного картона является предметом подробного изучения многих исследований [18—23]. Здесь делается попытка кратко остановиться на истории вопроса, целях покрытия, требованиях к клеям, системе реологии и их применении для специального покрытия.

1. Цель покрытия

Покрытие поверхности бумаги производится одним или несколькими слоями нецеллюлозного материала. В этой главе речь идет о водной системе покрытия, которая содержит пигмент — основной материал для покрытия и крахмальный клей для связи частиц пигмента друг с другом и бумагой. В качестве пигментов чаще всего применяется глина, карбонат кальция, двуокись титана или их комбинации. Прежде всего целью покрытия является улучшение способности бумаги к печати и внешнего вида бумаги. Важны также и сопротивляемость бумаги действию пара или воды.

2. Требования к клеям

В смеси пигмент — клей при нанесении краски клей является основным носителем пигмента, он способствует связыванию пигментной матрицы с волокнами и самих волокон и обеспечивает желаемые свойства изделия.

Клей должен:

а) быть простым в изготовлении и применении;

б) иметь высокую прочность;

в) быть недорогим;

г) иметь восстанавливающуюся вязкость, стабильную при продолжительном хранении;

д) не оказывать существенного влияния на свойства бумаги;

е) быть нечувствительным к внешним условиям, например увлажнению при поверхностном проклеивании. Всем этим тре-

бованиям не отвечает в достаточной степени ни один из клеев. Но крахмал, применяемый в качестве клея для поверхностной проклейки, является вполне удовлетворительным материалом, соответствующим приведенным здесь требованиям.

3. Система реологии

Реология красок для пигментно-крахмальных покрытий — сложный вопрос. Подробно изучалась она в последние годы, так как очень важна при выборе крахмала для любых целей [26—40].

Пигмент должен быть хорошо диспергированным для получения хорошего покрытия, и совершенно ясно, что любой крахмал, который нарушает баланс дисперсности пигментной суспензии, влияет на реологию краски. Влияние крахмала на реологические свойства каолиновой суспензии описано Роландом [37]. Он показал, что крахмал может вызывать загущение каолина. При избытке каолина использование крахмала снижает его концентрацию до оптимальной.

Прежде чем измерить вязкость краски, необходимо выдержать ее некоторое время.

Наиболее важными свойствами покрывающей краски на основе крахмала является ее способность удерживать воду и вязкость. Оба эти свойства в значительной степени зависят от применяемого крахмала или его концентрации. Если способность удерживать воду низка, вода очень быстро протечет в лист и вязкость покрова увеличится. В результате затрудняется равномерность покрытия и нанесение краски. Если способность удерживать воду высока, краска будет «сырой», что видно по ее мутности. В результате при снятии бумаги с сушильного барабана на нем остаются следы краски. Требуется также больше времени для сушки бумаги, в результате чего скорость и производительность бумагоделательной машины снижаются.

Фрост [38] указал на взаимосвязь между удерживающей способностью воды и значением пика вязкости, если при покрытии в качестве клея применяется крахмал. Вообще, чем выше водоудерживающая способность, тем выше способность удерживать клей и тем лучше покрытие.

Сравнение составов и их вязкостей показывает, что водоудерживающая способность оксиэтилового крахмала выше водоудерживающей способности окисленного крахмала, который в свою очередь лучше жемчужного крахмала, гидролизованного ферментами.

Выбор крахмала зависит от способности удерживать воду, что имеет такое же значение, какое имеет блеск, прочность и способность принимать краску.

Как было указано ранее, для выбора клея очень важны типы покрытия и условия на отдельных заводах.

Методы покрытия, применяемые в настоящее время в соответствии с предъявляемыми требованиями к покрываемой краске, описаны в литературе [41—51].

VI. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anon. Coatings for Paper.—«Chem. Eng. News», 1963, **86**, Sept. 9.
2. Casey J. P. Pulp and Paper. Vol. I. New York, Interscience Publishers Inc., 1952, p. 552.
3. Jayme G., Hunger J. — «Zellstoff Papier», 1957, **6**, 341.
4. Swanson J. W.,—«Tappi», 1960, **43**, No 3, 176A.
5. Cushing M. L.—«Tappi», 1961, **44**, No. 3, 191A.
6. Houtz H. H.—«Tech. Assoc. Papers», 1941, **24**, 131.
7. Waters J. R.. — «Tappi», 1961, **44**, No. 7, 185A.
8. Leech H. J.—«Tappi», 1954, **37**, No. 8, 343.
9. Cobb R. M., Lowe D. V., Pohl E., Weiss W.—«Paper Trade J.», 1937, **105**, No. 7, 33.
   «Tech. Assoc. Papers», 1937, **20**, 299.
10. Cushing M. L., Schuman K. R.—«Tappi», 1959, **42**, 1006.
11. Rowland B. W.—«Paper Trade J.», 1933, **97**, No. 21, 249.
12. Nissen E. K. Unpublished data, 1962.
13. Mehltretter C. L., Yeates T. E., Hamerstrand G. E., Hofreiter B. T., Rist C. E.—«Tappi», 1962, **45**, 750.
14. Hofreiter B. T., Hamerstrand G. E., Kay D. J., Rist C. E.—«Tappi», 1962, **45**, 177.
15. Foote J. E.—«Paper Trade J.», 1939, **109**, No. 14, 182.
16. Lee H. N.—«Paper Trade J.», 1938, **107**, No. 6, 53.
17. Stephenson E. E.—«Paper Trade J.», 1959, **143**, No. 14, 33.
18. Anon. Machinery for Paper Coating,—«Tappi Monograph», 1950, **No. 8.**
19. Casey J. P. Pulp and Paper. Vol. 3, New York. Interscience Publishers Inc., 1961, pp. 1007—1130.
20. Anon. Preparation of Paper Coating Colors.—«Tappi Monograph», 1954, **No. 11.**
21. Anon, Starch and Starch Products in Paper Coating. — «Tappi Monograph», 1957, **No 17.**
22. Anon. Paper Coating Pigments.—«Tappi Monograph», 1958, **No. 29.**
23. Anon. Pigmented Coating Processes for Paper and Board.—«Tappi Monograph», 1964, **No. 28.**
24. Mosher R. H. The Technology of Coated and Processed Papers, New. York, Chemical Publishing Co., Inc., 1952, p. 84.
25. Castagne M. R.—«Pulp Paper», 1961, **35**, No. 14, 39.
26. Anon. Synthetic and Protein Adhesives for Paper Coating,—«Tappi Monograph», 1961, **No. 22.**
27. Bingham E. C —«Natl. Bur. Stds. Sci. Paper», 1961, **No. 278.**
28. Cobb R. M., Lowe D. V.—«J. Rheology», 1930, **1**, 158.
29. Prvce—Jones J.—«J. Oil Colour Chemists, Assoc»., 1936, **19**. 295.
30. Pryce — Jones J. — «J. Sci. Inst.», 1941, 18. 39.
31. Batdorf J. B. ih: «Industrial Gums», под ред. R. L. Whistler, New York, Academic Press Inc., 1959, p. 659.
32. Anon. Testing of Adhesives.—«Tappi Monograph», 1965, **No. 26.**
33. Albert C. G.—«Tappi»; 1951, **34**, No. 10, 453.
34. Asdell B. K.—«Paper Mill News», 1947, Mav 31.
35. Asdell B. K.—«Paper Mill News»,1948, June 26.
36. Robinson J. V.—«Tappi», 1959, **42**, No. 6, 432.
37. Rowland B. W.—«Paper Trade J.», 1941, **112**, No. 26, 311.
38. Frost F. H.—«Tappi», 1952, **35**, No. 7, 16A.

39. Hemstock G. A., Swanson J. W.—«Tappi», 1957, **40**, No. 10, 833.
40. Arnold K. A.—«Paper Trade J.», 1943, **117**, No. 9, 28.
41. Massey P. J. U. S. Patent 1 921 369 (1933); «Chem. Abstr.», 1933, **27**, 5188.
42. Booth G. L.—«Tappi», 1956, **39**, No. 12, 849.
43. Vokes R. E.—«Tappi», 1953, **36**, No. 6, 64A.
44. Halladin K. — «Paper Trade J.», 1961, **145**, No. 5, 34.
45. Terry K. E. U.S. Patent 2 139 628 (1938).
46. Trist A. R. U. S. Patent 2 368 176 (1945); «Chem. Abstr.», 1945, 39, 3708.
47. Richardson C. A.—«Tappi», 1957, **40**, No. 8, 155A.
48. Escarfail J. P., Benkala J. E.—«Pulp Paper», 1964, **38**, No. 43, 53.
49. Hern J. H.—«Tappi Coating Conference», 1961.
50. Anon. Paper Coating Additives — «Tappi Monograph», 1963, **No. 25**.
51. Van Derveer P. D.—«Paper Trade J.», 1963, **147**, No. 13, 33.