

**Д. И. Малютина
Е. Г. Смирнова**

**ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ОБРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БУМАГИ И КАРТОНА**

Учебно-методическое пособие

**Санкт-Петербург
2023**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

**Д. И. Малютина
Е. Г. Смирнова**

ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БУМАГИ И КАРТОНА

Учебно-методическое пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2023

УДК 676:634

ББК 35.77

X 462

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна
Л. Г. Махотина;

доктор технических наук, зав. кафедрой технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова
А. В. Шелюмов

Малютина, Д. И.

X462 Химико-механическая технология обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона: учебно-методическое пособие / Д. И. Малютина, Е. Г. Смирнова. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. — 118 с.

Учебно-методическое пособие соответствует программам и учебным планам дисциплины «Химико-механическая технология обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология». Рассмотрены вопросы основных направлений обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона.

Учебно-методическое пособие предназначено для подготовки магистров очной и заочной форм обучения. Отдельные разделы пособия могут быть полезны аспирантам и специалистам, работающим в области химической технологии переработки древесины.

УДК 676:634
ББК 35.77

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

© Малютина Д. И., Смирнова Е. Г., 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1. ОБРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА.....	7
1.1. Механическая технология обработки бумаги и картона.....	7
1.1.1. Тиснение.....	7
1.1.2. Крепирование и микрокрепирование.....	12
1.1.3. Каландрирование бумаги.....	15
1.1.4. Каширование бумаги и картона.....	21
1.1.5. Ламинирование бумаги.....	22
1.1.6. Нанесение покрытий методом экструзии	24
1.2. Физико-химическая обработка бумаги и картона.....	30
1.2.1. Полимеры, применяемые при обработке бумаги и картона.....	30
1.2.2. Способы и устройства, применяемые для обработки бумаги и картона.....	34
1.2.3. Нанесение порошков и ворса	45
РАЗДЕЛ 2. ПЕРЕРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА.....	49
2.1. Механическая технология переработки бумаги и картона.....	49
2.1.1. Резка бумаги на рулоны, бобины, листы	49
2.1.2. Нанесение печати	51
2.1.3. Получение гофрированного картона.....	52
2.1.4. Производство бумажных изделий	61
2.1.5. Производство мешков из бумаги.....	66
2.2. Физико-химическая переработка бумаги и картона.....	78
2.2.1. Производство растительного пергаменты.....	78
2.2.2. Производство подпергаменты	91
2.2.3. Производство пергамина	96
РАЗДЕЛ 3. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....	97
Практическая работа № 1. Анализ бумаги с полимерным покрытием	97
Практическая работа № 2. Анализ мелованной бумаги.....	102
Практическая работа № 3. Определение временной влагопрочности мешочной бумаги и бумажных мешков.....	105
Практическая работа № 4. Определение впитывающей способности бумаги	106
Практическая работа № 5. Определение термостойкости бумаги.....	108
Практическая работа № 6. Определение РН покровного слоя мелованной бумаги и картона	109
Практическая работа № 7. Определение огнестойкости обоев.....	111

Практическая работа № 8. Расчет расхода бумаги для производства мешка	112
Практическая работа № 9. Испытание мешочной бумаги	114
Практическая работа № 10. Расчет увеличения влажности в клеильном прессе.....	115
Практическая работа № 11. Расчет расходов материалов на производство гофрированного картона.....	117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	118

ВВЕДЕНИЕ

Бумага и картон подвергались процессам обработки и переработки с целью улучшения или изменения свойств с самого начала своего производства. Например, еще при ручном способе производства бумаги, чтобы придать ей прочностные и водоотталкивающие свойства, применяли обработку ее различными органическими смолами.

Доля изделий из бумаги и картона составляет 80 % от общего производства продукции целлюлозно-бумажной промышленности. В мире вырабатывается более 6000 видов бумаги и изделий из нее. Процессы обработки и переработки тесно связаны и иногда процессу переработки могут предшествовать процессы обработки. Так, при переработке бумаги и картона в гофрированный картон сначала происходит механическая обработка – гофрирование.

Обработка бумаги и картона осуществляется с целью придания им новых специальных свойств (паро-, газо-, жиро-, водонепроницаемости, светочувствительности, приклеиваемости, огнестойкости, бактерицидности и др.) путем пропитки, нанесения на поверхность полимеров, восковых реагентов, эмульсий, пленок, металлической фольги, гуммирования, крепирования, тиснения, армирования и др.

Переработка бумаги и картона осуществляется с целью превращения их в новые изделия с предварительной обработкой (производство гофрокартона, бумажных пакетов, растительного пергамента и др.) или непосредственно (резка бумаги на листы, бобины, рулоны, производство бумажно-беловых товаров и др.).

Технологию обработки и переработки бумаги и картона можно разделить на механическую и химическую (табл. 1). В результате процессов обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона получают целлюлозные композиционные материалы.

Композиционными называются материалы, состоящие из двух и более компонентов, каждый из которых представляет собой самостоятельную фазу и выполняет в материале свои самостоятельные функции. Природа взаимодействия между компонентами может быть различна, но нарушение связи между ними вызывает резкое изменение всех свойств материала, приводит к нарушению композиционной устойчивости и, как правило, к резкому изменению всех свойств материала и изделий из него.

Композиционные материалы состоят из следующих основных компонентов:

- армирующего,
- связующего,
- создающего непрерывную матрицу,
- наполнителя,
- специальных модифицирующих добавок.

Таблица 1 – Классификация методов и процессов обработки и переработки бумаги и картона

Процесс	Технология	Способ
Обработка	Механическая	Крепирование, тиснение, каландрирование, гофрирование, каширование, покрытие пленками из расплавов, дублирование, ламинирование и т. д.
	Физико-химическая	Мелование, поверхностная проклейка, гуммирование, парафинирование, пластификация, окраска с поверхности, пропитка для придания барьерных свойств и т. д.
Переработка	Механическая	Резка бумаги на листы, бобины, рулоны; производство бумажных изделий; производство гофрокартона; производство обоев; производство бумажных мешков, нанесение печати и т. д.
	Физико-химическая	Производство растительного пергаменты (подпергамент); производство слоистых пластиков (фибра)

Целлюлозные композиционные материалы – это материалы, которые получают путем сочетания целлюлозного компонента (целлюлоза, бумага, картон) с природными, искусственными или синтетическими полимерами. Целлюлозный компонент выполняет армирующие функции, причем армирующим элементом могут являться целлюлозные фибриллы, волокна или сформированные из фибрилл и волокон бумага и картон. Достоинствами целлюлозного компонента являются высокая прочность целлюлозных фибрилл, большая гидрофильность и впитывающая способность, отсутствие у целлюлозы термопластичности, практическая неисчерпаемость сырьевой базы и способности легко подвергаться вторичной переработке, легкая биоразрушаемость использованных изделий.

Полимер, выполняющий роль связующего, устраняет недостатки целлюлозного компонента: увеличивает механические и эластические свойства, снижает падение прочности во влажном состоянии, придает специальные свойства и т. д.

Учебно-методическое пособие содержит теоретический материал и рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине «Химико-механическая технология обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона» для студентов специальности 18.04.01 «Химическая технология». В процессе выполнения практических заданий студенты знакомятся с основными направлениями обработки и переработки целлюлозы, бумаги и картона, изучают основные технологические схемы производства и оборудование в области упаковочных видов бумаги и картона.

РАЗДЕЛ 1. ОБРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА

1.1. Механическая технология обработки бумаги и картона

К механической технологии обработки бумаги и картона относятся процессы каландрирования, тиснения, крепирования, гофрирования, покрытие пленками из расплавов и т. д. В результате этих процессов повышаются прочность, гладкость, лоск, появляется дополнительный художественный эффект и т. д.

1.1.1. Тиснение

Тиснение – это уникальный полиграфический процесс, необходимый для нанесения рельефного изображения на упаковке продукции. Технология нанесения заключается во вдавливании клише с уже имеющимся рисунком на поверхность предмета. Происходит гравировка предметной поверхности.

В процессе тиснения может меняться цвет поверхности материала, если одновременно с деформированием материала на место, где он деформирован, наносится покрытие приклеиванием пигментированной или металлизированной пленки.

Тиснение применяется также для отделки этикеток. Это позволяет красиво и ярко подчеркнуть необходимое изображение. Для этикеток используют тиснение золотом и серебром. Именно товар, оформленный таким образом, привлекает наибольшее внимание покупателя.

Классификация и характеристика способов тиснения:

Способы тиснения можно разделить на группы по нескольким признакам:

- по характеру формы поверхности материала: плоское, объемное;
- по числу поверхностей материала, обрабатываемых тиснением: одностороннее, двухстороннее;
- по виду тисненой поверхности: плоское, рельефное, конгревное, гренирование, гофрирование, текстурирование;
- по виду нанесения покрытия: бескрасочное (блинтовое), тиснение фольгой (плоское, рельефное и конгревное), красочное, тиснение с инкрустацией, тиснение с наклейкой иллюстрации;
- по виду инструмента (штампа): тиснение плоским штампом, цилиндрическим штампом;
- по степени нагрева инструмента: холодное, горячее;
- по типу используемого оборудования: тиснение на тигельных, плоскочечных, ротационных прессах;
- по виду материала: бумага, картон, пластик, ткань, кожа;
- по виду изделия: на обрезах книжного блока, переплетных крышках, обложках, открытках, этикетках, пластиковых карточках, упаковках, канцелярских изделиях, тиснение кредитных карточек, бумажных,

лотерейных билетов и банковских документов, оптических защитных элементов;

- по характеру работы: штриховые, плашечные работы, работы смешанного типа.

1. Плоское блинтовое тиснение – плоское бескрасочное тиснение надписей или украшений на книжных переплетах, производимое горячим прессом. При блинтовом тиснении плоский штамп (клише) оставляет на поверхности книжного переплета плоское углубление, сглаживающее фактуру ткани или бумаги (рис. 1).

Материал помещается между опорной поверхностью и штампом, изображение несколько углублено относительно поверхности. Штамп для плоского тиснения подобен форме высокой печати с одинаковым ростом всех печатных элементов.

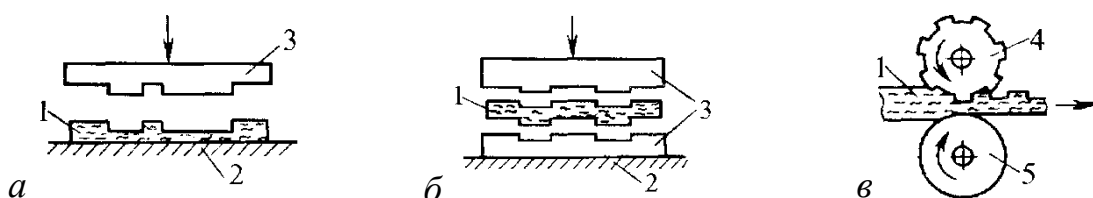


Рис. 1. Схемы блинтового плоского тиснения:

- а* – плоский штамп; *б* – плоский двухсторонний штамп; *в* – ротационный штамп; *1* – материал; *2* – жесткое основание; *3* – плоский штамп; *4* – ротационный штамп; *5* – опорный вал

Блинтовое тиснение применяют как самостоятельный прием оформления книжных переплетов и как подготовку их поверхности для печатания краской или фольгой. При печати фольгой или краской Б. Т. делает надпись более устойчивой к истиранию и повреждениям, так как уровень тисненого изображения находится ниже уровня материала.

Блинтовое тиснение наряду с другими видами тиснения используется при изготовлении папок, обложек, дипломов. Широкое применение Б. Т. находит в производстве рекламной продукции, для так называемой персонализации папок, ежедневников, планнингов, сувенирной продукции, производимой, в основном, из натуральной, рециклированной, искусственной кожи.

Блинтовое плоское тиснение не следует делать на тонком (менее 1,25 мм) картоне, а также при любой толщине картона, если в качестве покровного материала использованы бумага с лакировкой или припрессованной пленкой, коленкоры типа «модерн» или с лаковым покрытием, ткань, склеенная с бумагой.

Рельефное блинтовое тиснение характеризуется тем, что элементы изображения лежат в разных плоскостях (рис. 2).

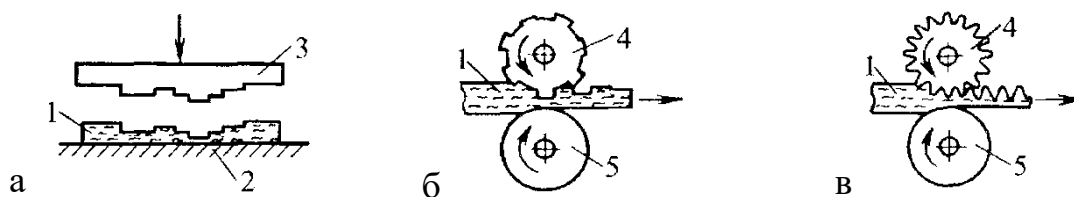


Рис. 2. Схемы блинтового рельефного тиснения:
а – плоский штамп; *б* – ротационный штамп; *в* – гренирование;
 1 – материал; 2 – жесткое основание; 3 – плоский штамп;
 4 – ротационный штамп; 5 – опорный вал

2. Конгревное тиснение является двухсторонним рельефным тиснением с получением на обратной стороне материала рельефного изображения, повторяющего изображение на лицевой стороне (рис. 3).

Данный вид тиснения назван по имени У. Конгрева (1772-1828), английского конструктора, придумавшего данный вид тиснения. Изображение может быть как выпуклым, так и вогнутым. Достоинством данной технологии является способность придать продукции индивидуальность. Применяется для изготовления визитных карточек, фирменных бланков, ярлыков, приглашений и другой полиграфической продукции.

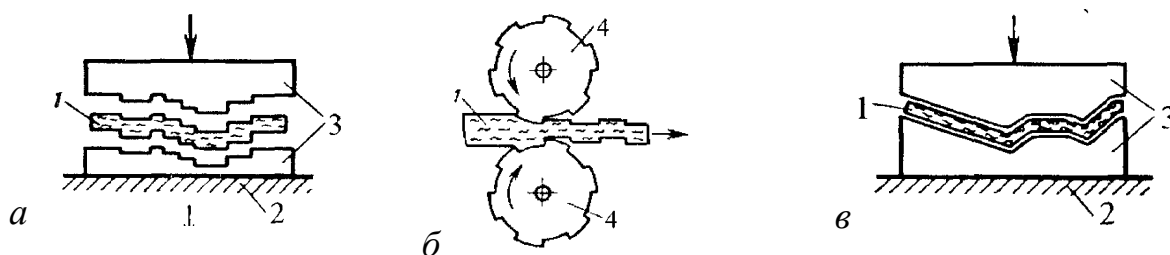


Рис. 3. Схемы двухстороннего рельефного (конгревного) тиснения и гофрирования:
а – плоский штамп; *б* – ротационный штамп (гофрирование);
в – высокопластичное рельефное тиснение; 1 – материал;
 2 – жесткое основание; 3 – плоский штамп; 4 – ротационный штамп

Для конгревного тиснения используется прессовый матричный штамп с углубленным изображением и контрштамп в сочетании с матрицей с выпуклым изображением, в точности повторяющим штамп, но в обратном рельефном виде. В этом случае полученное изображение возвышается над поверхностью материала.

Различают *окрашенный* и *неокрашенный (слепой)*, *одноуровневый* и *многоуровневый* конгревы.

При многоуровневом конгревном тиснении используются гравированные латунные штампы.

Слепое конгревное тиснение делается как холодным, так и горячим штампом.

Разновидностями рельефного тиснения являются операции отделки рулонных и листовых материалов – гренирование и гофрирование.

Гренирование – это вид одностороннего рельефного тиснения, в результате которого изменяется фактура или создается однородный рельеф на тонком рулонном или листовом материале (рис. 5.2). Величина рельефа лицевой поверхности материала невелика и обычно меньше его толщины. Гренирование применяется при изготовлении специальных видов бумаги и картона, в производстве упаковки престижных товаров и редко – при изготовлении репродукций и открыток высокого качества. Технология гренирования во многом аналогична технологии конгревного тиснения, но величина рельефа лицевой поверхности материала или оттиска невелика, обычно меньше толщины материала, подвергаемого отделке.

В массовом производстве гренированных материалов прессовая пара представляет собой латунный каландр из двух стальных валов. На поверхность одного вала регулярный рельефный рисунок наносится электронным гравированием, травлением медного покрытия или набивкой комплектом пуансонов. Второй цилиндр играет роль матрицы, он имеет плотное бумажное покрытие, контррельеф, на котором получают постепенным вдавливанием рельефного изображения на малой скорости работы каландра. В среднесерийном производстве, при работе на позолотных прессах, штамп изготавливают ручным гравированием, травлением листовой меди или латуни после получения на пластине копии изображения, стойкой к действию хлорного железа. В качестве матрицы могут быть использованы картон массой от 250 до 1000 г/м², твердая резина, кожа и специальная паста, затвердевающая при введении инициатора полимеризации. Вид матрицы подбирается с учетом вида рисунка и материала для гренирования: картонная – для простых изображений на тонкой бумаге и металлической фольге, на толстой бумаге и картоне, резиновая – для мелких рисунков на жесткой бумаге, полимерная – для любых рисунков на мягкой бумаге и полимерных пленках.

Рекомендуемая влажность бумаги и картона в процессе гренирования – 10 %. В процессе гренирования регулируются температура, сила прижима и скорость вращения каландра, которые определяют время силового и теплового воздействия на деформируемый материал. Эти параметры, как и режимы конгревного тиснения, определяют качество продукции – внешний вид и сохранность полученного рельефного рисунка.

Гофрирование – это вид конгревного тиснения с получением однородного рельефа на тонком рулонном или листовом материале (рис. 3, б).

Текстурирование – способ тиснения, в результате которого получается текстура. Текстура – мелкий одноуровневый рельеф с малым рисунком, повторенным до бесконечности, который воспроизводит вид определенного материала, например, кожи.

3. Комбинированные виды тиснения. Для получения глубокого или тонкого детального рельефа используются блинтовое плоское и конгревное тиснения. Сначала материал подвергается обработке штампом для плоского тиснения, а затем штампом для конгревного тиснения при втором проходе через машину.

В последнее время в отечественной полиграфии в производстве изданий малого формата и большого объема (толщиной брошюры 15–20 мм и более) стали применять конгревное тиснение на обложке из генированного материала толщиной 0,22–0,24 мм.

Тиснение фольгой благодаря своим богатым изобразительным возможностям стало самым распространенным способом полиграфического оформления. Тиснение полиграфической фольгой, как и блинтовое плоское тиснение, выполняется нагретым плоскорельефным штампом, давящие элементы которого возвышаются над пробельными и лежат в одной плоскости.

Существенным отличием этого способа является то, что в процессе тиснения между штампом и материалом помещается полиграфическая фольга, имеющая красочный слой, который нанесен на эластичную подложку и содержит адгезив. Красочный слой отделяется от подложки под действием горячего штампа и закрепляется на деформированной поверхности материала с помощью адгезива.

Тиснение с высокой печатью выполняется на переплетных крышках. Для печатания применяют специальные переплетные краски на пентафталевом связующем, которые отличаются от обычных красок для высокой печати повышенной вязкостью и липкостью, высокой кроющей способностью и скоростью закрепления.

Этот способ рекомендуется применять для оформления переплетных крышек из материалов с крахмально-каолиновым и нитрополиамидным покрытиями или без покрытия (коленкоры марок КОК, КМК, КВК, ткани, склеенные с бумагой), допускается для оформления крышек, покрытых бумагой, в том числе лакированной и с припрессованной пленкой. Для оформления переплетных крышек из материалов с нитроцеллюлозным и поливинилхлоридным покрытиями этот способ применять не следует, так как оттиски удовлетворительного качества получить не удастся вследствие плохой смачиваемости этих покрытий переплетными красками.

Тиснение с инкрустацией. Инкрустация – это приклеивание на материал крышки другого по цвету материала по всей площади рисунка или какой-либо его части. Переплетный покровный материал с предварительно нанесенным на изнаночную сторону и высушенным слоем термоплавого клея выкраивается так, чтобы размер заготовки был больше размера изображения на 5 мм со всех сторон. Материал приклеивают в позолотном прессе штампом для блинтового плоского или конгревного тиснения, имеющим по контуру рисунка режущие кромки высотой чуть больше толщины приклеиваемого материала. Тиснение с одновременной приклейкой и высечкой производят при температуре штампа 110–120 °С. После тиснения излишки материала снимают вручную.

Тиснение с наклейкой иллюстрации. Предварительно на переплетной крышке выполняется блинтовое плоское тиснение штампом-плашкой соответствующего размера, которое позволяет точно в нужном месте наклеивать иллюстрацию, обеспечивает полный контакт клеевого слоя с материалом крышки, предохраняет иллюстрацию от повреждений при транспортировке и пользовании книгой. Глубина тиснения должна быть несколько больше толщины бумаги иллюстрации, чтобы плоскость приклеенной иллюстрации располагалась ниже лицевой поверхности крышки. Вокруг плашки иногда предусматривают тиснение окаймляющей рамки или орнамента. Наклейка иллюстраций применяется при изготовлении изданий подарочного типа, изданий по искусству при оформлении переплетных крышек.

Тиснение плоским штампом выполняется в тигельных прессах. Контакт штампа и материала происходит сразу по всей плоскости. Время контакта значительное, что позволяет выполнить конгревное тиснение и получить глубокий рельеф на материалах высокой плотности и толщины. Недостатком данного вида тиснения являются возможные тепловые деформации штампа, что снижает точности приводки и воспроизведения изображения на материале, а также возможно образование воздушных пузырей.

Тиснение цилиндрическим или ротационным штампом называют еще ротационным тиснением. Оно выполняется на плоскочечатных и ротационных прессах. Вследствие контакта штампа с материалом по узкой полосе и малого времени контакта этот вид тиснения лишен недостатков, характерных для тиснения плоским штампом. Однако его технологические возможности ограничены в области конгревного тиснения. Применяется для тиснения только на материалах малой плотности и толщины.

Холодное тиснение ненагретым штампом мало распространено. Оно бывает двух видов: бескрасочное тиснение с прессованием материала и тиснение фольгой без прессования.

Первый вид холодного тиснения выполняется обычно полимерными штампами на материалах малой плотности и толщины.

Второй вид холодного тиснения представляет процесс нанесения фольги на запечатываемый материал с помощью специальных полимеризирующихся лаков (клея), чаще УФ-лаков или УФ-клея, предварительно нанесенных на поверхность материала выборочным способом.

Холодное тиснение фольгой без прессования материала является разновидностью каширования.

1.1.2. Крепирование и микрокрепирование

Особыми видами отделки бумаги являются операции крепирования и микрокрепирования, которые заключаются в изменении структуры бумаги с приданием ее поверхности складок, заметных невооруженным глазом при крепировании и малозаметных при микрокрепировании. При этом бумага

приобретает повышенное удлинение, при ее растяжении, т. е. способность растягиваться под нагрузкой без разрыва.

Бумагу микрокрепируют с помощью специальных устройств, монтируемых в сушильной части бумагоделательной машины. Схема одного из таких устройств (установка Клупак) представлена на рис. 4. Установка состоит из толстого резинового полотна 5, ведомого валиками 6, снабженного правительным валиком 7, натяжным валиком 4 и прижимным валиком 8, а также сушильного цилиндра 10 с хромированной поверхностью. Бумажное полотно под резиновой лентой и при входе под прижимной валик вытягивается и затем принудительно получает усадку, за счет разности скоростей вращения сушильного цилиндра и резиновой ленты, вследствие чего на его поверхности образуются складки (микрокреп, трудно различимый невооруженным глазом). Описанное микрокрепирующее устройство успешно работает на современных широких и быстроходных бумагоделательных машинах, вырабатывающих мешочную бумагу.

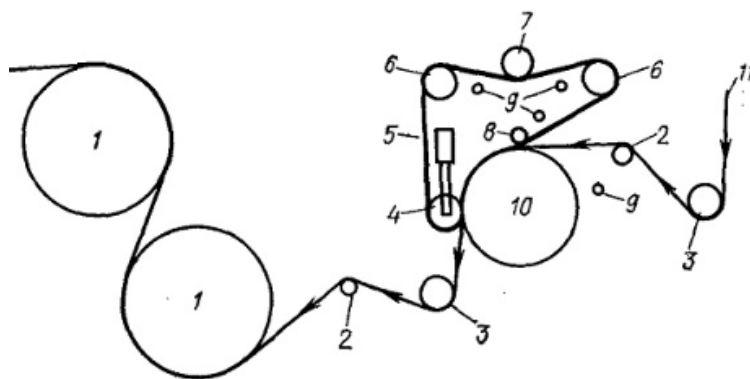


Рис. 4. Схема установки Клупак для микрокрепирования бумаги:
1 – бумажосушильные цилиндры последней группы; 2 – бумажонатяжные валики; 3 – бумаговедущие валики; 4 – натяжной валик резинового полотна; 5 – бесконечное резиновое полотно; 6 – ведущие валики резинового полотна; 7 – правительный валик; 8 – прижимной валик; 9 – водяные sprays; 10 – сушильный цилиндр; 11 – бумажное полотно

Другое микрокрепирующее устройство Expana по своей конструкции напоминает обычный двухвальный пресс бумагоделательной машины, верхний вал которого покрыт толстым слоем износостойчивой термостойкой резины (рис. 5). Этот вал прижимается к нижнему металлическому валу, обогреваемому паром и вращающемуся с несколько большей скоростью относительно обрешиненного. Двухвальное микрокрепирующее устройство устанавливается между сушильными цилиндрами бумагоделательной машины в месте, где влажность бумажного полотна составляет 30–35%. Из-за различия скоростей вращения валов и деформации поверхности обрешиненного вала на проходящей между валами бумаге образуются микроскладки, обеспечивающие при растяжении бумаги ее повышенное удлинение до разрыва.

Удлинение бумаги до разрыва является весьма важным для многих видов бумаги. Часто обрывы бумажного полотна при воздействии на него растягивающих усилий объясняют недостаточно высоким показателем сопротивления бумаги разрыву. Между тем в ряде случаев слабая бумага по сопротивлению разрыву, но обладающая высокой степенью удлинения в практических условиях оказывается лучшей, чем более прочная на разрыв, но менее растягивающаяся.

У микрокрепированной бумаги с ростом величины показателя удлинения бумаги до разрыва отмечается также повышенное сопротивление надрыву, снижение жесткости и повышенная пластическая деформация.

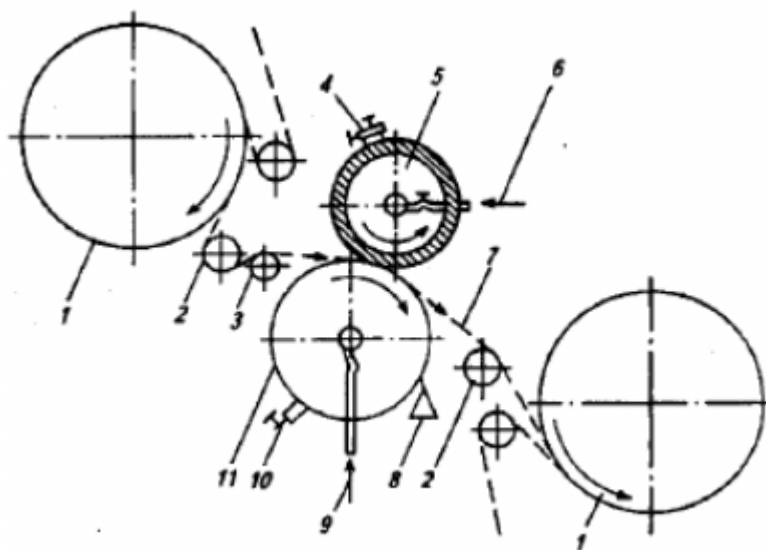


Рис. 5. Схема микрокрепирующего устройства Expanda:

1 – сушильные цилиндры; 2 – бумаговедущие валики; 3 – разгонный валик; 4 – сменная очищающая щетка; 5 – обрезающий вал; 6 – подача охлаждающей воды; 7 – бумажное полотно; 8 – шабер; 9 – подача пара; 10 – краевые охлаждающие sprays; 11 – обогреваемый металлический вал

Особый интерес представляет микрокрепирование мешочной бумаги. Мешки из бумаги, имеющей высокую растяжимость и сравнительно небольшой показатель разрывного груза, практически оказываются прочнее, чем из бумаги с большим разрывным грузом, но малой растяжимостью. Микрокрепированная бумага характеризуется большей площадью, а следовательно, и большей динамической прочностью. Применение микрокрепированной бумаги позволяет сократить число слоев в многослойных мешках при сохранении их динамической прочности, что обеспечивает существенную экономию бумаги.

Метод микрокрепирования можно применять и при изготовлении других видов бумаги, для которых важным является показатель относительного удлинения бумаги, например, некоторых марок бумаги-основы для парафинирования и битумирования, санитарно-бытовой бумаги, бумаги для медицинских бинтов и др.

Крепирование санитарно-бытовой бумаги осуществляется на Янки-цилиндре в сушильной части бумагоделательной машины шабером, укрепленным на цилиндре и собирающим на влажной бумаге складки, которые остаются на бумаге после ее высушивания.

1.1.3. Каландрирование бумаги

Через машинный каландр пропускается большинство видов бумаги (писче-печатные, технические).

Цель каландрирования бумаги:

- придание гладкости поверхности;
- уплотнение бумаги и выравнивание бумаги по толщине (снижается толщина, повышается объемная масса);
- придание бумаге прозрачности.

Каландрирование бумаги не является чисто механическим процессом, при каландрировании происходит перераспределение связей между волокнами. Если волокна в бумаге грубые, то происходит раздавливание, разрушение водородных связей и показатели механической прочности снижаются. Если волокна пластичные, то происходит их сближение, образуются дополнительные водородные связи и показатели механической прочности увеличиваются.

Машинный каландр состоит из 2–8 металлических валов, расположенных друг над другом. Валы тщательно шлифуют и полируют. Нижний вал самого большого диаметра выпускается с регулируемым прогибом и имеет самостоятельный привод. Все остальные валы вращаются от трения.

Все валы каландров снабжены шаберами для очистки поверхности вала от приставших волокон, а также для предотвращения наматывания на вал бумаги при обрыве. При работе каландров валы разогреваются, и их охлаждают воздухом.

Технологические факторы каландрирования

1. Влажность бумаги перед каландрированием. Для ведения процесса каландрирования необходима определенная равномерная влажность бумаги. В зависимости от назначения каландрирования применяется различная влажность бумаги. Так при каландрировании печатных видов бумаги для придания гладкости бумагу увлажняют до 8–10%, при каландрировании кальки прозрачной и конденсаторной бумаги, которые нужно сильно уплотнить и повысить прозрачность (вытеснить воздух), бумагу увлажняют до 18–20%.

2. Линейное давление между валами. Выбирается в зависимости от вида бумаги. Линейное давление повышается постепенно в захватах каландра по ходу движения бумажного полотна.

50–150 кН/м – мелованные бумаги;

150–350 кН/м – массовые виды бумаги;

350–600 кН/м – технические виды бумаги.

3. *Скорость каландрирования.* С увеличением скорости увеличивается температура валов, что приводит к увеличению гладкости. Но поскольку современные БДМ работают со скоростью > 1000 м/мин, то валы каландра приходится охлаждать.

4. *Температура валов.* Увеличение температуры благоприятно сказывается на каландрировании:

- при нагревании валов бумага лучше разглаживается. Происходит размягчение гемицеллюлоз, пластификация волокон, а это приводит к образованию водородных связей;
- с увеличением температуры валов можно уменьшить количество валов каландра;
- позволяет снизить удельное давление каландрирования.

Валы каландра нагревают паром изнутри. Однако температура валов не должна быть чрезмерной, чтобы не вызвать пересушки бумаги. Если валы перегреваются, то их охлаждают с помощью обдува или используют охлаждающие каландровые валы, внутрь которых подается холодная вода.

Каландрирование при низких температурах валов может повысить пылимость. Каландрирование при высоких температурах и мягкое каландрирование при средних температурах (~110°) снижает пылимость бумаги.

5. *Волокнистые полуфабрикаты.* Результат каландрирования зависит от того, из каких полуфабрикатов изготовлена бумага. По убывающей способности приобретать гладкость после каландрирования волокнистые полуфабрикаты располагаются в следующий ряд: СФИ целлюлоза > Соломенная целлюлоза > Хлопковая целлюлоза > СФА целлюлоза > Древесная масса.

6. *Минеральные наполнители* – способствуют повышению гладкости бумаги после каландрирования. По возрастающей способности повышать гладкость бумаги при каландрировании минеральные наполнители можно расположить в следующий ряд: мел < каолин < бланфикс.

7. *Степень помола.* С увеличением степени помола увеличивается исходная гладкость бумаги до каландрирования, а после каландрирования гладкость снижается. Увеличение степени помола ведет к укорочению волокна и, следовательно, к увеличению жесткости. (Т.н. прирост степени помола).

Типы машинных каландров

1. *Каландр наклонного типа Янус.* Имеет 6–10 валов. Работает со скоростью 1300 м/мин. Температура валов 170°C . Валы установлены под углом 45° . Такое расположение исключает вибрацию, облегчает замену валов. Бумага проходит через бумаговедущие валики, касается валов каландра только в зоне каландрирования, что исключает перегрев бумаги. В середине устанавливаются два мягких вала подряд для того, чтобы получить бумагу с одинаковыми свойствами сторон (рис. 5). Применение мягких валов позволяет получить бумагу повышенной гладкости.

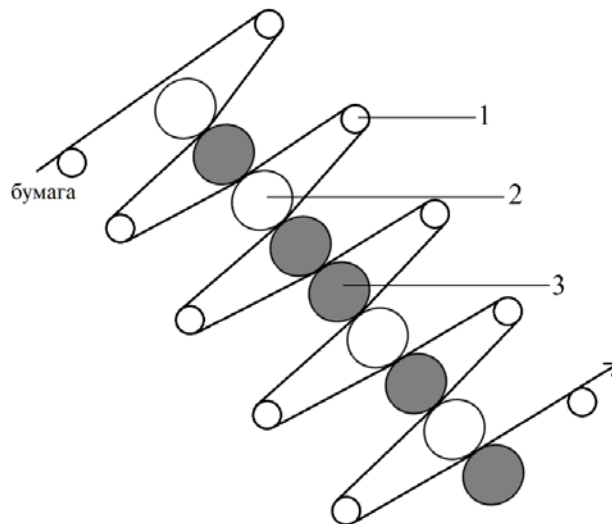


Рис. 5. Каландр наклонного типа Янус:

1 – бумаговедущие валики, предотвращают контакт бумаги с валами каландра не в зоне каландрирования; 2 – металлические валы; 3 – мягкие валы; $\alpha = 45^{\circ}$

2. *Широкозахватный каландр (мягкий, софт-каландр).* Осуществляет мягкое каландрирование, способствует сохранению пухлости бумаги. Применяется в производстве писче-печатных видов бумаги (рис. 6).

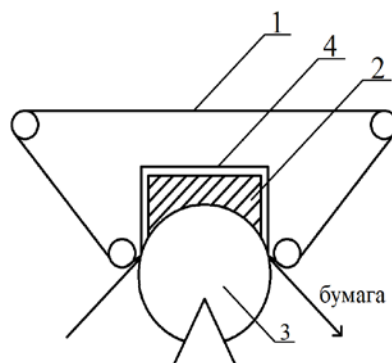


Рис. 6. Широкозахватный каландр:

1 – эластичная резиновая лента; 2 – башмачный вал;
3 – обогреваемый вал; 4 – камера с маслом

Состоит из стального обогреваемого вала и башмачного вала, охватываемого лентой с очень низким модулем эластичности. Благодаря этому эластичная лента повторяет контуры бумажного полотна. При этом длина захвата увеличивается на 50–270 мм, обеспечивается абсолютно равномерное распределение давления на поверхности бумажного полотна. Давление каландрирования регулируется прижимом башмака за счет давления масла в камере. Для получения бумаги с одинаковыми свойствами сторон устанавливают пары в зеркальном отражении.

3. *Трехвальный машинный каландр* (рис. 7). Применяют в производстве писче-печатных видов бумаги. 1 и 3 валы имеют эластичное покрытие из полиуретана, 2 вал подогреваемый. Температура вала $> 100^{\circ}\text{C}$. Давление между валами можно регулировать в широких пределах, а это дает возможность выпускать бумагу с различной степенью отделки.

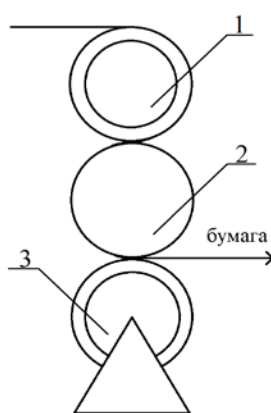


Рис. 7. Трехвальный каландр

1, 3 – валы с эластичным покрытием; 2 – обогреваемый вал

4. *Мягкий каландр. Двухвальный каландр* (рис. 8). Устанавливают пары в зеркальном отражении. Один вал – обогреваемый паром изнутри, температура $\sim 200^{\circ}\text{C}$. Второй вал – мягкий с регулируемым прогибом, покрыт полиуретаном. Мягкое каландрирование позволяет повысить гладкость и сохранить пухлость бумаги. Применяют для писче-печатных видов бумаги.

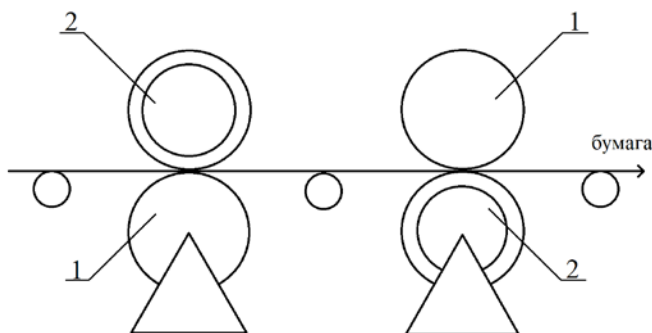


Рис. 8. Мягкий каландр:

1 – обогреваемый вал; 2 – мягкий вал с регулируемым прогибом

Увлажнение бумаги с целью дальнейшей отделки

Если бумаге необходимо придать повышенную гладкость и лоск, то ее пропускают через суперкаландр. Суперкаландр располагается в цехе отделки. Перед каландрированием на суперкаландре бумагу увлажняют на увлажнительных устройствах. Увлажняют бумагу до влажности 10–12%. Увлажнение осуществляется несколькими способами:

- на бумагоделательной машине перед накатом;
- на увлажнительных станках;
- увлажнение бумаги подпариванием на самом суперкаландре перед пропуском через него.

Для увлажнения применяют пульверизаторы, которые создают водяной туман благодаря электростатическому заряду, который сообщается каплям воды, которые мелкодисперсно распределяются на бумажном полотне.

5. Суперкаландр. Бумага, изготовленная на бумагоделательной машине даже после пропуска ее через машинный каландр, не обладает достаточной гладкостью для лучших сортов бумаги. На суперкаландре бумаге придается повышенная гладкость и лоск. Лоск бумаги – характеризует способность поверхности бумаги отражать световые лучи. Отличительной особенностью суперкаландров от машинных каландров является большее количество валов и наличие мягких валов.

Первый суперкаландр был пущен в эксплуатацию в 1960 году фирмой Фойт. Он состоял из 12 валов. Отличался от машинного каландра наличием набивных бумажных валов. В суперкаландре металлические и набивные валы чередуются. По середине располагаются два бумажных вала рядом, если выпускается бумага двусторонней гладкости. Бумажные валы изготавливали из специальной каландровой бумаги, запрессованной на металлический стержень. В составе бумаги были хлопок и шерсть. Набивные бумажные валы служили около 48 часов. В настоящее время в качестве мягких валов применяются валы, покрытые полиуретаном.

В суперкаландре бумага подвергается действию трения и давления между металлическими и мягкими валами. Давление влияет на степень уплотнения бумаги, а трение – на показатель лоска. Трение происходит из-за радиальной деформации бумажных валов, в которые вдавливаются более твердый металлический вал. Величина радиальной деформации = $R_1 - R_2$. Эта величина небольшая и составляет 0,03–0,08%, но имеет очень важное значение.

Благодаря радиальной деформации окружные скорости металлического и мягкого вала разные и бумага испытывает трение (рис. 9). Металлический вал как бы проскальзывает относительно мягкого. Для увеличения лоска увеличивают коэффициент проскальзывания, для этого используют подшипники качения.

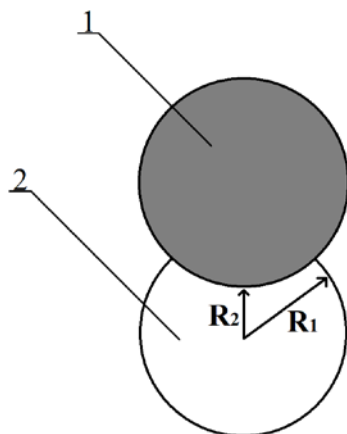
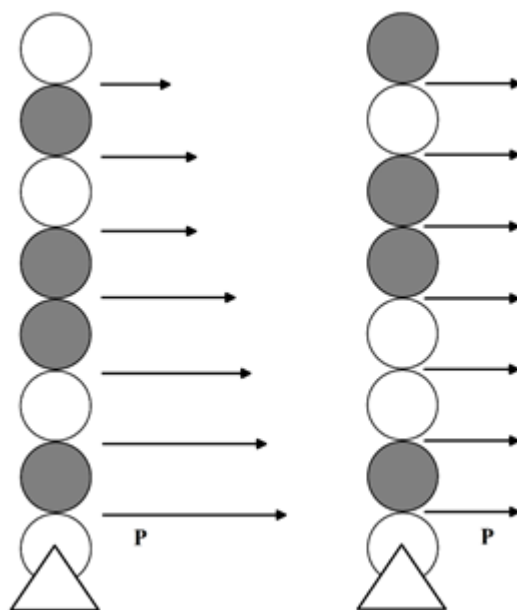


Рис. 9. Радиальная деформация мягкого вала суперкаландра:
 1 – металлический вал; 2 – мягкий вал

6. Суперкаландр Мульти-Нип

Суперкаландр состоит из 8–10 валов. Мягкие стальные валы с эластичным покрытием служат ~1000 часов. Пониженное давление между захватами компенсируется повышенной температурой валов. Максимальная температура валов – 155°C. В каландре применен новый метод прижима валов (рис. 10). Валы вешены, а усилие прижима одинаково в каждом захвате. Давление в захватах обычного каландра возрастает сверху вниз, т. к. давление прижима суммируется массой верхних валов. За счет применения каландра Мульти-Нип непрозрачность бумаги увеличилась на 2 %, пухлость увеличилась на 3,5–4 %.



а) обычный суперкаландр

б) суперкаландр мульти-нип

Рис. 10. Давление каландрирования

1.1.4. Каширование бумаги и картона

Применяется для улучшения внешнего вида и качества бумаги и картона. Материалами для каширования служат различные пленки, алюминиевая фольга, бумага.

Металлические покрытия придают бумаге большую плотность и служат надежным средством защиты от света и тепловых лучей. Бумага, кашированная алюминиевой фольгой, нашла широкое применение для упаковки продуктов. Позволяет сохранить вкус и аромат продукта.

Высококачественной бумагой кашируют картон с целью улучшения его внешнего вида и повышения способности к печати.

Полимерные пленки применяют для облагораживания и защиты поверхности бумаги.

Способы каширования делятся на мокрый и сухой:

Мокрый	Сухой
Соединение склеиваемых полотен производится перед затвердеванием клеевого покрытия. Клей затвердевает между соединяемыми друг с другом материалами. Этот способ предполагает достаточную проницаемость склеиваемых материалов для испарения жидкости (оклейка картона высококачественной бумагой)	Соединение склеиваемых полотен производится после затвердевания клеевого покрытия. Клей наносится на одно из склеиваемых полотен, сушится и затвердевает. Затем оба полотна соединяются на кашировальном каландре под действием давления и температуры (каширование бумаги фольгой).

В качестве каширующих средств применяют:

- крахмал;
- парафин;
- битум;
- жидкое стекло;
- различные дисперсии и растворы полимеров (декстриновые клеи).

Схема работы кашировальной машины по сухому способу представлена на рис. 11.

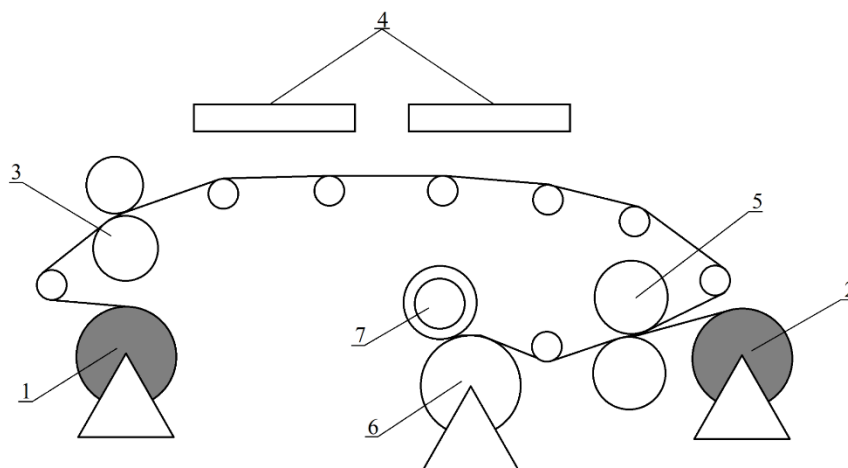


Рис. 11. Кашировальная машина (сухой способ):

1 – раскат бумаги; 2 – раскат фольги; 3 – узел нанесения клея; 4 – лампы ИФ-излучения; 5 – каландр; 6 – накат кашированной бумаги; 7 – рулон

Бумага с раската 1 поступает в узел нанесения клея 3. Клеевое покрытие подсушивается лампами инфракрасного излучения 4. Алюминиевая фольга с раската 2 соединяется с бумагой с клеевым покрытием на каландре 5, после чего наматывается на накате 6 в рулон кашированной бумаги 7.

1.1.5. Ламинирование бумаги

Ламинирование придает бумаге необходимые эксплуатационные свойства:

- механические (повышает прочность и плотность);
- барьерные (повышает непроницаемость по отношению масел, жиров, химикатов, воды, водяного пара, газов и т.д.);
- декоративные;
- долговечность.

Для ламинирования применяют готовые полимерные пленки из полиэтилена, поливинилхлорида, полиамида и др. Пленки соединяются с бумагой и картоном без применения клея под действием тепла. Установки для ламинирования представлены на рис. 12, 13.

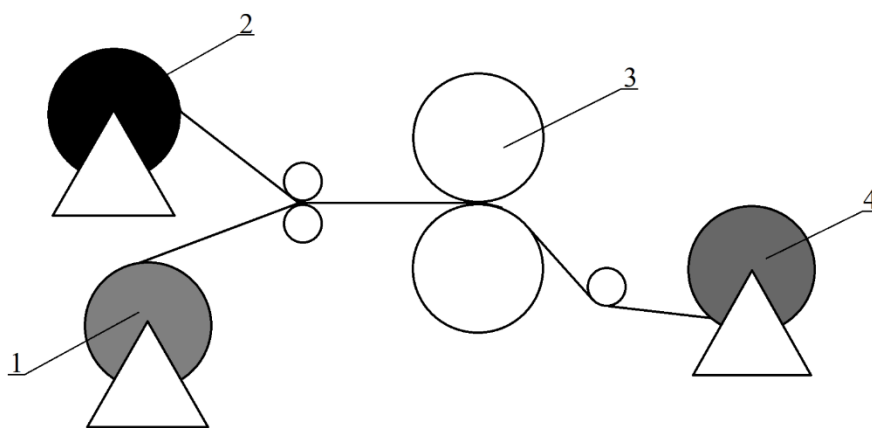


Рис. 12. Установка для ламинирования:
 1 – раскат бумаги; 2 – раскат полимерной пленки; 3 – горячий пресс;
 4 – накат ламинированной бумаги

На рис. 12 представлена установка для ламинирования с горячим прессом. Бумага с раската 1 и пленка с раската 2 поступают в горячий пресс, где за счет размягчения полимерной пленки она соединяется с бумагой и наматывается на накат ламинированной бумаги 4.

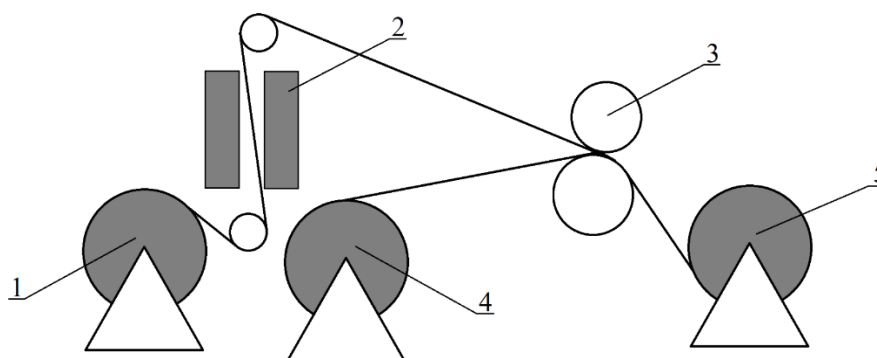


Рис. 13. Установка для ламинирования:
 1 – раскат полимерной пленки; 2 – устройство для пластификации пленки
 (лампа ИК излучения); 3 – охлаждающий пресс;
 4 – раскат бумаги; 5 – накат ламинированной бумаги

На рис. 13 представлена установка для ламинирования, в которой пленка с раската 1 поступает в устройство для пластификации и затем соединяется в охлаждающем прессе 3 с бумагой с раската 4. Ламинированная бумага наматывается в рулон на накате 5.

К механической технологии обработки бумаги и картона относятся процессы каландрирования, мягкого каландрирования, лощения, тиснения, крепирования и т. д. В результате этих процессов повышаются прочность, гладкость, лоск, появляется дополнительный художественный эффект и т. д.

1.1.6. Нанесение покрытий методом экструзии

Процесс экструзии состоит в непрерывном выдавливании полимера, находящегося в вязкотекучем состоянии. Преимущества экструзионного метода заключаются в стабильности, непрерывности, легкой регулировке процесса, сочетающихся с высокой производительностью и высоким качеством покрытия.

Экструдер, головка к нему, оборудование для подачи и соединения бумаги-основы с полимерной пленкой образуют плоскощелевую экструзионную установку. Основным ее узлом является экструдер.

Экструдеры – это машины, предназначенные для плавления и выдавливания полимерного материала через головку с формирующим каналом определенного сечения. При нанесении на бумагу покрытий экструзионным методом применяются плоскощелевые головки.

Полимер, обычно в виде гранул, поступает через загрузочное устройство внутрь экструдера, где происходит перемещение полимера по винтовому каналу, образованному вращающимся в цилиндре шнеком (рис. 14). В экструдере происходит плавление полимера. Расплавленный полимер перемешивается, фильтруется через сетки и в щелевой головке превращается в тонкую пленку, которая выдавливается на бумагу. В качестве полимеров применяются полиэтилен, поливинилхлорид, полиуретаны.

Экструзионная установка работает следующим образом. Бумага, поступающая с раската, пройдя узлы предварительной обработки, подается к экструдеру в зазор между гуммированным и охлаждающим валами. Гранулированный полимер загружается через бункер в цилиндр экструдера, где он плавится, и с помощью вращающегося шнека подается через адаптер в мундштук.

Расплавленный полимер, вытекая из щелевой фильеры, приобретает форму пленки. При выходе из фильеры пленка полимера соединяется с движущейся бумагой в зазоре между гуммированным валом и охлаждающим цилиндром, где происходит охлаждение полимера. Затем с помощью ведущих валиков бумага с покрытием подается на накат.

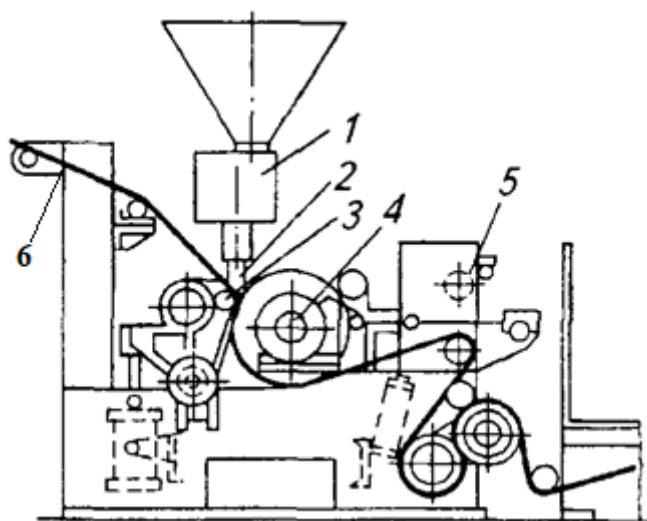


Рис. 14. Схема экструзионной установки для экструзионного метода нанесения покрытий:

- 1 – экструдер; 2 – фильера экструдера; 3 – гуммированный валик ламинатора;
 4 – металлический охлаждающий вал;
 5 – устройство для обрезки кромок; 6 – бумажное полотно

В зависимости от вида применяемого полимера, массы наносимого покрытия и вида бумаги или картона-основы, изменяются такие параметры процесса, как скорость движения бумаги-основы (а соответственно, и скорость формования пленки), расстояние от щели головки до точки контакта пленки с бумагой, давление прижима валов и т. д. Давление в зоне соединения зависит от ширины зоны прижима, обусловленной твердостью гуммированного вала.

Преимуществом экструзионного метода по сравнению с нанесением эмульсий, растворов или суспензий является отсутствие ослабляющего воздействия растворителей (в первую очередь, воды) на основу и резкое снижение энергозатрат. Основные трудности, возникающие при экструзионном методе, связаны со слабой адгезионной способностью полимерного покрытия по отношению к бумаге-основе.

Усилить адгезию можно несколькими способами: во-первых, повышением температуры основы и полимера в момент нанесения покрытия, во-вторых, грунтованием основы и, в-третьих, обработкой основы коронным разрядом.

Для получения материалов для упаковки молока и молочных продуктов «тетра-пак», «пюр-пак», мешочной влагостойкой бумаги, антикоррозионной бумаги и др. (рис. 15) пленку полиэтилена наносят между двумя полотнами бумаги или картона. Этот процесс называется дублирование.



Рис. 15. Состав упаковки пюр-пак:

1 – полиэтилен; 2 – картон; 3 – полиэтилен (дополнительный слой для ламинации); 4 – алюминиевая фольга; 5 – пищевой полиэтилен (слой герметизации); 6 – пищевой полиэтилен

Также с помощью экструдера могут быть получены пленки для ламинирования. В этом случае установка будет экструзионно-ламинирующей (рис. 16). Расплав полиэтилена, выходящий через фильеру экструдера при температуре 210–250 °С, поступает на большой охлаждающий металлический вал, на котором остывает до температуры пленкообразования полиэтилена. Затем пленка обрабатывается коронным разрядом в узле активации и лишь затем поступает в узел ламинирования, в котором соединяется с бумагой-основой, также прошедшей предварительную обработку коронным разрядом.

Состав упаковки: 75% – высококачественный картон, 20% – полиэтилен, 5% – алюминий.

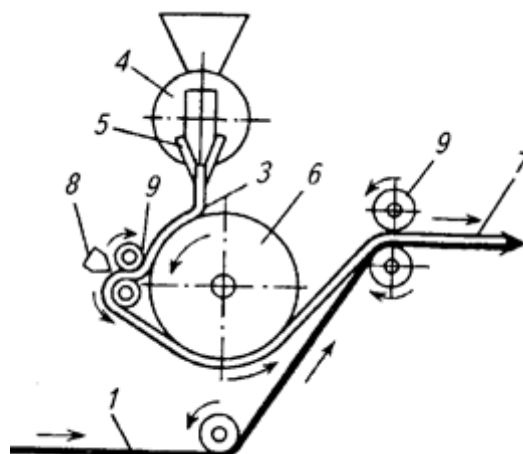


Рис. 16. Схема экструзионно-ламинирующей установки:

1 – бумага-основа; 2 – гуммированный валик ламинатора; 3 – полиэтилен; 4 – экструдер; 5 – фильера экструдера; 6 – металлический вал ламинатора; 7 – композиционный материал; 8 – узел активации поверхности полиэтиленовой пленки; 9 – направляющие ролики

Термопластичные полимеры

Термопластичные полимеры – полимеры, которые при нагревании переходят из стеклообразного состояния в вязкотекучее, приобретая способность к пластическим (необратимым) деформациям. При охлаждении наблюдается обратная картина: происходит отверждение полимера – переход из вязкотекучего в стеклообразное состояние. При повторном нагреве и охлаждении процесс повторяется. Температура текучести термопластичных полимеров значительно ниже температуры разложения.

Термопластичные полимеры используются в виде расплавов как пленкообразующие при производстве бумаги и картона для упаковки, моющихся обоев, декоративных бумаг и как клеящие вещества в композиции клея-расплава.

В качестве термопластичных полимеров используют: полиолефины – полиэтилен и полипропилен, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат, парафин, церезин, сополимеры – этиленвинилацетат, этиленбутилакрилат, этиленметилакрилат и др.

Полиэтилен – это термопластичный полимер белого цвета, выпускается в виде гранул. Получают полиэтилен полимеризацией этилена двумя способами: при высоком давлении и при низком давлении в присутствии катализаторов.

Для экструзионного нанесения покрытия чаще всего используется полиэтилен, получаемый при высоком давлении. Он имеет линейную структуру с небольшим количеством боковых ответвлений (20–50 на 1000 атомов углерода). Полиэтилен высокого давления характеризуется низкой плотностью (0,915–0,932 г/см³), степенью кристалличности от 40 до 60 %, небольшой, по сравнению с полиэтиленом низкого давления, молекулярной массой (18 000–35 000) и невысокой температурой плавления (108–112 °С).

Полиэтилен низкой плотности образует прочные, эластичные даже при низких температурах, пленки и покрытия, которые легко и прочно склеиваются при температуре 110–140 °С. Пленки не имеют вкуса и запаха, отличаются хорошими диэлектрическими свойствами, высокой паро- и водонепроницаемостью, но пропускают углекислый газ и кислород. Полиэтилен обладает высокой стойкостью в отношении щелочей любых концентраций, органических растворителей и кислот.

К недостаткам полиэтилена низкой плотности можно отнести малую теплостойкость (+80 °С), не позволяющую использовать его при стерилизации продуктов, низкую адгезию к бумаге и картону. Под влиянием тепла, ультрафиолетовых лучей и кислорода воздуха происходит старение полиэтилена, при этом ухудшаются его механические свойства и уменьшается прозрачность пленки.

Полиэтилен низкой плотности применяется как пленкообразующее при производстве упаковочных видов бумаги и картона для жидкостей, пищевых и гигроскопических материалов (например, для изделий бытовой химии,

замороженных продуктов, пищевых концентратов, молока, фруктов и овощей, медикаментов).

При полимеризации этилена при низком давлении в присутствии катализаторов получается полиэтилен высокой плотности – $0,96 \text{ г/м}^3$, имеющий неразветвленные полимерные цепи, со степенью кристалличности 80 %. Такой полиэтилен не имеет широкого применения в процессах обработки и переработки бумаги и картона, так как высокая плотность затрудняет процесс экструдирования. Он используется в смеси с полиэтиленом низкой плотности в противоскручивающем слое полиэтиленированной фотобумаги и при производстве упаковки, требующей высокой стойкости к ударам.

Полипропилен имеет сложную структуру с пространственным расположением метильных групп, большой молекулярной массой (80 000–20 000) и меньшей плотностью ($0,90\text{--}0,91 \text{ г/м}^3$). В зависимости от пространственного расположения метильных групп различают изотактический, атактический и синдиотактический полипропилен. Для нанесения покрытия экструзионным методом желательно использовать изотактический полимер, у которого все метильные группы находятся на одной стороне полимерной цепи. Современные технологии позволяют получать в процессе полимеризации полипропилена до 94–98 % изотактических макромолекул.

Полипропилен имеет ряд преимуществ перед полиэтиленом: у него более высокая термостойкость (температура плавления $160\text{--}170 \text{ }^\circ\text{C}$), большие значения твердости, прочности и растяжимости, масло- и жиростойкости, значительно меньшие значения паро- и газопроницаемости. Полипропилен химически более устойчив и образует покрытие более прозрачное и с большим лоском.

К недостаткам полипропилена можно отнести меньшую морозостойкость и легкую окисляемость. Недостатки полипропилена устраняются при добавке к нему 5–10 % полиэтилена.

Полипропиленовое покрытие наносится на бумагу и картон для упаковки продуктов и медицинских материалов, подвергающихся термической обработке.

Поливинилхлорид выпускается в виде белого аморфного порошка плотностью $1,4 \text{ г/см}^3$, отличается повышенной прочностью, высокой влагонепроницаемостью, непроницаемостью для воздуха, некоторых газов, водяных паров, масел и жиров. Основным недостатком является то, что при температуре выше $100 \text{ }^\circ\text{C}$ поливинилхлорид разлагается с выделением хлористого водорода, а при температуре минус $10 \text{ }^\circ\text{C}$ становится хрупким.

Покрытия на основе поливинилхлорида применяются как пленкообразующее при производстве бумаги для упаковки гигроскопичных материалов и продуктов, не требующих газообмена при хранении, и для производства влагопрочных обоев.

Парафин представляет собой смесь насыщенных углеводородов ($\text{C}_{19}\text{H}_{40}\text{--}\text{C}_{35}\text{H}_{72}$) с молекулярной массой 300–600. Температура плавления парафина $50\text{--}54 \text{ }^\circ\text{C}$. Парафин растворим в бензине, бензоле, скипидаре, используется обычно в виде водных дисперсий или расплавов,

характеризующихся низкой вязкостью. Характерной формой кристаллов парафина является игольчатая или пластинчатая. При быстром охлаждении образуется покрытие с мелкокристаллической структурой, которое со временем стареет, кристаллы укрупняются и выкрашиваются при перегибах.

Парафин применяется как пленкообразующее при производстве парафинированных упаковочных видов бумаги, отличающихся высокой водо-, газо- и паронепроницаемостью, повышенным блеском. Большим преимуществом парафиновых покрытий является способность легко подвергаться термосклейке.

Основной недостаток парафина – его кристаллы довольно крупные и малоэластичные, со слабой адгезией к бумаге и картону. В результате покрытие получается с малым сопротивлением к истиранию и изгибу. При низких температурах парафиновое покрытие становится хрупким. В большой степени недостатки, свойственные парафиновому покрытию, уменьшаются при введении в его состав микрокристаллических восков – церезинов. Церезины, или микрокристаллические воски, имеют сложный химический состав ($C_{37}H_{76}$ – $C_{53}H_{108}$) из молекул разветвленного строения с наличием кольцевых структур; молекулярная масса их колеблется от 400 до 1000. Добавление церезина (5–30 %) к парафину способствует образованию покрытия с микрокристаллической структурой. Церезин повышает эластичность покрытия, уменьшает усадку, усиливает способность к термическому склеиванию, но снижает твердость покрытия и увеличивает вязкость расплава.

Парафин и церезин применяются также как клеящие вещества в виде добавок к клеям-расплавам.

Сополимеры на основе этилена (этиленвинилацетат, этиленбутилакрилат, этиленметилакрилат), винилхлорида с винилацетатом получили широкое распространение, так как имеют значительные преимущества по сравнению с полиэтиленом. Их используют при производстве эластичной упаковки – они образуют очень эластичные пленки и покрытия с высокой адгезией к бумаге и картону, легко подвергаются термосвариванию.

1.2. Физико-химическая обработка бумаги и картона

1.2.1. Полимеры, применяемые при обработке бумаги и картона

Общие сведения:

Простейшим способом придания бумаге дополнительных свойств является нанесение полимерных покрытий. Полимеры являются основным компонентом в покровных и пропитывающих композициях и могут выполнять роль пленкообразующих, связующих или клеящих веществ. Полимеры при обработке бумаги и картона применяются в виде растворов, дисперсий, латексов, эмульсий, расплавов, пленок, волокон, порошков, микрокапсул.

К *пленкообразующим* относятся полимеры, способные образовывать на поверхности бумаги или картона непрерывные, прочные, эластичные пленки, придающие целлюлозно-композиционным материалам защитные и барьерные свойства, такие как жиро-, газо-, воздухо-, водо-, паронепроницаемость, стойкость к атмосферным и химическим воздействиям, способность к склеиванию с целью герметизации упаковки.

К *связующим* относятся полимеры, которые вводят в состав композиции для связи частиц пигмента в сухом покровном слое и для обеспечения их прочного соединения с поверхностью бумаги или картона. Связующее обеспечивает необходимую вязкость и другие реологические свойства покровной суспензии, оказывает влияние на физико-механические, оптические и печатные свойства целлюлозно-композиционных материалов.

К связующим предъявляются следующие требования:

- высокая клеящая способность к частицам пигмента;
- высокая адгезионная способность к бумаге-основе;
- оптимальная впитываемость (водоудержание – для предотвращения чрезмерного проникновения покровной суспензии в основу);
- хорошая диспергирующая способность;
- совместимость со всеми компонентами меловальной суспензии;
- оптимальные вязкость и реологические свойства;
- отсутствие пенообразования при использовании;
- устойчивость к механическим и температурным воздействиям;
- светоустойчивость и сохранение высокой белизны;
- биологическая устойчивость;
- обеспечение высоких физико-механических, печатных и оптических свойств;
- относительно невысокая стоимость.

Высокие требования, которые предъявляют к полимерам-связующим, легче обеспечить при использовании сочетания гидрофильных и гидрофобных, натуральных и синтетических полимеров-связующих.

Водорастворимые полимеры

Модифицированные крахмалы

Процессы модификации крахмала в зависимости от условий обработки сопровождаются окислением, деполимеризацией, этерификацией гидроксильных групп, а также частичным разрушением амилопектина с образованием амилозы. Основными методами являются термическая и химическая модификации, в результате которой получают:

Оксидированный (окисленный) крахмал чаще всего получают с использованием гипохлоритов в качестве модифицирующих агентов. Степень окисления крахмала регулируется в зависимости от цели применения. Чем выше степень окисления крахмала, тем меньше вязкость раствора, и наоборот. Окисленный крахмал при нанесении на поверхность глубже проникает в толщу листа, чему способствует относительно небольшой размер молекул и их анионный характер. Это положительно сказывается на поверхностной и внутренней прочности бумажного листа.

Кислотно-модифицированный крахмал (декстрин) получается при обработке водной суспензии нативного крахмала в кислой среде при температуре ниже температуры клейстеризации, которая приводит к расщеплению цепи крахмала. Такой крахмал легче диспергируется в воде, клейстеризуется при более низкой температуре. Растворы имеют низкую вязкость, но склонны к ретроградации.

Катионный крахмал. Его модификация заключается во введении в молекулу крахмала функциональных групп, несущих положительный заряд (например, четвертичный аммоний и фосфор, третичные амино-, сульфо- и другие группы). Введение групп в молекулу происходит в результате обменной реакции. Катионный крахмал применяют в качестве связующего при меловании.

Простые эфиры целлюлозы

Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы Na-КМЦ – (продукт реакции щелочной целлюлозы с монохлоруксусной кислотой) и метилцеллюлоза (продукт реакции щелочной целлюлозы с диметилсульфатом) нашли наибольшее применение в процессах обработки и переработки бумаги и картона: чистый продукт Na-КМЦ – это волокнистые или порошкообразные материалы белого цвета, хорошо растворимые в воде. Важнейшим их свойством является вязкость растворов, которая определяет технологичность применения этих материалов для поверхностной проклейки. Максимальная вязкость растворов наблюдается при значениях pH 6–9. Высокие значения вязкости Na-КМЦ в концентрированном растворе способствуют образованию жиронепроницаемых пленок, а растворы с низкой вязкостью применяют в целях снижения пыления и выщипывания.

Метилцеллюлоза используется в качестве добавки для стабилизации и регулирования вязкости латексов и других компонентов покровных суспензий.

Введение метилцеллюлозы в меловальные суспензии позволяет обеспечить однородность и постоянство их качественных показателей.

Поливиниловый спирт – синтетический полимер, который получают гидролизом поливинилацетата в присутствии щелочи. Лучшими пленкообразующими и клеящими свойствами обладает поливиниловый спирт со степенью полимеризации 60–90 и содержанием поливинилацетата 20 %. Растворяется в горячей воде при температуре 80–90 °С.

Поливиниловый спирт обладает хорошими пленкообразующими свойствами, образует при поверхностной обработке бумаги прозрачные, прочные, эластичные пленки с высоким сопротивлением разрыву. Покрытия на основе поливинилового спирта бактериостойкие, масло-, жиро- и газонепроницаемые. Обладая высокой адгезионной способностью, поливиниловый спирт является хорошим связующим при производстве мелованных бумаг, улучшает гладкость, эластичность и печатные свойства бумаги.

Полиакриламид сополимеризацией акриламида и акриловой кислоты. Полиакриламид хорошо растворим в воде при температуре 75–80 °С. Наличие в полиакриламиде двух функциональных групп обуславливает его высокую ценность в качестве проклеивающего материала для поверхностной обработки бумаги.

Латексы – микрогетерогенные природные (млечный сок каучуконосных растений) или искусственные системы, которые представляют собой водные дисперсии коллоидных каучуковых частиц (глобул), стабилизированных поверхностно-активными веществами эмульгаторами. Состоят латексы из дисперсной фазы, которая представляет собой большое число макромолекул полимера: от нескольких десятков до нескольких сотен и более в зависимости от размера глобул, дисперсионной среды – воды и от 10 до 20 специальных компонентов-добавок (стабилизаторы, эмульгаторы, пеногасители, красители, антиоксиданты, пластификаторы, наполнители и т. д.).

Размер частиц дисперсной фазы – основная характеристика коллоидной системы – определяет реологические и оптические свойства латекса. Диаметр частиц большинства синтетических латексов в зависимости от их технологии обычно составляет от 30 до 300 нм. Для искусственных латексов максимальный размер частиц достигает 500 нм, а в натуральном латексе встречаются частицы диаметром 10 нм.

Содержимое твердого вещества в товарном продукте в современных латексах составляет 25–70 %, вязкость – 500–1000 мПа·с, плотность – 1 кг/дм³, если латекс не содержит наполнителей. Латексы чувствительны к низким температурам и не выдерживают замерзания.

Классифицируют латексы в зависимости от их происхождения: натуральные, синтетические, искусственные и модифицированные.

Натуральный латекс представляет собой млечный сок каучуконосного растения бразильской гевеи. Каучук, находящийся в латексе, представляет собой 1,4-цис-полиизопрен. Содержание его достигает 40 %.

Синтетические латексы получают методом эмульсионной полимеризации. Синтетические латексы являются основным и самым многочисленным классом. Их классифицируют по химическому составу полимера или исходных мономеров. В соответствии с этим признаком синтетические латексы подразделяют на бутадиенстирольные, карбоксилсодержащие, бутадиеннитрильные, акрилатные, винилацетатные, на основе винил- и винилиденхлоридов, на основе фторированных мономеров и т. д.

Искусственные латексы представляют собой латексы на основе каучуков. Их получают диспергированием в воде предварительно синтезированных полимеров в присутствии поверхностно-активных веществ (эмульгаторов) с последующей отгонкой из эмульсии растворителя и концентрированием полученной дисперсии. Размер частиц в искусственных латексах больше, чем в синтетических.

Модифицированные латексы – это латексы, подвергнутые химической модификации, например, вулканизированные латексы, галогенированные и гидрогалогенированные, латексно-смоляные композиции.

Кремнийорганические полимеры

Кремнийорганические полимеры – это элементоорганические полимеры, содержащие кремний. В процессах обработки и переработки бумаги и картона используются полимеры, для которых характерна кремнийкислородная (силоксановая) связь. Они относятся к группе полиорганосилоксанов, называемых также силиконами, для которых характерна формула $\text{SiR}_2\text{-O-SiR}_2$. Силоксановые связи придают покрытию твердость, а углеродные группы полимеров способствуют образованию эластичного покрытия.

Силиконы растворяются в алифатических, ароматических и галогенопроизводных углеводородах, кетонах и эфирах. Силиконы химически устойчивы: Si-O-Si-связи разрушаются только концентрированными щелочами и кислотами.

Используют полиметилсилоксаны при производстве силиконизированной бумаги для упаковки, антиадгезионной бумаги – для упаковки липких материалов (пластырей, липких этикеток). Силиконы характеризуются хорошей способностью к пленкообразованию, физиологической безвредностью, водо- и озоноустойчивостью, повышенной термостойкостью и антиадгезионными свойствами, то есть неприлипаемостью к липким материалам. Это свойство силиконов объясняется тем, что атомы кислорода ориентируются к поверхности бумаги, образуя водородные мостики с гидроксильными группами целлюлозы, а в поверхностных слоях покрытия сосредоточиваются метильные группы.

Силиконовые покрытия наносятся из растворов (в толуоле, ксилоле) или из водных дисперсий. В состав покрытия входят отвердители и катализаторы.

1.2.2. Способы и устройства, применяемые для обработки бумаги и картона

Основные процессы, протекающие в узле обработки

Узел для обработки бумаги или картона должен обеспечивать дозирование, нанесение и разравнивание жидкой системы с последующим ее отверждением. Эти основные стадии процесса обработки бумаги и картона могут в зависимости от вида применяемых устройств осуществляться отдельно или совмещенно. В каждом отдельном случае выбор метода нанесения покрытия определяется особенностями получаемой продукции и реологическими свойствами используемой системы.

При всем многообразии устройств, применяемых для нанесения покрытия на бумагу и картон, они могут быть разделены на сравнительно небольшое количество групп, в которых устройства имеют одинаковое конструктивное исполнение или принцип нанесения. Основные критерии выбора способа нанесения связаны, во-первых, с толщиной наносимого покрытия, во-вторых, со структурой покрытия и, в-третьих, со структурой композиционного материала.

При нанесении покрытий необходимо обеспечить либо создание на поверхности бумаги равномерной пленки заданной толщины, либо получение равномерного по толщине композиционного материала. Так, при меловании бумаги в первую очередь необходимо обеспечить равномерную толщину готового композиционного материала, а при получении ультрафильтров на бумажной подложке – равномерность толщины покрытия. Толщина покрытия может меняться в значительных пределах: используются как тонкие покрытия толщиной менее 3 мкм (например, антиадгезионные кремнийорганические покрытия на предварительно загрунтованной бумаге), так и покрытия со средней толщиной от 3 до 30 мкм.

Структура покрытия и композиционного материала может быть различной в зависимости от числа слоев, которые необходимо нанести, а также от того, на одну или две стороны бумаги наносятся покрытия.

В соответствии с рассмотренными критериями выбирается принцип нанесения покрытия и намечаются конструктивные особенности оборудования и параметры процесса. В зависимости от количества наносимого пленкообразующего раствора (или расплава) возможны два пути: дозированное нанесение и нанесение с избытком, удаляемым впоследствии с помощью специальных устройств – шаберов. Первый путь удобнее для обеспечения равномерности толщины покрытия; второй – для обеспечения равномерности толщины всего материала. При удалении избытка нанесенного вещества, в свою очередь, могут применяться различные решения, некоторые из них обеспечивают скорее равномерность толщины покрытия (воздушный шабер), другие – равномерность толщины композиционного материала (гибкий шабер).

Покрытие можно наносить непосредственно на бумагу или на промежуточное рабочее тело. Неравномерность толщины бумаги, неровность ее поверхности, возможность неравномерного смачивания ее поверхности приводят к целесообразности использования (особенно при нанесении покрытий с равномерной, точно заданной толщиной) промежуточного рабочего тела. Чаще всего применяют различные валики с заданной геометрией поверхности (полированные, растровые и т. д.).

Толщину покрытия можно регулировать за счет дозированного истечения, дозированной подачи или уноса жидкости движущейся поверхностью. Равномерность толщины покрытия может обеспечиваться, во-первых, за счет постоянства вязкости (при учете взаимосвязи реологических свойств, концентрации, температуры), во-вторых, за счет постоянства скорости движения бумаги и ее поверхностных свойств (угла смачивания) и, в-третьих, за счет равномерной подачи насосом или экструдером.

Во всех случаях большое значение имеют реологические свойства системы. Сама по себе величина вязкости – одна из самых простых реологических характеристик системы. Применяемые системы являются неньютоновскими, и зависимость вязкости от скорости сдвига или напряжения сдвига оказывает определенное влияние на ход процесса нанесения, так же, как и величина энергии активации вязкого течения (температурная зависимость вязкости).

Систематизация узлов для нанесения покрытий и конструкция самих узлов связаны с видом используемой полимерной системы. Наиболее распространены четыре варианта нанесения полимерных покрытий на бумагу:

- 1) нанесение из расплавов;
- 2) нанесение из растворов;
- 3) нанесение из дисперсий;
- 4) наслаивание готовой пленки на бумагу с применением специальных клеящих веществ или методом горячего прессования.

В табл. 2 приведена характеристика наиболее распространенных типов устройств для нанесения покрытий.

Таблица 2 – Характеристика устройств для нанесения покрытий

Устройство	Свойства покровной композиции		Масса наносимого покрытия, г/м ²	Скорость нанесения, м/мин
	Содержание сухих веществ, %	Вязкость, мПа·с (Брукфильд, 100 мин ⁻¹)		
Клеильный пресс	5–30	100–300	2–10	До 500
Пленочный клеильный пресс	1–65	1–2000	3–15	100–1800
Валиковые устройства:				
- разглаживающие	25–45	10 000–30 000	12–30	90–150
- щеточные	30–40	1 000–30 000	15–20	30–120
- офсетно-гравюрные	50–70	1 000–2 000	4–10	До 600
- устройства Массей	45–65	2 000–10 000	6–25	350–400
Шаберные устройства:				
- с вращающим шабером	30–50	100–600	10–20	До 200
- с затопленным зазором	50–60	100–3 000	4–20	350–1250
- с фонтанирующим шабером	50–60	1000–3000	4–20	До 1200
- устройства Veel-Blade	50–60	500–1000	10–12	450–1000
- с гибким ножевым шабером	До 72	400–2 000	10–25	350–1500
- с жестким ножевым шабером	До 72	400–2 000	6–15	350–1500
- с воздушным шабером	35–45	100–250	5–30	До 860

Поверхностная проклейка

Поверхностная проклейка – это обработка на клеильном прессе бумаги-основы с целью создания оптимальной впитывающей способности к различным жидкостям (воде, чернилам, печатной краске, тонерам, маслам, жирам). Кроме того, поверхностная проклейка улучшает структурно-механические, печатные и оптические свойства.

Традиционно при производстве бумаги или картона используют проклеивающие композиции на основе водорастворимых полимеров – чаще всего окисленного крахмала или карбоксиметилцеллюлозы. Однако при использовании современных методов цифровой печати у такой бумаги или картона наблюдаются плохое качество печати и повышенная пылимость. Это связано с тем, что сформированная на поверхности бумажного полотна пленка из водорастворимых полимеров в процессе сушки начинает сжиматься в ХУ-направлении. Поскольку крахмал и карбоксиметилцеллюлоза являются жесткоцепными полимерами, в полимерной сетке возникают значительные усадочные напряжения, приводящие к появлению микротрещин, по которым при печати происходит расплывание краски, чернил и проникновение их в толщу листа.

При разработке композиционных составов для поверхностной проклейки используют систему на основе смеси гидрофильных и гидрофобных полимеров.

В качестве гидрофильного полимера чаще всего выступают различные модификации крахмала, в качестве гидрофобного полимера – сополимеры стирола с акрилатом, полиуретаны и т. д. в виде дисперсий.

Дисперсии состоят из гидрофобного полимерного ядра – сферических частиц синтетических полимеров (размер частиц 70–200 нм) и защитного коллоида. В процессе поверхностной проклейки капиллярно-пористая структура бумаги заполняется, а поверхность покрывается смесью крахмала и дисперсии синтетического полимера. В процессе сушки на волокнах целлюлозы и наполнителя формируется пленка, имеющая структуру взаимопроникающей полимерной сетки. Такая структура состоит из гидрофильной крахмальной матрицы с гидрофобными полимерными частицами, равномерно распределенными в ней.

Температура сушки бумаги значительно превышает температуру стеклования синтетических полимеров, поэтому, когда в крахмальной матрице начинают возникать усадочные напряжения, синтетические полимеры, сохраняя свою пластичность, придают эластичность крахмально-полимерной пленке и снимают возникающие усадочные напряжения, предотвращая тем самым появление микротрещин.

Клеильный пресс

Клеильный пресс используют для поверхностной проклейки, пигментирования и легкого мелования бумаги и картона. Клеильный пресс устанавливают в сушильной части бумагоделательной машины, где сухость бумажного полотна при поступлении на поверхностную обработку составляет не менее 70 %, а с учетом увлажнения полотна в прессе его сухость целесообразно поддерживать в пределах 88–95 %. Это объясняется тем, что бумага сухостью ниже 70 % при дополнительном увлажнении будет обрываться. Кроме того, полотно с высокой влажностью после обработки трудно досушивается.

В традиционных двухваликовых клеильных прессах нанесение проклеивающей композиции на поверхность полотна-основы осуществляется при помощи sprays или же снятием ее бумагой с поверхности валов, окунаемых в раствор клея с последующим отжимом избытка клея между валами пресса.

В зависимости от расположения валов различают прессы вертикальные, горизонтальные и наклонные (рис. 17).

Оба вала клеильного пресса должны иметь независимый привод. Каждый пресс состоит из двух валов, между которыми проходит бумага. Диаметр валов 450–700 мм зависит от скорости и ширины машины. Горизонтальные нижние валы обрешиненные, верхние – из нержавеющей стали.

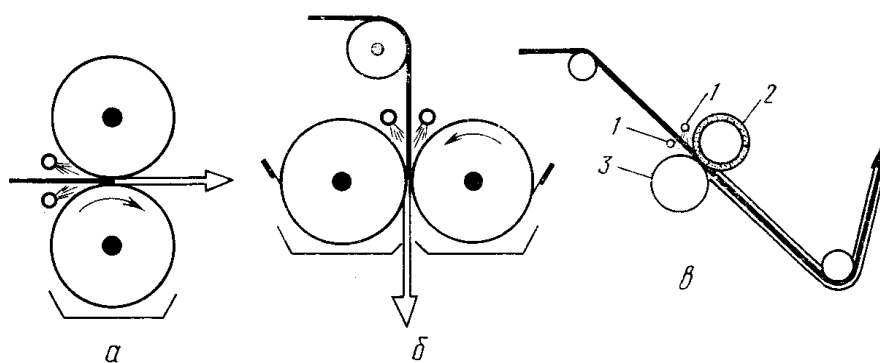


Рис. 17. Схемы клеильных прессов:

a – вертикальный; *б* – горизонтальный; *в* – наклонный;
 1 – подача покровной массы; 2 – обрешиненный вал; 3 – стальной вал

Способ подачи клеевого раствора: у вертикального – нижним валом, погруженным в ванну с суспензией; у горизонтального – спреями на обе стороны бумажного полотна; у наклонного – двумя вспомогательными валиками, между которыми подается суспензия.

Существенный недостаток в работе клеильных прессов всех типов – образование складок на полотне, поэтому на выходе из клеильного пресса бумага проходит специальные разгонные валики для выравнивания поверхности. Валики облицовываются силиконовым покрытием для предотвращения прилипания к нему сырого полотна, покрытого проклеивающим материалом. По той же причине разгонные валики и первый досушивающий цилиндр устанавливаются на таком расстоянии от пресса, чтобы обеспечить частичное затвердевание клеевой пленки.

Бумажное полотно заправляется в зазор между валами пресса, а далее – в досушивающую часть бумагоделательной машины. Валы пресса смыкаются с определенным усилием и в сужающийся зазор со спрысков, расположенных с обеих сторон листа, подается равномерно по всей ширине валов раствор проклеивающего материала с таким расчетом, чтобы постоянно поддерживался определенный уровень клея между валами. Таким образом, в своем движении через клеильный пресс бумажное полотно вначале проходит через слой проклеивающего материала, а затем между валами пресса.

По выходе из пресса бумага с нанесенным клеем поступает на сушку в досушивающую группу сушильных цилиндров. Процесс проклейки завершается под действием тепловой обработки бумажного полотна при досушке. В этот период бумага приобретает заданные качественные показатели. Поверхностная проклейка в клеильных прессах требует увеличения сушильной части бумагоделательной машины на 15–40 %. Объясняется это трудностью удаления влаги с проклеенной бумаги.

В настоящее время требования к поверхностной проклейке бумаги и картона значительно ужесточились. Это связано с увеличением скорости

бумаго- и картонаделательной машины, необходимостью сокращения обрывов и энергии сушки, с повышением требований к качеству готовой продукции.

Пигментирование при высоком содержании сухих веществ не может быть эффективно выполнено в обычном прессе. Эти требования обеспечиваются при использовании пленочного клеильного пресса.

Пленочный клеильный пресс

Пленочный клеильный пресс (рис. 18) предназначен для поверхностной проклейки, пигментирования и мелования бумаги и картона.

Нанесение покровной массы осуществляется формированием на поверхности вала клеильного пресса жидкой пленки заданной толщины, которая затем переносится на бумагу, находящуюся в зазоре между валами. Толщина жидкой пленки определяется дозирующим стержнем различного диаметра и с нарезкой различного профиля.

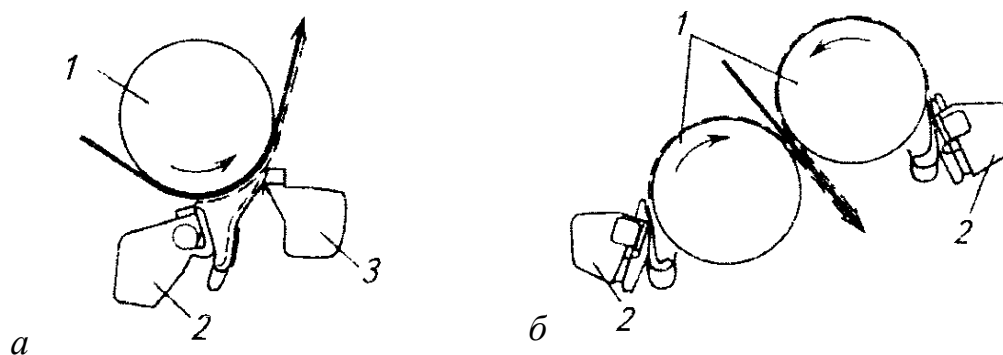


Рис. 18. Схемы нанесения покрытий на пленочном клеильном прессе:

а – одностороннее покрытие шаберным лезвием с регулированием толщины покрытия шабером; *б* – двухстороннее пленочное покрытие с нанесением на валы покровного вещества для передачи на бумагу:

1 – валы клеильного пресса; *2* – наносящие устройства;

3 – шаберное устройство

Основные отличия пленочного клеильного пресса от обычного:

- широкий диапазон скоростей – от 100 до 1800 м/мин;
- возможность нанесения покровного слоя от 0,05 г/м² (проклейка) до 40 г/м² (мелование) на каждую сторону;
- вязкость покровных композиций, составляющая от 1,0 до 2000 мПа·с;
- возможность использования покровных композиций с высоким содержанием сухих веществ и различными реологическими свойствами;
- уменьшение проникновения покровного состава в глубину листа; наносимая композиция остается на поверхности в виде однородной пленки.

Нанесение покрытий при помощи валиков

Валиковый способ нанесения покрытий основан на уносе слоя вязкопластической жидкости движущейся твердой поверхностью (поверхностью валика или огибающей его бумаги) с последующим возможным переходом жидкости на другую твердую поверхность. Этот способ, являясь достаточно простым, обладает в то же время очень большой гибкостью: его можно применять для растворов, дисперсий и даже расплавов полимеров. Валиковым способом можно наносить покровные составы вязкостью от нескольких миллипаскалей-секунд (мПа*с) при скорости движения бумажного полотна до 800 м/мин.

Конструктивно валиковые системы чрезвычайно разнообразны, число валиков может изменяться от одного до десяти и более, причем функции каждого валика в системе весьма различны.

Основными элементами валиковых устройств являются:

- купающий валик (рис. 19, а), поверхность которого огибается бумажным полотном, соприкасающимся с поверхностью жидкости;
- наносящий валик 1 (рис.19, б, в), с которого на поверхность бумаги переходит слой наносимой жидкости, ранее унесенной поверхностью валика из ванны или с другого (вспомогательного) валика;
- купающийся валик 2 (рис. 19, в), частично погруженный в жидкость (или соприкасающийся с ней), уносящий при вращении на своей поверхности слой жидкости, переходящей затем (полностью или частично) на поверхность соприкасающейся с ним бумаги (в этом случае он является наносящим) или промежуточного (вспомогательного) валика;
- дозирующий валик 3 (рис. 19, в), снимающий с поверхности наносящего валика избыток жидкости перед его контактом с бумажным полотном, как правило, за счет его вращения навстречу (по отношению к точке контакта) наносящему валику;
- прижимный валик 4 (рис. 19, в), прижимающий огибающее его бумажное полотно к поверхности наносящего валика;
- разравнивающий (шлифующий) валик, выравнивающий ранее нанесенный на бумагу слой жидкости за счет вращения навстречу бумажному полотну. По механизму своего действия он приближается к шаберным устройствам.

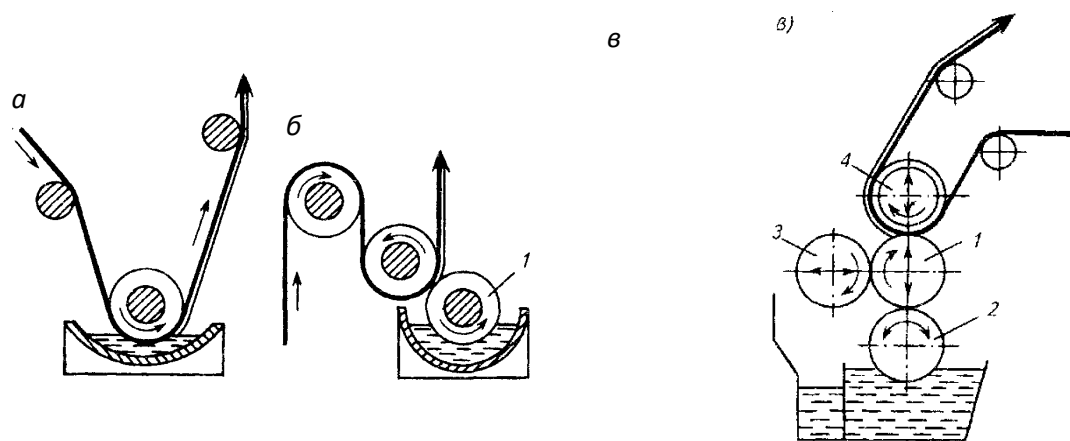


Рис. 19. Схемы вариантов нанесения покрытий валиками:
a – купающим; *б* – наносящим (купающимся); *в* – купающимся и дозирующим; 1 – наносящий валик; 2 – купающийся валик; 3 – дозирующий валик; 4 – прижимной валик

Валики могут иметь как полированную хромированную, так и резиновую рубашку, причем может использоваться резина различной твердости.

Щеточные устройства служат для нанесения покровного слоя на бумагу с помощью цилиндрической щетки или вала, погруженного в ванну с покровной суспензией, и разравнивающей цилиндрической щетки (рис. 20, рис. 21), которая разглаживает и втирает покровный слой в полотно бумаги. При нанесении покровной суспензии цилиндрической щеткой устанавливают для разглаживания четыре-шесть вибрирующих щеток.

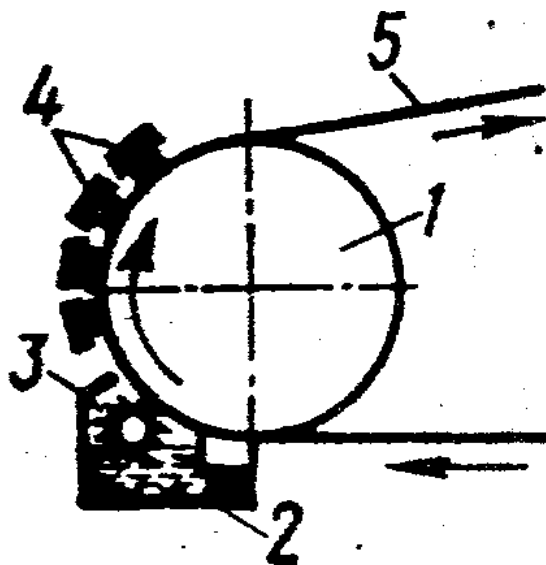


Рис. 20. Схема щеточного устройства:
 1 – вал; 2 – суспензия; 3 – цилиндрическая щетка; 4 – разравнивающие щетки; 5 – бумага

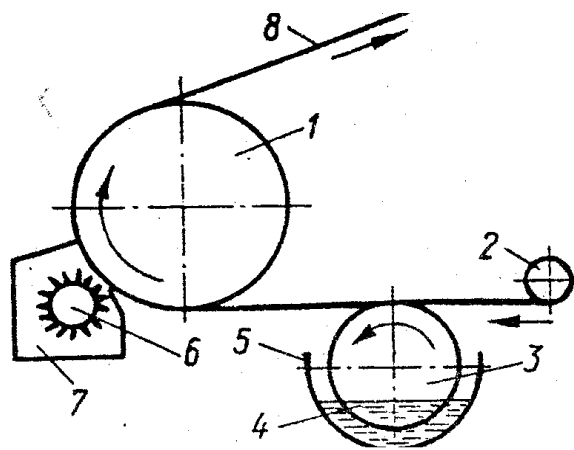


Рис. 21. Схема устройства для нанесения покровного слоя с помощью вала и разравнивающей цилиндрической щетки:

1 – поддерживающий вал; 2 – бумаговедущий валик; 3 – вал для нанесения покровного слоя; 4 – суспензия; 5 – ванна; 6 – разравнивающая щетка; 7 – кожух для защиты от разбрызгивания суспензии; 8 – бумага

Для нанесения меловальных покрытий на бумагоделательных машинах применяется устройство Массей. Покровный слой можно наносить на одну или обе стороны бумажного полотна. Для подачи суспензии к валу и нанесения покрытия на лицевую сторону полотна бумаги имеется пять обрезиненных валиков и четыре обрезиненных валика для подачи суспензии к другому валу и нанесения покрытия на сеточную сторону бумаги (рис. 22).

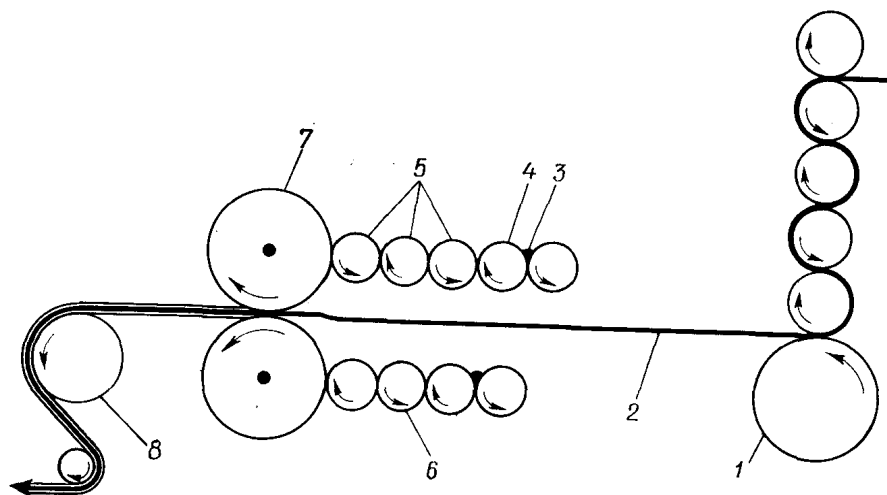


Рис. 22. Схема валикового устройства Массей

для двустороннего нанесения покрытия на бумагу:

1 – машинный каландр; 2 – бумага-основа; 3 – подача пасты; 4 – дозировочный валик; 5 – распределительные валики; 6 – валик с осевым возвратно-поступательным движением; 7 – наносящий вал; 8 – сушильный цилиндр

Валы, наносящие покровный слой на бумагу, также обрезаются. Меловальная суспензия подается в зону контакта между первыми двумя валиками в каждом ряду. Масса одного наносимого слоя составляет 10–20 г/м² и регулируется изменением степени прижима распределительных валиков друг к другу и скоростью их вращения.

Пропитка

Пропитка – это введение в бумагу или картон различных химических веществ с целью подготовки к дальнейшей переработке или придания им специфических свойств, таких как термо-, огне- и биостойкость, водонепроницаемость и т. д. Осуществляется пропитка за счет сил диффузии или капиллярного всасывания.

Наиболее широкое применение получили два способа пропитки. По одному из них бумагу или картон погружают в раствор с последующим удалением растворителя в сушке и осаждением химических веществ на волокнах. Другой способ заключается в пропитке бумаги или картона расплавленными связующими с последующим охлаждением пропитанного материала.

При нанесении покрытий из растворов или расплавов химические вещества проникают на малую глубину, а в результате пропитки происходит заполнение пор между волокнами и пор самих волокон по всей толщине обрабатываемого материала. Поэтому при пропитке используются менее вязкие составы.

Скорость пропитки определяется рядом таких факторов, как капиллярно-пористая структура бумаги, угол смачивания бумаги жидкостью, ее влажность и др. Требуемое содержание жидкости в пропитанном материале может достигаться несколькими путями:

- регулируемый отжим материала, насыщенного пропиточным раствором;
- изменение продолжительности пребывания материала в пропиточной зоне (как за счет изменения скорости бумаги, так и за счет изменения длины, на которой происходит контакт бумаги с жидкостью);
- нанесение на бумагу требуемого количества жидкости дозирующими устройствами, применяемыми при нанесении на бумагу покрытий (целесообразно в случае, если нанесенная на поверхность бумаги жидкость способна достаточно быстро, до испарения растворителя, равномерно пропитать бумагу).

Одна из важнейших задач при пропитке – вытеснение из пор воздуха и паров воды (при температуре пропиточной жидкости выше 100 °С, например, при использовании расплава битума).

Удаление воздуха из бумаги при ее пропитке может осуществляться разными путями:

- бумажное полотно вводится в пропиточную ванну при минимальном угле наклона к поверхности раствора, почти параллельно поверхности. В

результате жидкость смачивает вначале нижнюю сторону бумаги и, впитываясь, вытесняет из толщи бумаги через верхнюю сторону воздух;

– применение различного рода устройств для одностороннего смачивания бумаги, аналогичных используемым при нанесении на бумагу покрытий;

– применение отжимных валиков погружного типа, то есть находящихся в пропиточном растворе. В этом случае при сжатии материала в отжимном устройстве из него выдавливается воздух, находящийся в порах материала. При выходе из отжимного устройства происходит упругое восстановление капиллярно-пористой структуры материала, и капилляры заполняются пропиточным раствором.

Наиболее простая конструкция узла пропитки показана на рис. 23. Бумажное полотно проходит тянущий и регулирующие натяжные валики, вертикально погружается в пропиточную ванну и, огибая погружающий валик, вертикально выходит вверх.

Содержание связующего в пропиточной бумаге регулируется скребками-ножами, смонтированными на опорных головках, позволяющих заменять их в процессе работы машины. В зависимости от требований технологического регламента используют скребки-ножи различного профиля.

Длина пути бумаги и картона в пропитывающем растворе регулируется подъемом или опусканием ванны. Для более быстрого удаления воздуха из бумаги полотно вводят в пропиточный раствор под минимальным углом наклона. При этом связующее смачивает одну сторону бумаги, вытесняя воздух из пор между волокнами, что обеспечивает более быструю пропитку в ванне.

Возможна пропитка в аэрозольной среде (рис. 24).

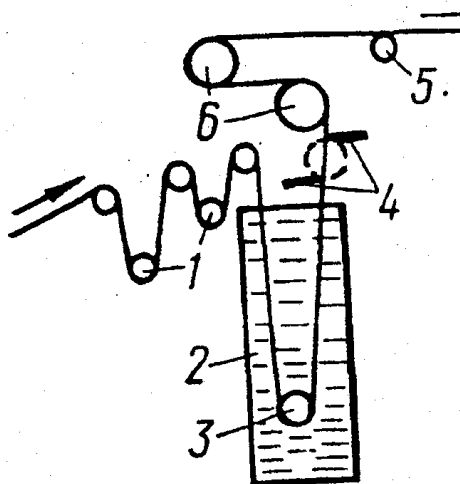


Рис. 23. Схема узла пропитки:

- 1 – валики регулировки натяжения; 2 – пропиточная ванна;
3 – погружающий валик; 4 – скребки; 5 – бумаговедущий валик;
6 – тянущие валы

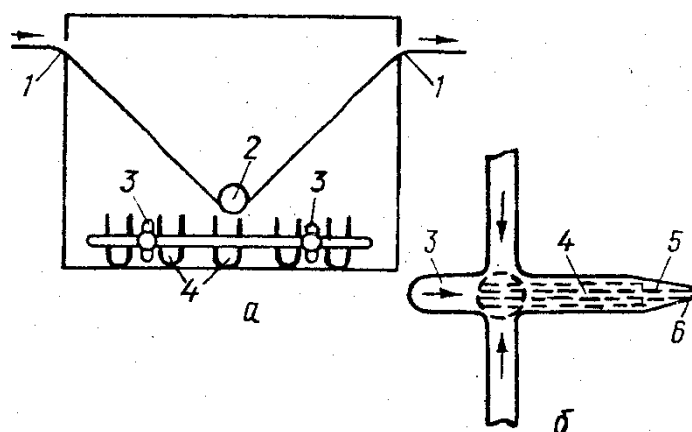


Рис. 24. Схема узла пропитки в аэрозольной среде:
a – продольный разрез узла; *б* – разрез форсунки; 1 – щели камеры;
 2 – бумаговедущий валик; 3 – форсунки; 4 – капиллярные отверстия;
 5 – распылительная насадка; 6 – сопло

Установка состоит из герметичной камеры, в боковых стенках которой сделаны прорезы для прохода бумаги. На дне камеры расположен изогнутый вкладыш, на котором установлен паровой змеевик для обогрева. Над ним закреплен бумаговедущий валик. По контуру камеры, на некотором расстоянии от стенок, закольцована труба с форсунками.

1.2.3. Нанесение порошков и ворса

Некоторые виды бумаги и картона вырабатываются путем нанесения на поверхность бумаги-основы порошкового металла, абразивного материала, порошкообразного полимера (олигомера), пигментов, а также ворса. Такие покрытия используются при изготовлении обоев, декоративных и упаковочных видов бумаги и картона, иллюстрированных изделий абразивной бумаги.

В качестве ворса применяются отходы вискозной, шерстяной, хлопчатобумажной пряжи и др. Блок-схема подготовки ворса представлена на рис 25. Для придания жесткости пряжу обрабатывают водорастворимым полимером и сушат. В качестве полимеров применяют крахмал или карбоксиметилцеллюлозу. После этого режут на ворсинки длиной 0,2–2,0 мм и сортируют на ситах для удаления слишком мелких и длинных волокон. Ворс промывают для удаления полимера и, если требуется окрашивают. Затем проводят обработку 20-% -ым раствором хлорида натрия (NaCl) в течение 15 минут для большей подвижности в электростатическом поле. Отжимают и сушат, после чего ворс готов к использованию.

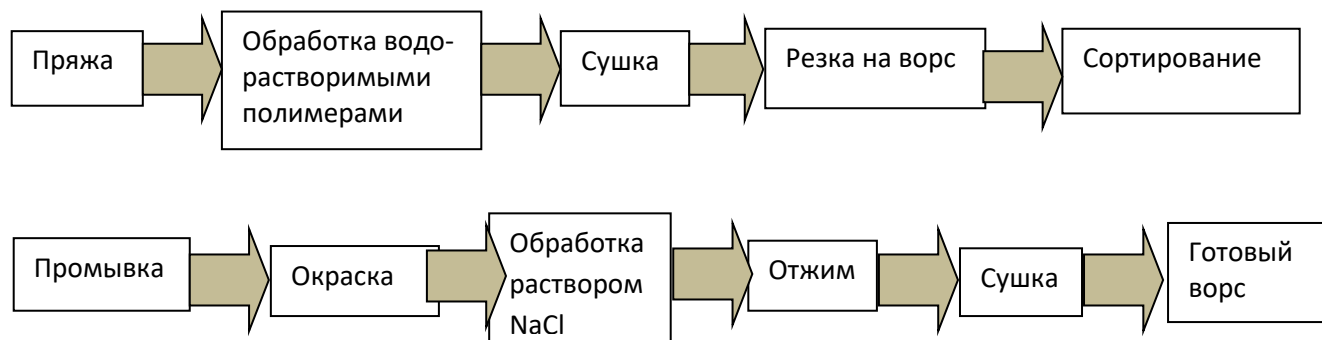


Рис. 25. Схема подготовки ворса

Существуют два основных способа нанесения порошкообразных веществ и ворса на поверхность бумажного или картонного полотна: механический и электростатический.

Механический способ нанесения (рис. 26). Данный способ заключается в том, что порошок или ворс равномерно насыпается на поверхность бумажного полотна, предварительно покрытую клеем для лучшей адгезии порошка или ворса и бумаги. Окончательное закрепление материала на клеевом слое происходит в сушильной камере.

Порошок или ворс из бункера через вибрационное сито равномерно насыпается на поверхность движущегося бумажного полотна. Излишний материал удаляется вибратором, постукивающим по противоположной стороне бумаги на пути следования бумажного полотна в сушильную камеру. В результате такого встряхивания частицы покрытия распределяются на поверхности бумаги более равномерно.

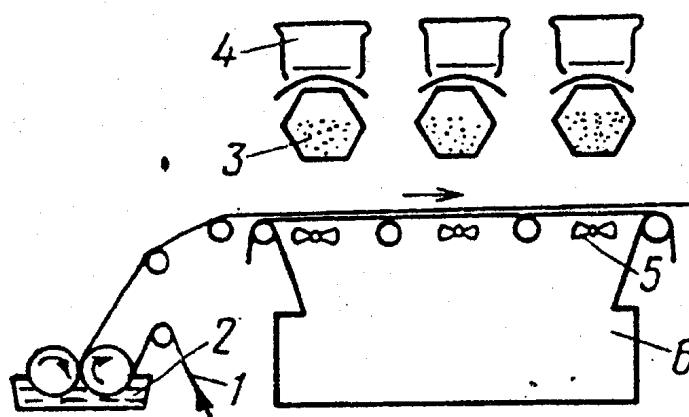


Рис. 26. Схема нанесения порошка или ворса на бумагу механическим способом:

- 1 – бумага-основа; 2 – узел нанесения клея; 3 – бункер;
4 – насыпное устройство; 5 – вибратор; 6 – сборник для избытка ворса

Для нанесения металлических порошков используется система вращающихся металлических обогреваемых валков и резиновых наносно-прикатных валков. На первый резиновый вал поступает из бункера порошок, который передается и прикатывается тонким слоем к полотну бумаги, покрытой клеевым составом. Окончательно прикатывается порошок к клеевому слою специальным резиновым валом. Максимальная скорость механического способа нанесения покрытий составляет 30 м/мин.

Электростатический метод нанесения. Установки для электростатического нанесения покрытий представляют собой контурную систему, с помощью которой на поверхность бумажного полотна наносится однородный плотный слой покрытия. Электростатическое поле создается специальными электростатическими аппаратами, действующими при напряжении 25–140 кВ.

Наиболее часто применяется способ, когда электростатическое поле, в котором порошок или ворс наносится на поверхность бумажного полотна, создается между двумя электродами: сеткой дозатора, через которую просеивается материал, и металлической пластиной под ленточным транспортером, по которому движется бумажное полотно. Частицы ворса или порошкообразные частицы, получая заряд от электрода-сетки, притягиваются пластиной, имеющей противоположный заряд, и покрывают поверхность бумажного полотна, на которую предварительно нанесен клей (рис. 27).

Массу покрытия, наносимого электростатическим способом, можно регулировать изменением напряжения на электродах. Максимальное напряжение на электродах составляет 50 кВ. Масса наносимого покрытия колеблется в пределах 5–80 г/м². Большое значение в получении тонких осажденных слоев имеют размеры напыляемых частиц.

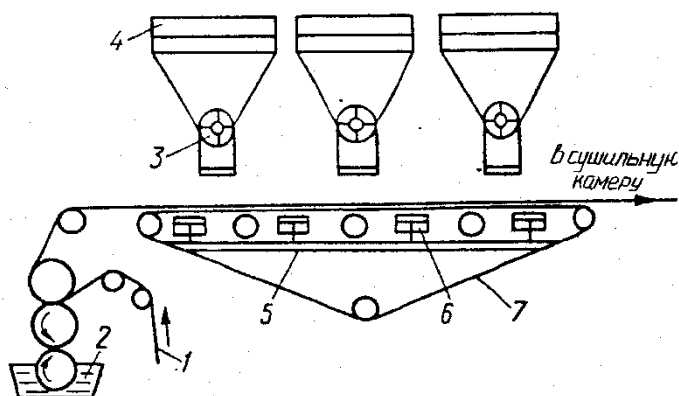


Рис. 27. Схема нанесения порошка или ворса на бумагу электростатическим методом: 1 – бумага-основа; 2 – узел нанесения клея; 3 – сетки-электроды; 4 – бункеры-дозаторы; 5 – металлический лист; 6 – отбойные приспособления; 7 – сукно

При использовании порошков с металлическими гранулами возникает трудность в результате рекуперации материала, рассеянного в камере заряжения. Введение же красящих пигментов, состоящих из крупных гранул, может вызвать появление полос, поэтому требуется, чтобы при покрытиях толщиной 25–30 мкм гранулы пигментов не превышали 1,5 мкм.

К преимуществам электростатического метода относится получение более равномерного покрытия. Кроме того, покровный слой в данном случае притянут к поверхности, не смещается на ней, порошок не осыпается при удалении бумаги из электростатического поля. Максимальная скорость электростатического нанесения покрытий составляет 30 м/мин. Для приклеивания ворса к основе используют водорастворимые клеи.

РАЗДЕЛ 2. ПЕРЕРАБОТКА БУМАГИ И КАРТОНА

2.1. Механическая технология переработки бумаги и картона

2.1.1. Резка бумаги на рулоны, бобины, листы

Бумага, изготовленная на бумагоделательной машине, перед отправкой потребителям должна быть разрезана на необходимые форматы. С этой целью рулоны большого размера, соответствующие обрезной ширине бумаги на накате машины, должны быть разрезаны в продольном направлении бумажного полотна на кратное число рулонов потребительского формата. Обрезная ширина бумаги на накате образуется из суммы потребительских форматов.

Резание бумажного полотна в продольном направлении осуществляется на перемотно-резательных станках (продольно-резательных), на которых осуществляются одновременно операции:

- перемотки;
- продольного резания;
- удаления дефектной бумаги (обрывы, пятна, морщины);
- склеивание концов бумажного полотна;
- обрезки неровных кромок бумаги шириной 10–20 мм. С помощью вентилятора они отводятся от станка.

Бумагу наматывают на бумажные гильзы. Схема продольно-резательного станка (ПРС) представлена на рис. 28.

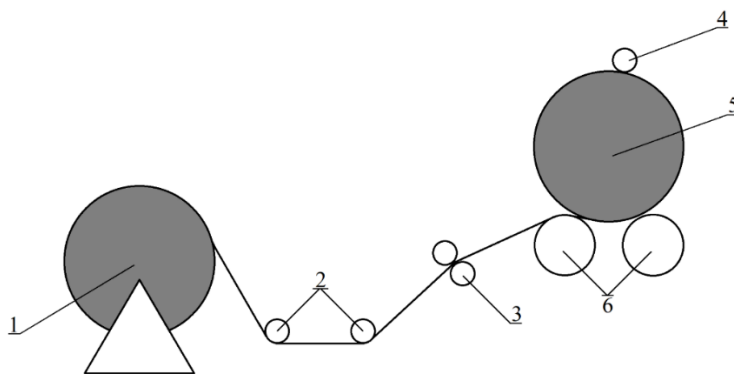


Рис. 28. Схема ПРС с нижней заправкой:

- 1 – разматываемый рулон; 2 – бумаговедущий валик; 3 – механизм продольной резки; 4 – прижимной валик; 5 – наматываемый рулон;
6 – несущие валы

Разматываемый рулон установлен на раскате 1, снабженном тормозным устройством, при обрыве может быть быстро остановлен. Полотно огибает бумаговедущий валик 2, который обеспечивает натяжение, и проходит между дисковыми ножами (разрезается по принципу ножниц) 3. Разрезанная бумага наматывается на рулоны 5 и поддерживается несущими валами 6, имеющими привод от электродвигателя. Для получения плотной намотки скорость второго

валика на 1–2 % больше скорости первого валика. Надлежащую плотность намотки создает прижимной вал 4. Производительность 60–90 рулонов в час.

ПРС нового поколения работают со скоростью 3600 м/мин, наматывают рулоны диаметром 1500 мм и больше. Имеют автоматизированную систему заправки и склейки бумажного полотна.

Некоторые виды бумаги при перемотке должны быть разрезаны на узкие полосы шириной от 30 до 250 мм и намотаны в катушки-бобины (бумага для телеграфной ленты, билетная, папиросная и т. д.) Скорость бобино-резательных станков от 20 до 500 м/мин. Резание осуществляется также как на продольно-резательных станках.

Когда потребителю требуется бумага в виде листов определенного формата, ее получают на саморезках. На саморезках производится:

- одновременная размотка нескольких рулонов бумаги;
- продольное и поперечное резание бумаги на листы заданного формата;
- сортирование;
- укладка листов в стопы;
- передача стоп бумаги на конвейер.

В настоящее время применяют быстроходные ротационные саморезки узкого формата (рис. 29). Раньше использовались саморезки с рабочей длиной такой же как у бумагоделательной машины, которую они обслуживали. Ширина разматываемого рулона 1,5 м, скорость 300 м/мин. Осуществляют 150–300 отрубков в минуту. Оснащены автоматизированной системой сортирования (удаляют листы со склейками, складками и т.д.). Обеспечивают отклонение от формата 1–1,5 мм, а от прямолинейной формы листов – 0,2 %.

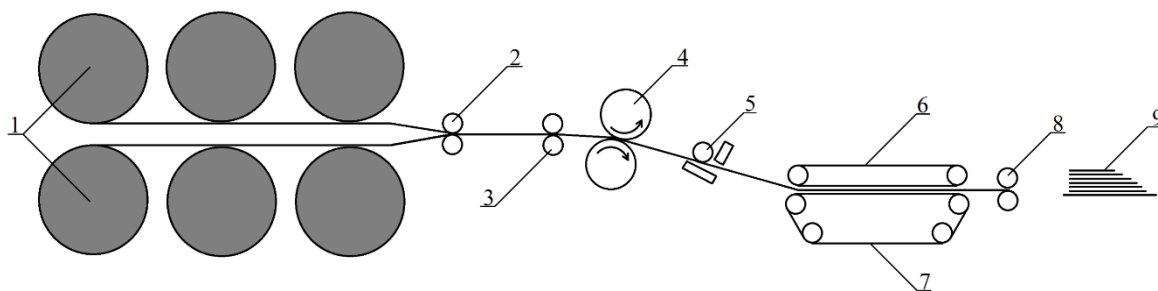


Рис. 29. Ротационная саморезка узкого формата:

- 1 – разматываемые рулоны: тонкая бумага – 24, средней толщины – 8–12, толстая – 4; 2 – бумаговедущие валики; 3 – механизм продольного резания; 4 – тяговый пресс; 5 – механизм поперечного резания; 6 – прижимная лента; 7 – конвейер; 8 – листоукладчик; 9 – стопа бумаги

Рулоны бумаги с раската 1 поступают на механизм продольного резания 3 за счет тягового пресса 4. Затем проходят механизм поперечного резания 5 и поступают на конвейер 7 с прижимной лентой 6, где выравниваются и подаются на листоукладчик 8. Листоукладчик отбраковывает листы с

морщинами, складками, отклонениями по размеру, отсчитывает заданное количество листов в пачке 9.

Затем бумага подвергается упаковке. Как правило, это полностью автоматизированные упаковочные линии, практически не использующие ручной труд.

2.1.2. Нанесение печати

Печать наносится на бумагу на специальных печатных машинах (быстроходных ротационных). Способы печати:

- высокая (типографская)
- плоская (офсетная);
- глубокая;
- флексография;
- трафаретная печать и др.

В зависимости от вида печати к бумаге предъявляются различные требования.

Высокая печать

Печатные элементы печатной формы значительно возвышаются над пробельными. Тонкий слой печатной краски с помощью красочного валика наносится на печатающие элементы. В процессе печатания бумаги при давлении 2943-4903 кПа приводится в контакт с печатной формой и часть краски (примерно половина) с печатающих элементов переходит на бумагу (толщиной 2-3 мкм). После впитывания слой затвердевшей краски составляет 1 мкм.

Бумага для высокой печати должна быть слабоклееной или не проклеенной, но должна обладать высокой гладкостью (мелованная). Если бумага (газетная) выпускается с использованием древесной массы, можно применять бумагу машинной гладкости (древесная масса улучшает контакт с печатной формой).

Метод высокой печати широко применяется для печатания многотиражной книжно-журнальной продукции и пригоден как для текстовой печати, так и для тоновых иллюстраций.

Плоская печать (офсетная)

Самый распространенный способ печати. 50 % всей продукции печатается этим способом. Печатные и пробельные элементы расположены в одной плоскости. При этом пробельные элементы смочены водой, а печатные элементы зажирены и поэтому избирательно воспринимают масляную печатную краску. При офсетной печати краска переходит с печатной формы на резиновую рубашку офсетного цилиндра, а затем уже при давлении 490–686 кПа на поверхность бумаги. Наносимый на бумагу слой имеет

толщину 1,5–2,0 мкм. Офсетный способ печати имеет ряд преимуществ перед способом высокой печати:

- требуется меньшее давление прижима;
- расход краски меньше;
- меньше затруднения от статического электричества.

Офсетная бумага должна выпускаться проклеенной, отличаться повышенной стабильностью размеров при увлажнении (поверхностная проклейка).

Офсетный способ применяется для многотиражного печатания художественных репродукций, плакатов, иллюстраций, детских книг (с многокрасочной печатью), книг, журналов, газет, обоев и т. д.

Глубокая печать

Печатающие элементы расположены ниже уровня пробельных. Печатная форма погружается в краску, избыток которой шабером (рекелем) снимается с гладких пробельных элементов. В процессе печатания бумага при давлении 1471–1961 кПа прижимается к форме и впитывает в себя краску, оставшуюся в углублениях печатающих элементов формы.

Используются низковязкие краски. Существенные недостатки этого способа:

- токсичные и пожароопасные краски;
- сложность изготовления печатной формы (высокая стоимость).

Бумага требуется менее гладкая, чем для офсетной печати. Однако с прочной поверхностью и мягкостью. Способ предназначен для многотиражных изданий, хорошо воспроизводит фотографии, портреты, плакаты.

2.1.3. Получение гофрированного картона

Производство упаковки из гофрированного картона (гофрокартон) по объемам продукции (кг) значительно опережает выпуск других видов упаковки на основе бумаги и картона. Гофрокартон выполняет две основные функции: он выступает в качестве носителя печатной информации и является защитой упакованного изделия, особенно при сбыте и реализации товаров.

Основные виды гофрокартона

Картон гофрированный – тарный картон, состоящий из чередующихся склеенных между собой плоских и гофрированных слоев и предназначенный для изготовления коробок и ящиков. Основным характерным признаком гофрированного картона является наличие гофрированного (волнообразного) слоя. Гофрированный картон получают путем склейки одного или нескольких слоев гофрированной бумаги с одним или несколькими слоями плоского картона.

В настоящее время гофрированный картон является самым распространенным видом тарного картона. По числу образующих его слоев картон разделяется на следующие виды (рис. 30):

- двухслойный картон – плоский и гофрированный слой (тип Д);
- трехслойный картон – два плоских и один гофрированный слой (тип Т);
- пятислойный картон – три плоских и два гофрированных слоя (тип П);
- семислойный картон – четыре плоских и три гофрированных слоя (тип С).

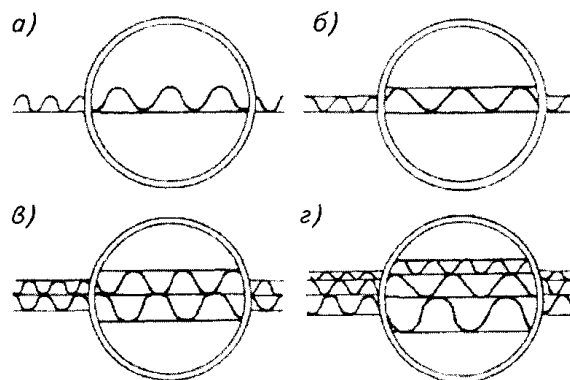


Рис. 30. Поперечные срезы гофрированного картона:
a – двухслойный (тип Д); *б* – трехслойный (тип Т);
в – пятислойный (тип П); *г* – семислойный (тип С)

За рубежом различают одно-, двух- и трехслойный гофрокартон. При этом слойность картона определяется числом гофрированных слоев, то есть тип Т – однослойный, тип П – двухслойный и т. д.

Гофрированный картон может иметь различный профиль и размеры гофрированного слоя. В мировой практике каждый профиль имеет буквенное обозначение (табл. 3).

Таблица 3 – Характеристики различных типов гофров

Тип гофра	Средняя высота гофра, мм	Средняя длина волны, мм
A	4,7	8,7
C	3,8	7,3
B	2,8	6,0
D	2,1	4,5
E	1,4	3,3
F	0,75	2,6
N(G)	0,55	1,8

В зарубежной литературе приводятся данные о выпуске гофропродукции с профилем гофров К (высота 6,0 мм), О (высота 0,3 мм) и др.

В России гофрированный картон выпускается с профилем гофров А, С, В и Е. Характеристики этих гофров приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Основные параметры волнистого слоя гофрированного картона

Тип гофра	Наименование гофра	Высота гофра h , мм	Шаг гофра l , мм	Число гофров на 1 м	Коэффициент гофрирования
А	Крупный	4,5–5,5	8,0–9,5	105–125	1,570
С	Средний	3,2–4,4	6,5–8,0	125–154	1,479
В	Мелкий	2,2–3,2	4,5–6,4	156–222	1,333
Е	Микрогофр	1,1–1,6	3,2–3,6	278–312	1,250

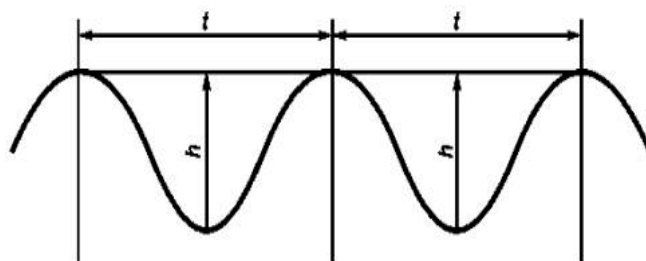


Рис. 31. Профиль рифов: высота рифов (h), мм; шаг рифов (t), мм

Гофрированный картон относится к анизотропным материалам, имеющим неодинаковые свойства по различным направлениям. При приложении сил в направлении, перпендикулярном к гофрам, гофрированный слой работает как амортизирующий материал, вдоль направления гофров – как жесткий материал. Плоские слои гофрированного картона фиксируют положение волнистого слоя, работают на сжатие, растяжение, сопротивление продавливанию. Обладая достаточной плоскостной и торцевой жесткостью, а также амортизационными свойствами, гофрокартон широко используется при изготовлении удобной и легкой мало- и крупногабаритной тары для различных отраслей народного хозяйства (пищевой, химической, электротехнической и т. п.).

Основные свойства и назначение гофрокартона

Основное назначение гофрокартона – изготовление гофротары, область применения которой очень широка. В отличие от других видов упаковки (стеклянной, пластиковой и т. д.), картонно-бумажную упаковку используют предприятия, производящие практически все товарные группы.

Основным потребителем гофротары является пищевая промышленность – 65 %. Среди подотраслей пищевой промышленности лидером по потреблению гофротары являются предприятия, производящие алкогольные и безалкогольные напитки. Существенную долю в потребление гофротары вносят производители синтетических моющих средств, химико-фармацевтической продукции и бытовой техники (рис. 32).



Рис. 32. Применение гофрокартона в отраслях промышленности

В зависимости от назначения тары для ее производства используют двух-, трех-, пяти- или семислойный картон. При изготовлении картона с большой слойностью рекомендуется использовать сочетание гофров различного типа: А-Е, В-Е, С-Е, Е-А-В, что позволяет получить гофрированный картон высокой прочности с требуемыми свойствами.

Гофрированный картон с гофром А обладает большой упругостью и применяется для упаковки изделий из стекла, керамики, а также радио- и телевизионной аппаратуры. Большая высота и шаг гофров, сравнительно небольшое их количество на 1 м полотна картона придают ему амортизационную способность.

Гофрированный картон с гофром В отличается от картона с гофром А более высокой жесткостью, применяется для изготовления тары, от которой не требуется высоких амортизационных показателей, в частности, предназначенной для упаковки твердых грузов, таких, как консервы в металлических банках, изделия бытовой химии в потребительской таре, при транспортировании мебели и т. д.

Гофрированный картон с гофром Е, благодаря большому количеству гофров, имеет ровную поверхность и высокую жесткость в обоих направлениях. Эти свойства обеспечивают возможность выполнения высококачественной текстовой и иллюстративной печати. В связи с этим гофрированный картон с гофром Е находит применение для изготовления разного рода потребительской тары взамен коробочного картона и используется в качестве наружного слоя многослойного комбинированного картона.

Трехслойный картон с гофром С является наиболее распространенным видом гофрированного картона. Он сочетает в себе свойства картона с гофром А и гофром В, обладая одновременно достаточной жесткостью и амортизирующей способностью, с успехом используется для упаковки различной продукции.

Особенности технологии

Технологический процесс производства гофрированного картона включает гофрирование бумаги в одном или нескольких гофрирующих узлах (в зависимости от числа слоев картона) и склеивание гофрированных слоев с плоскими слоями картона-основы с последующей сушкой и резкой готового картона на листы.

Основными материалами для изготовления гофрированного картона являются картон для плоских слоев и бумага для гофрирования. Картон для плоских слоев называют лайнером (крафтлайнер – из сульфатной целлюлозы, тестлайнер – преимущественно из макулатурного сырья). Бумагу для гофрирования за рубежом называют флютингом.

Общими требованиями к этим материалам являются равномерность всех показателей по длине и ширине листа, плотность намотки, размер рулонов. Остальные требования, в том числе и к волокнистым полуфабрикатам для их производства, имеют существенные особенности.

Так, на жесткость гофрированного картона большое влияние оказывают толщина и жесткость материала плоских и гофрированных слоев. Жесткость картона для плоских слоев и бумаги для гофрирования определяется различными методами. Для плоских слоев жесткость определяется по разрушению кольца из картона, зависит от характера применяемого полуфабриката, технологии изготовления картона, его толщины и расположения испытуемого образца относительно направления прилагаемой нагрузки. Минимальное разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении составляет от 150 до 330 Н, в зависимости от марки и толщины картона.

Жесткость бумаги для гофрирования оценивается показателем сопротивления плоскостному сжатию гофрированного образца. Метод определения этого показателя воспроизводит термическое и механическое воздействие на бумагу гофрированных валов в процессе ее переработки. Его значение зависит от следующих основных факторов: массы 1 м^2 , толщины, модуля упругости, а также волокнистого состава и технологии изготовления бумаги. Минимальное значение показателя сопротивления плоскостному сжатию бумаги для гофрирования составляет от 115 до 370 Н.

Важнейшим показателем качества картона для плоских слоев гофрокартона является абсолютное сопротивление продавливанию, так как этот показатель определяет сопротивление продавливанию гофрированного картона. Установлено, что сопротивление продавливанию гофрированного картона приблизительно равно сумме показателей для его плоских слоев. Сопротивление продавливанию зависит от массы 1 м^2 и толщины картона для плоских слоев, вида используемого полуфабриката, а также условий формования и прессования полотна картона на картоноделательной машине. Сопротивление продавливанию может быть существенно (на 15–20 %) увеличено при введении в массу катионного крахмала и других упрочняющих химических вспомогательных веществ. Минимальное значение показателя

абсолютного сопротивления продавливанию колеблется в зависимости от толщины и марки картона и составляет от 350 до 1050 кПа.

Сопротивление разрыву и сопротивление продавливанию бумаги для гофрирования обуславливают ее технологичность в процессе переработки на гофроагрегате. При прохождении через рифленые валы гофроагрегата возникают растягивающие усилия, стремящиеся деформировать и разорвать полотно бумаги. Минимальное значение показателя абсолютного сопротивления бумаги продавливанию колеблется в пределах от 120 до 450 кПа, минимальное значение удельного сопротивления разрыву – от 4,0 до 10,0 кН/м.

Увеличение и уменьшение влажности картона и бумаги выше пределов, предусмотренных стандартом – (8 ± 2) % – для картона и (7 ± 2) % – для бумаги – оказывает отрицательное влияние на условия склейки и приводит к необходимости снижения скорости гофроагрегата. Неравномерная влажность по ширине листа служит причиной коробления и расслаивания листов гофрированного картона.

Гофрированный картон изготавливается на гофрировальных агрегатах, включающих ряд скомпонованных в одну линию отдельных узлов, на которых также осуществляются отдельные операции по его переработке (рис. 33). В конечном итоге с агрегата сходят листовые заготовки картонных ящиков.

Рулоны бумаги и картона устанавливаются на раскаты 1 и 2. Разматываемое из рулона полотно бумаги через подогреватель 3 и увлажнитель 4 подается к нагреваемым паром рифленым валам узла гофрирования 6. Подогреватели для картона и бумаги представляют собой стальные барабаны диаметром 900–930 мм и длиной, превышающей рабочую ширину агрегата на 50–100 мм. Барабан-подогреватель рассчитан на нагрев поверхности насыщенным паром до температуры 185–190 °С. Для регулирования степени охвата барабана полотном картона и в целях регулирования влажности картона, поступающего на склейку, имеются два передвижных металлических вала диаметром 120–130 мм. Минимальный охват окружности барабана – 90°, максимальный – 270°. Барабан имеет привод с двигателем постоянного тока, число оборотов которого регулируется с пульта управления гофрировального агрегата, что позволяет поддерживать требуемую линейную скорость движения картона перед поступлением его в узел гофрирования.

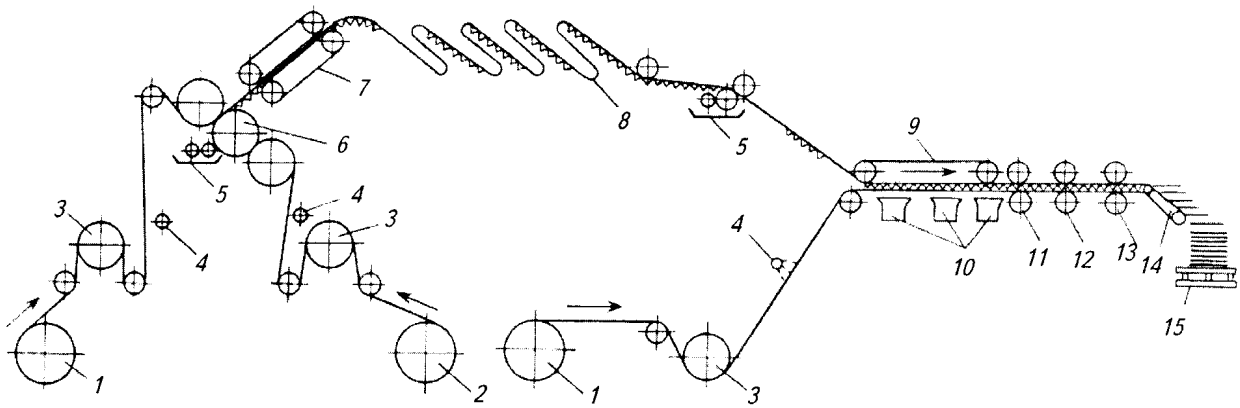


Рис. 33. Схема гофрировального агрегата:

1 – раскаты картона; 2 – раскат бумаги; 3 – подогреватели; 4 – увлажнитель; 5 – клеенаносящее устройство; 6 – узел гофрирования; 7 – конвейер; 8 – мост-накопитель; 9 – прижимной конвейер; 10 – сушильные плиты; 11 – узел продольной резки; 12 – узел продольной рилевки; 13 – узел поперечной резки; 14 – приемный транспортер; 15 – стопоукладчик

Для увлажнения картона и бумаги перед гофрированием применяются паровые увлажнители трубчатого или камерного типа. Увлажнение бумаги с одновременным ее нагревом несколько размягчает содержащееся в бумаге проклеивающее вещество и способствует улучшению проникновения клея внутрь бумаги при склеивании. Кроме того, бумага становится более эластичной, увеличивается ее способность к удлинению в процессе гофрирования и, следовательно, устраняется основная причина образования трещин. При переувлажнении бумага плохо воспринимает клей, становится рыхлой, не обеспечивает требуемую жесткость гофров. Оптимальной считается влажность бумаги перед гофрированием 7–8 %, допускается ее увеличение до 9 % . Влажность картона для плоских слоев перед склейкой должна быть ниже влажности бумаги и не превышать 7 %.

Узел гофрирования является основной частью агрегата по производству гофрированного картона (рис. 34).

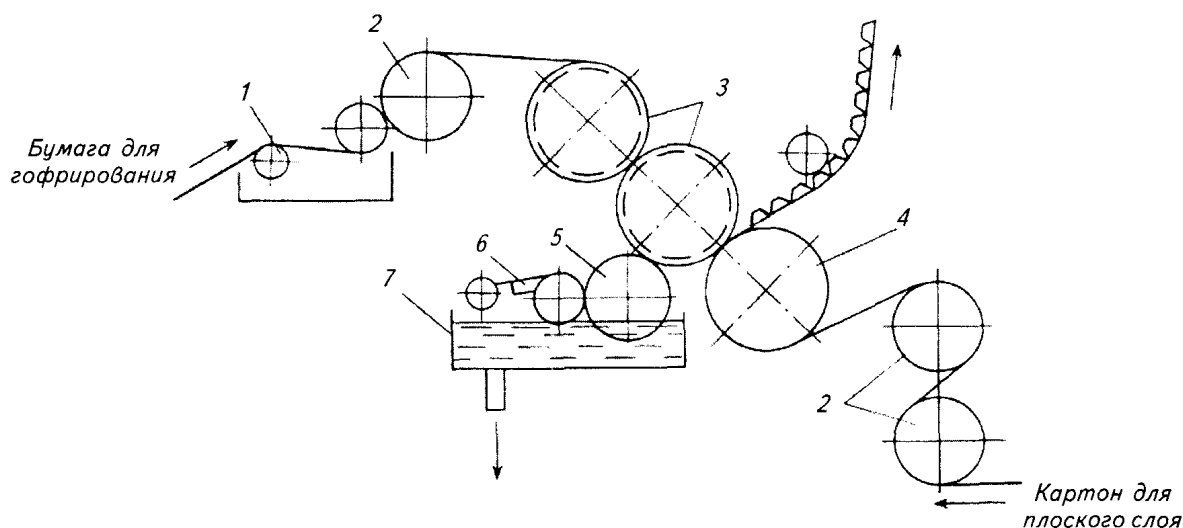


Рис. 34. Схема узла гофрирования: 1 – выравнивающий валик; 2 – валы для натяжения бумаги и картона; 3 – гофрировальные валы; 4 – прижимной вал; 5 – клеенаносящий вал; 6 – шабер; 7 – клеевая ванна

Основными деталями узла являются рифленые гофрировальные валы 3 диаметром 300–350 мм, которые изготавливаются обычно из хромомолибденовой стали. Валы всегда изготавливаются парами. Под нижним рифленным валом устанавливается гладкий прижимной вал 4 диаметром 300–360 мм. Все валы обогреваются паром давлением до 1,6 МПа, что позволяет поддерживать температуру их поверхности в пределах 180–200 °С. Зазор между рифлеными валами составляет 0,25–0,40 мм; при прохождении между ними увлажненная бумага подвергается сильному механическому и тепловому воздействию, деформируется и приобретает форму профиля зуба рифлений, образуя гофру. При этом уменьшается толщина бумаги, повышается ее жесткость и способность к восприятию нагрузок. В процессе гофрирования недопустимо разрушение структуры бумаги и целлюлозных волокон. Гофрировальные валы очищают от клея и накипи паром.

Важным элементом узла гофрирования являются пальцы (гребни). Они содействуют выходу гофрированного полотна бумаги из рифлений верхнего гофрировального вала и препятствуют его выходу из рифлений нижнего вала до соединения бумаги с плоским слоем картона. На современных высокоскоростных гофроагрегатах вместо пальцев узла гофрирования применяется вакуумная система удержания бумаги на гофрировальном валу, что позволяет кроме повышения скорости также повысить прочность картонной тары.

Последним элементом узла гофрирования является клеенаносящее устройство, состоящее из клеевой ванны 7 и двух или трех валов 5. Конструкция устройства позволяет регулировать толщину нанесения клеевой пленки, которая для крахмального клея должна составлять 0,1–0,2 мм, для силикатного – 0,2–0,5 мм. Нормальная глубина проникновения силикатного

клея в толщину бумаги – 0,03–0,04 мм. Рабочая температура клея 30–60 °С, вязкость – 30–50 с.

Заправка картона проводится так, чтобы склейка гофров бумаги осуществлялась с сеточной стороны картона. Соединенные слои (плоский и гофрированный) пропускают между валами – нижним рифленным и гладким прижимным, образовавшийся двухслойный гофрированный картон поступает на накопительный мост агрегата.

Для изготовления пятислойного картона применяется двухъярусный узел гофрирования с двумя парами гофрировальных валов либо два узла гофрирования устанавливаются последовательно. Для производства семислойного картона устанавливаются три узла гофрирования. В зависимости от числа узлов гофрирования, входящих в состав агрегата, накопительный мост может представлять собой одно-, двух- или трехъярусную металлическую конструкцию с движущимися вдоль нее хлопчатобумажными сукнами. Назначение моста – создать запас двухслойного гофрированного картона, необходимый в случае смены рулонов бумаги или картона либо временной остановки какого-нибудь узла гофрировального агрегата.

Для подготовки поверхности склеиваемых далее слоев картона используется многоярусный подогреватель, состоящий из вертикально расположенных трех-, четырехцилиндрических горизонтальных подогревателей, аналогичных по конструкции подогревателям картона и бумаги перед узлом гофрирования. Клей на вершины гофр открытой гофрированной стороны двухслойного картона, поступающего с накопительного моста, наносится клеенаносящим устройством. Для выработки многослойного картона устанавливается соответствующее число клеенаносящих устройств, через которые проходят полотна двухслойного картона. После клеенаносящего устройства происходит соединение двухслойного гофрированного картона и нижнего плоского слоя.

Образовавшийся многослойный картон поступает в сушильную часть гофроагрегата. В сушильной части полотно, прижатое к сушильным плитам сукном, транспортируется по ним и подвергается сушке.

В зависимости от скорости гофроагрегата, вида применяемого клея, слойности вырабатываемого картона температура сушки картона поддерживается в следующих пределах: 1-я группа плит – 110–140 °С; 2-я группа – 140–150 °С; 3-я группа – 150–160 °С; 4-я группа – 140–190 °С.

Заданная температура в группах поддерживается регулированием подачи пара в нагревательные плиты. Пройдя сушильные плиты, картон поступает в охлаждающую часть. В ней полотно, расположенное между двумя транспортирующими сукнами, охлаждается, одновременно выравниваются его влажность и температура, а вследствие этого предотвращается возможность коробления.

Полотно гофрокартона после сушильной части подвергается обработке в узле продольной рилевки. Нанесение рилевки является важным процессом в производстве картонной тары. Нанесение рилевки на картонные заготовки

производится рилевочными муфтами. В зависимости от вида изготавливаемого гофрированного картона, его слойности, качества исходных материалов рилевку проводят муфтами разного профиля. При этом необходимо учитывать, что увеличение ширины линии рилевки снижает сопротивление собранного ящика сжатию.

Заготовка требуемой длины отрубается на ротационном узле поперечной резки. Современные гофроагрегаты оснащены сдвоенными узлами поперечной резки, конструкция которых позволяет одновременно получать заготовки разной длины. Длина отруба регулируется без остановки машины.

Отрубленные заготовки поступают на листоукладчик. Листоукладчики бывают одно-, двух- и трехъярусные. Каждый ярус принимает заготовки определенного формата и собирает их в пачки. Операции по отбору пачек заготовок и укладке их в стопу на поддон для дальнейшей переработки на современных агрегатах полностью механизированы.

2.1.4. Производство бумажных изделий

Классификация тары

Тара для обеспечения сохранности выпускаемой продукции отличается большим многообразием как по конструкции, так и по материалам. Традиционные материалы для выпуска тары: древесина, фанера, листовой металл, стекло – имеют недостатки, такие, как большая масса, хрупкость, высокие трудозатраты на производство, достигающие 15 % стоимости некоторых товаров. Картонная гофротара отличается легкостью, гигиеничностью, удобством в обращении, эстетичностью, относительной дешевизной и меньшими затратами исходного сырья и материалов на ее изготовление.

Для классификации тары используют различные классификационные признаки:

- по функциональному назначению тара подразделяется на транспортную и потребительскую. Транспортная тара образует самостоятельную транспортную единицу или часть укрупненной транспортной единицы. Потребительская тара поступает к потребителю с продукцией и не представляет собой самостоятельной транспортной единицы;

- по конструктивным особенностям – неразборная, разборная, складная, разборно-складная тара;

- по оборачиваемости – разовая, возвратная, многооборотная.

Тара из гофрированного картона разделяется на следующие основные функциональные виды: ящики, коробки, лотки, барабаны, поддоны, контейнеры, прокладки, обечайки, вкладыши, перегородки.

Ящики из гофрированного картона являются наиболее массовой продукцией и по конструкции разделяются на следующие основные конструктивные группы: складные с четырехклапанным дном и крышкой

(рис. 35); складные с четырехклапанным дном и съемной клапанной крышкой (телескопического типа); футлярного типа; оберточного типа; комбинированные.

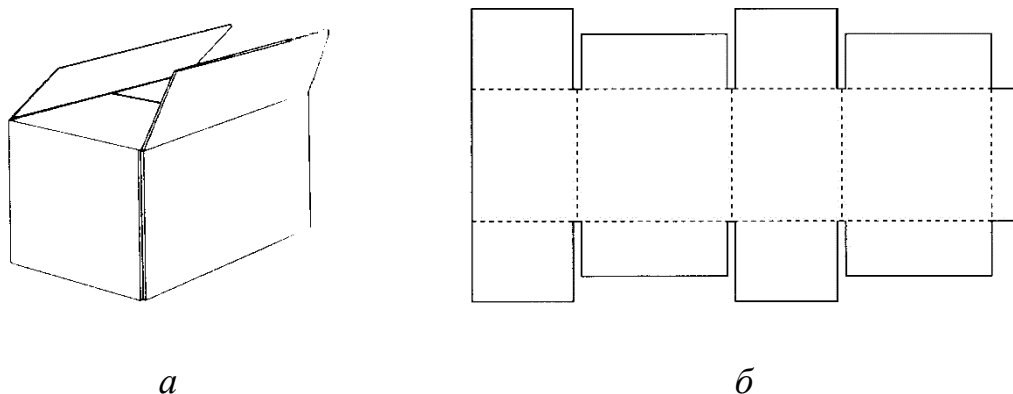


Рис. 35. Внешний вид (а) и развертка (б) ящика с четырьмя клапанами

Коробки – разовая потребительская тара с жестким корпусом разнообразной формы, с плоским дном, закрываемая крышкой съемной или на шарнире (рис. 36).

Картонные лотки по конструкции разделяются на следующие группы: складные из одной заготовки; складные из двух и более заготовок; нескладные; комбинированные (рис. 37).

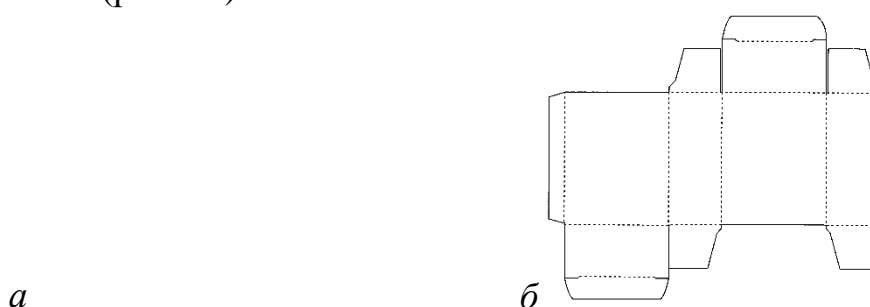


Рис. 36. Внешний вид (а) и развертка (б) коробки с реверсной заправкой торцов

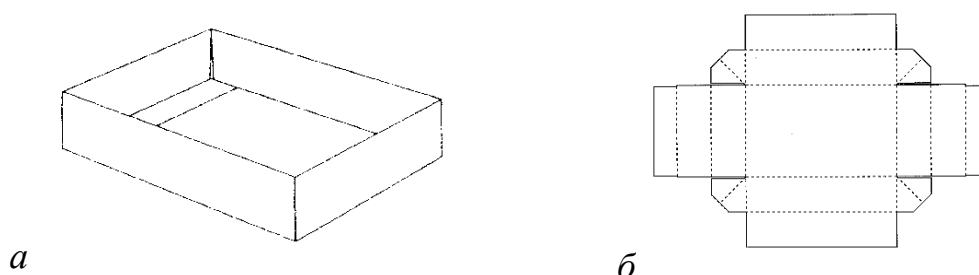


Рис. 37. Внешний вид (а) и развертка (б) лотка с самозакрывающимися двойными стенками

Барабаны из гофрированного картона предназначены для перевозки предметов цилиндрической формы (индикаторная бумага, рулонная пленка, специальный провод и т. д.) и имеют боковую стенку в виде многогранника. Барабаны разделяются на группы: 1) состоящие из одной заготовки с клапаным дном и крышкой; 2) состоящие из многогранной обечайки с торцевыми крышками.

Поддоны предназначены для пакетирования тарно-штучных грузов, образования грузового пакета, перемещения, транспортирования и хранения грузов (рис. 38). Поддоны разделяются на картонные и комбинированные.

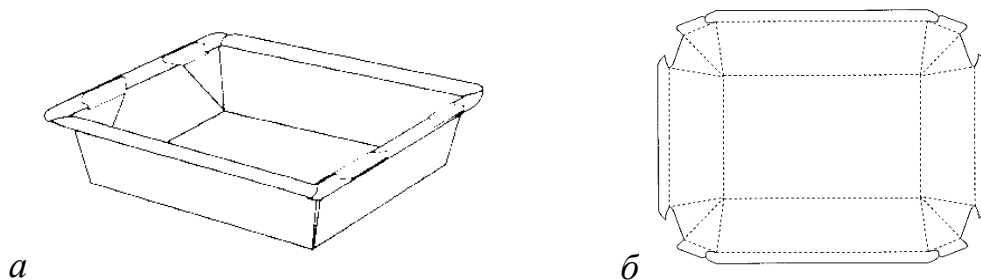


Рис. 38. Внешний вид (а) и развертка (б) поддона с термоклеевым закреплением клапанов по краю

Контейнеры предназначены для перевозки различных изделий, имеющих первичную упаковку, что позволяет создать укрупненную грузовую единицу. Контейнеры разделяют на следующие группы: складные с собираемыми опорами; со съемной крышкой; со съемной стенкой; сборные, состоящие из отдельных картонных заготовок, собираемых на поддоне. Также контейнеры могут быть использованы для получения стерильной упаковки для пищевых продуктов (рис. 39).

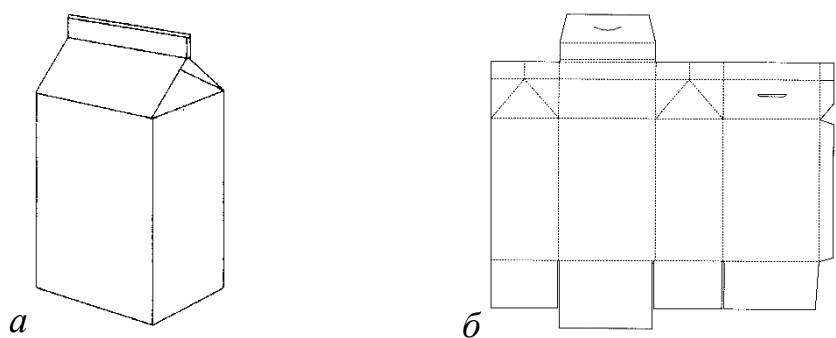


Рис. 39. Внешний вид (а) и развертка (б) контейнера для молока с защитом наверху и с просечкой для вскрытия

Прокладки, амортизаторы, решетки, вкладыши, перегородки являются вспомогательными элементами для упаковки изделий в картонную тару и служат для повышения ее прочности, обеспечения сохранности упаковываемого изделия и улучшения качества упаковки (рис. 40, 41).

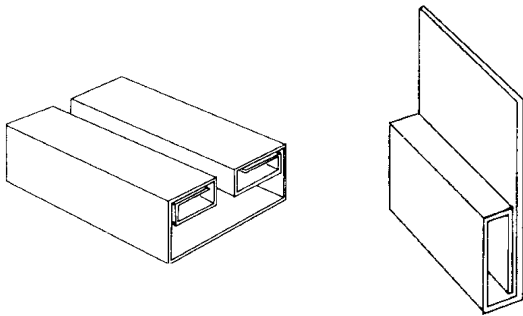


Рис. 40. Внешний вид смягчающих прокладок

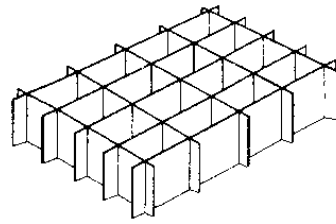


Рис. 41. Внешний вид шестнадцатисекционной широкой перегородки

Для крупных тяжелых изделий, особенно автомобильной, химической, машиностроительной и электротехнической промышленности, используют усиленную упаковку из гофрокартона. Вес груза на поддоне (паллете) может достигать тонны, а поддоны штабелируют по 2–3 в высоту. В таких случаях в упаковке зачастую используют комбинацию гофрокартона с другими материалами: вспененными пластиками, фанерой и древесиной (например, для угловых стоек). Усиленную гофротару изготавливают на основе пяти- и семислойного гофрированного картона, облицовочной бумаги с высокой массой – 1 м² (например, 400 или 440 г/м²) и адгезивов, обеспечивающих прочность упаковки в мокром состоянии. Для соединений применяют также сшивку металлическими скобками и усиленную ленту.

Для нанесения печати на упаковку из гофрокартона используют флексографию. В этом случае (как после изготовления гофрокартона, так и в процессе его производства) печать выполняют по принципу «с рулона на рулон» до гофроагрегата. В некоторых случаях используют и другие печатные процессы, например, офсетную печать, обеспечивающую высокое качество, необходимое для определенных дорогих видов упаковки, или шелкографию для небольших партий упаковки, используемых для торгово-демонстрационных стендов. Используют также самоклеящиеся этикетки с высококачественной печатью.

Переработка картона на тару и упаковочные изделия

Для изготовления коробки полученный картонный лист должен пройти три стадии:

- на лист картона наносится цветная печать, чтобы получить необходимые надписи и художественное оформление, определяемое потребителем. Кроме печати можно использовать наклейки и тиснение. Наклейки предпочтительнее использовать в случаях, когда качество листа не отвечает полиграфическим стандартам;

– вырубной штамповкой получается требуемая контурная заготовка – основной элемент коробки на плоском листе. Штампом просекаются или бигуются также линии сгиба, а излишек направляется в отходы;

– выполняются последние операции перед сборкой: вырубка, (вырезание) смотровых проемов (окон) в панелях, нанесение клея, лаковых и иных покрытий, слоев, предназначенных для защиты картонного листа от вредного воздействия среды, в которой планируется его использовать.

Перед подачей гофрокартона на переработку рекомендуется проводить его отлежку на поддонах в течение 3–4 ч. Цель отлежки – выравнивание влажности и снижение коробления листов за счет частичного снятия внутренних напряжений.

На крупных предприятиях, оснащенных высокопроизводительными гофроагрегатами, гофрокартон перерабатывается на автоматизированных поточных линиях, оснащенных автоматами для подачи заготовок в печатные секции, резательно-биговальными узлами; фальцевально-склеивающими секциями; узлами упаковки заготовок в пачки и транспортные пакеты.

На небольших предприятиях и в типографиях, изготавливающих упаковку, чаще устанавливают отдельные агрегаты. Переработка проводится на оборудовании, которое можно разделить на несколько групп: печатно-высекальные, рилеочно-резательные, фальцевально-склеивающие и фальцевально-сшивающие машины; печатно-штампующие установки; упаковочные прессы и машины.

Печатно-высекательные машины являются самым распространенным оборудованием при переработке гофрированного картона на ящики. Учитывая то, что картонные ящики имеют различные размеры, машины отличаются друг от друга по предельным форматам перерабатываемых заготовок.

Заготовки ящиков после отлежки на поддоне подаются на печатно-высекательную машину. При этом поддон ставится так, чтобы направление гофров картона после переработки было параллельно высоте ящика. Пачки заготовок с поддона поступают на узел подачи заготовок, откуда при помощи механических или вакуумных захватов картон отдельными листами подается в машину. Первая операция – нанесение печати на верхней стороне с последующей рилевкой заготовки вдоль гофры и просечкой клапанов ящика. Просечка производится специальными штанцевальными элементами, закрепленными на массивном барабане. Заготовки, проходя между вращающимся верхним барабаном со штанцевальным элементом и нижним упорным барабаном, прорезаются ножами штанцевального элемента.

Современные печатно-высекательные машины комплектуются штампующей секцией, которая обеспечивает проведение дополнительных операций: просечку отверстий, высеку ручек, высеку самозапирающегося дна ящика. Пройдя узел отбора, на котором проводится визуальное сортирование по внешним дефектам (скошенная просечка, расслаивание и т. д.), заготовки поступают в штабелеукладчик. Штабелеукладчик является отдельным устройством, не связанным жестко с печатно-просекательной машиной.

Скорость конвейера штабелеукладчика несколько меньше скорости прохождения заготовок на печатно-просекательной машине. Это позволяет ступенчато укладывать заготовки с последующим их съемом в штабель высотой до 1 м. После получения заготовки следующей технологической операцией является сшивка или склейка картонного ящика по соединительному шву.

Соединительным швом называется элемент конструкции картонного ящика, обеспечивающий жесткое соединение его стенок. Применяются следующие виды соединительного шва: сшивка проволокой, склеивание клеем, склеивание лентой, склеивание с последующей сшивкой, сшивка с последующим склеиванием лентой. Сшивка выполняется скобами из круглой или плоской проволоки. Предпочтение отдается сшивке плоской проволокой, которая обеспечивает большую прочность шва. Производительность скобосшивных машин зависит от вида соединительного шва, числа скоб на один ящик, размера заготовок и колеблется от 300 до 480 скоб в минуту.

Склеивание ящика по соединительному клапану является более прогрессивным методом соединения по сравнению со сшивкой. Основное преимущество заключается в простоте конструкции машины и более высокой производительности. Прочность клеевого шва зависит от адгезионных свойств применяемого клея и структуры поверхностного слоя склеиваемых материалов.

Образование соединительного шва при помощи ленты позволяет отказаться от соединительного клапана, что дает значительную экономию материалов. Особенно это важно при изготовлении ящиков малого размера, так как ширина клапана практически не зависит от размера картонного ящика. Кроме того, выполнение соединительного шва при помощи ленты не образует уступов от клапанов с внутренней или наружной стороны.

2.1.5. Производство мешков из бумаги

Мешочная бумага

Этот вид бумаги предназначен для изготовления мешков различного назначения. Ни один из определяемых в статических условиях показателей механической прочности мешочной бумаги, ни их совокупность не могут служить однозначным критерием для характеристики потребительских свойств мешочной бумаги в готовом изделии — бумажном мешке. На самом деле, мешок разрывается не потому, что не выдерживает массы затариваемого продукта, а потому, что он не выдерживает динамических нагрузок: ударов при падении или длительной вибрации при транспортировке.

Большинство мешков изготавливается из непропитанной мешочной бумаги для негигроскопичной продукции, эти мешки имеют марку НМ. Для защиты продукции от воздействия окружающей среды один или три слоя непропитанной бумаги (М) могут заменяться другими видами мешочной бумаги: битумированной (Б), дублированной (Д), покрытой полиэтиленом (П), армированной нитями (А), крепированной (К), влагостойкой (В). В зависимости

от требований потребителя и типа мешков применяют различные слои бумаги, эти мешки называются комбинированными (табл. 5).

Таблица 5 – Марки бумажных мешков

Марки мешков	Наименование мешков	Область применения
НМ	Непропитанные	Для негигроскопичной продукции
БМ	Битумированные	Для малогигроскопичной продукции
ВМ	Влагопрочные	Для продукции, хранящейся и транспортируемой в условиях повышенной влажности
ПМ	Ламинированные (один или два слоя бумаги, ламинированной полиэтиленом)	Для сильногигроскопичной продукции пищевых продуктов, агрессивных химикатов и продуктов, не допускающих попадания в них волокон бумаги
БМП	Комбинированные (один слой битумированной бумаги, один слой – ламинированный полиэтиленом, остальные слои – из непропитанной мешочной бумаги)	Для сильногигроскопичной продукции, агрессивных химикатов, а также продуктов, не допускающих попадания в них волокон бумаги
ВМБ	Комбинированные (один или два слоя из влагопрочной бумаги, остальные из непропитанной мешочной бумаги)	Для малогигроскопичной продукции, транспортируемый в условиях повышенной влажности
ВМП	Комбинированный мешок с одним или двумя слоями из влагопрочной мешочной бумаги, с одним слоем из ламинированной мешочной бумаги и остальными слоями из непропитанной мешочной бумаги	Для гигроскопичной продукции, агрессивных химикатов, продуктов, не допускающих попадания в них волокон бумаги при хранении и транспортировке в условиях повышенной влажности

В качестве примера могут служить типичные сочетания слоев: 6/2 – М – М – Б – Б – М – М; 5/1 – М – Д – М – М – М; 5/1 – Б – П20 – М – М – М; 5/1 – А – М – М – М – М; 4/2 – В – М – М – В. Возможно и другое расположение слоев, битумированной, влагопрочной и ламинированной полиэтиленом бумаги.

Для изготовления многослойных мешков используют специальную мешочную крафт-бумагу – прочный и долговечный материал с особыми свойствами. Она представляет собой один из наиболее прочных типов выпускаемой бумаги. Её производят из сульфатной целлюлозы, получаемой, преимущественно из хвойных длиноволокнистых пород древесины. Для повышения влагопрочности бумага в процессе изготовления подвергается проклейке специальными составами. Естественный цвет мешочной крафт-бумаги – коричневатый, от темно- до светло-коричневого, что для многих областей применения вполне приемлемо. Отбеливая волокна целлюлозы при изготовлении, можно получать белую мешочную бумагу. При её использовании для наружной стороны бумажного мешка белая бумага способствует повышению привлекательности и обеспечивает получение пригодной для нанесения печати поверхности.

Важным показателем мешочной бумаги является её растяжимость – способность к удлинению без разрушения при нагрузках в машинном направлении. Это свойство придаётся бумаге в процессе изготовления и при последующей обработке путем крепирования.

Слаборастяжимая крепированная мешочная бумага получается в процессе мокрого крепирования (обычно на БДМ), обеспечивающего растяжимость её. В результате крепирования бумага приобретает постоянные поперечные складки, становится более грубой на вид, более пористой и эластичной, чем обычная крафт-бумага.

Микрокрепированная мешочная бумага получается в результате механического воздействия на бумагу (крепирования), образующего на ней едва видимые поперечные складки. Она сильнее растягивается в машинном (продольном) направлении. У такой крафт-бумаги растяжимость в продольном направлении составляет более 10 %.

Влагопрочная мешочная бумага предназначена для изготовления мешков, которые используются для транспортирования и хранения сыпучих продуктов, овощей, минеральных удобрений в условиях повышенной влажности воздуха. Особенность её состоит в одновременном сочетании свойств водонепроницаемости и воздухопроницаемости. Влагопрочность достигается введением в бумажную массу химических добавок – синтетических смол, латексов, полиэтиленамина и других полимерных добавок. Вырабатывается массой 65–110 г/м².

Битумированная мешочная бумага предназначена для изготовления мешков под минеральные удобрения и цемент. Широкое применение битума для придания бумаге водоотталкивающих свойств, паро- и водонепроницаемости обусловлено его хорошей клеящей способностью и пленкообразующими свойствами, а также низкой стоимостью и доступностью.

Применяется битумно-масляная смесь, состоящая из 55–65 % легкоплавкого битума и 35–45 % индустриального масла. Масло выполняет функцию регулятора вязкости и клеящей способности смеси. Мешочная бумага обрабатывается битумом двумя способами: пропиткой и дублированием (склеиванием слоев). Более распространенным и эффективным способом является дублирование.

Антиадгезионная (силиконизированная) мешочная бумага представляет собой бумагу с односторонним покрытием на основе кремнийорганических соединений (силиконов). Бумага применяется в качестве внутренних слоев бумажных мешков для упаковки брикетов синтетического каучука, битума, канифоли и других материалов, прилипающих к обычной бумаге. Кроме антиадгезионных свойств, эта бумага отличается низкими показателями воздухо- и паропроницаемости.

Мешочная бумага, ламинированная полиэтиленом, предназначена для изготовления мешков под минеральные удобрения, ядохимикаты, гигроскопические сыпучие материалы и пищевые продукты, за исключением жиров, при контакте с которыми полиэтилен набухает. Ламинированная бумага обладает химической устойчивостью, влагопрочностью, низкой паропроницаемостью, имеет высокие значения показателей механической прочности. Нанесение полиэтилена на поверхность мешочной бумаги осуществляется следующими способами: экструзией, кашированием, склеиванием, нанесением из растворов и дисперсий.

Парафинированная мешочная бумага применяется в качестве среднего и внутреннего слоев в мешках, предназначенных для транспортирования гигроскопичной продукции, в том числе сыпучих химикатов, продуктов питания и других. Отличительными потребительскими свойствами этой бумаги являются паро- и водонепроницаемость.

Мировой практикой изготовления мешочной бумаги и мешков установлена в подавляющем большинстве случаев масса 1 м² мешочной бумаги 78–80 г. Для дублирования (склеивания) используется также бумага односторонней гладкости с массой 1 м² 45–50 г, а для наружных слоев мешка в отдельных случаях — мешочная бумага с массой 1 м² 90 г и редко выше.

Размол целлюлозы желательнее проводить в две-три ступени с доведением степени помола до 28–32°ШР при повышенной концентрации на первой ступени размола. Одна из возможных технологических схем подготовки бумажной массы для изготовления мешочной бумаги представлена на рис. 42.

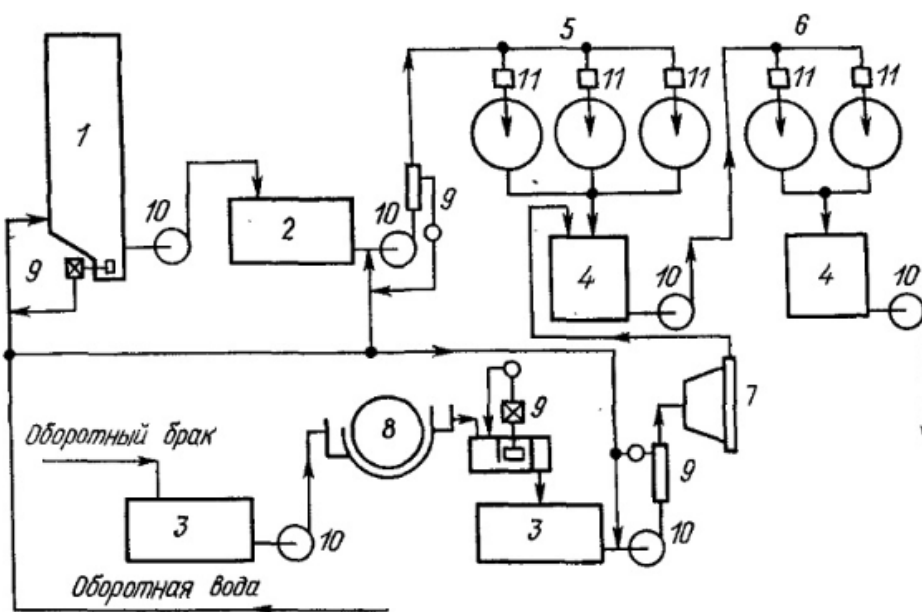


Рис. 42. Схема подготовки бумажной массы для изготовления мешочной бумаги:

1 – приемный бассейн; 2 – бассейн регулируемой массы; 3 – бассейны обратного брака; 4 – бассейны размолотой массы; 5 – мельницы первой ступени; 6 – мельницы второй ступени; 7 – энтштиппер; 8 – сгуститель; 9 – регуляторы концентрации; 10 – насосы; 11 – магнитные расходомеры

Для обеспечения высокой растяжимости мешочной бумаги полезной оказалась сушка этой бумаги в условиях, при которых усадка полотна не ограничивается его натяжением. Такие условия могут быть созданы, когда на определенном участке сушильного процесса мешочная бумага высушивается не контактным способом на бумагосушильных цилиндрах, а конвективным способом в сушильной камере, подвергаясь обдуванию горячим воздухом (рис. 43, а). Лучшие условия прохождения мешочной бумаги через камеру создаются на участке ее сушки от относительной ее сухости 60 % до сухости 85 %, т. е. в пределах ее сухости, при которых в основном и происходит усадка бумаги. На реконструируемых действующих бумагоделательных машинах подобная камера (без необходимости увеличения длины помещения бумагоделательной машины) может быть установлена в подвальном этаже (рис. 43, б). Установка подобной камеры способствует существенному улучшению качества мешочной бумаги.

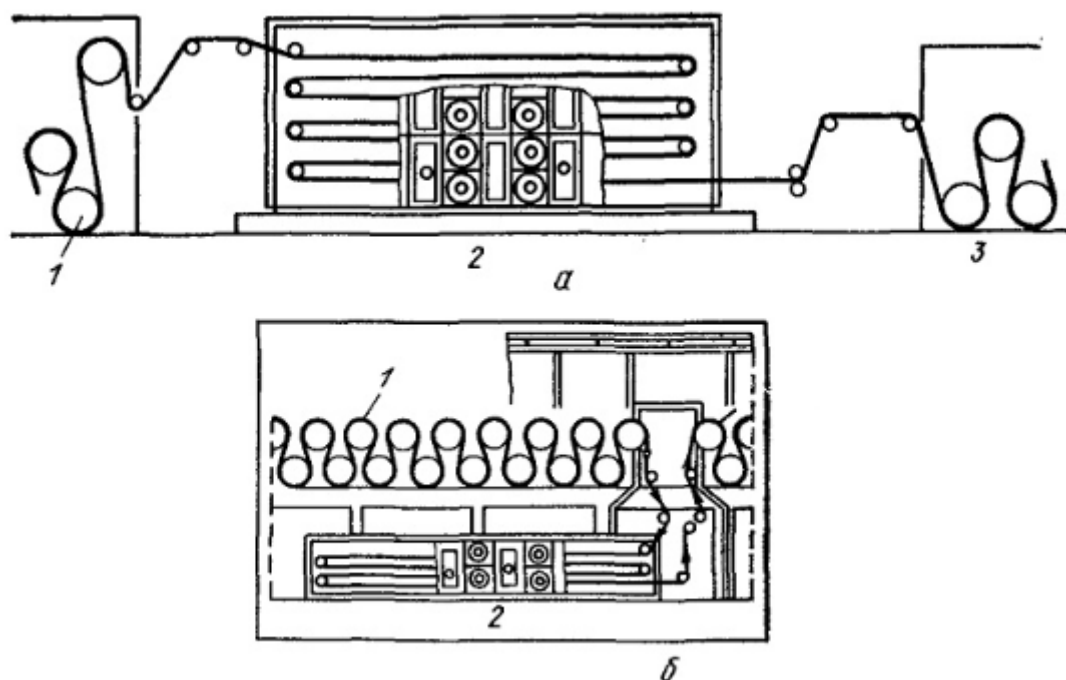


Рис. 43. Установка сушильной камеры для сушки мешочной бумаги:
а – камера непосредственно встроена в сушильную часть бумагоделательной машины; *б* – камера установлена в подвальное этаже; 1 – бумагосушильные цилиндры; 2 – сушильная камера; 3 – досушивающие сушильные цилиндры

Если в практических условиях применения бумажных мешков нагрузка распределяется равномерно на все элементы структуры бумаги, то бумажный мешок обладает повышенной устойчивостью и к ударной нагрузке. Повышение способности волокон, а также в целом структуры бумаги удлиняться способствует более равномерному распределению усилий, возникающих в бумаге при ударной нагрузке, и предотвращению чрезмерной губительной для целостности бумаги концентрации подобных усилий. Именно этим объясняется повышенная динамическая устойчивость мешков из крепированной и микрокрепированной бумаги, обладающих высокими показателями удлинения до разрыва.

В практике производства бумажных мешков по соображениям экономического характера получило большое распространение использование не крепированной, а микрокрепированной бумаги, поверхность которой к тому же обеспечивает возможность нанесения на нее печати. Применение микрокрепированной бумаги позволяет сократить число слоев в многослойных бумажных мешках при сохранении их динамической прочности, что обеспечивает существенную экономию бумаги.

Основными конструктивными признаками, определяющими вид мешка, являются: конструкции дна мешка (склеенное или сшитое), вид боковых поверхностей (с боковыми складками или без них), а также оформление горловины (открытая горловина или закрытая клапаном). Формирование дна и клапана клееных мешков происходит на дноклеильных агрегатах. Изготавливают мешки на трубочной машине (рис. 44). Трубочная машина

осуществляет нанесение клея на продольную кромку, склеивание концов, нанесение печати на наружный слой. Бумага с раската поступает на трубочную машину, в которую встроен узел нанесения печати. После нанесения печати осуществляется склейка слоев бумаги у основания, далее на узле поперечной резки нарезаются мешки и склеивается дно. Мешки поступают на ленточный транспортер, подсушивающий барабан и укладчик готовых мешков.

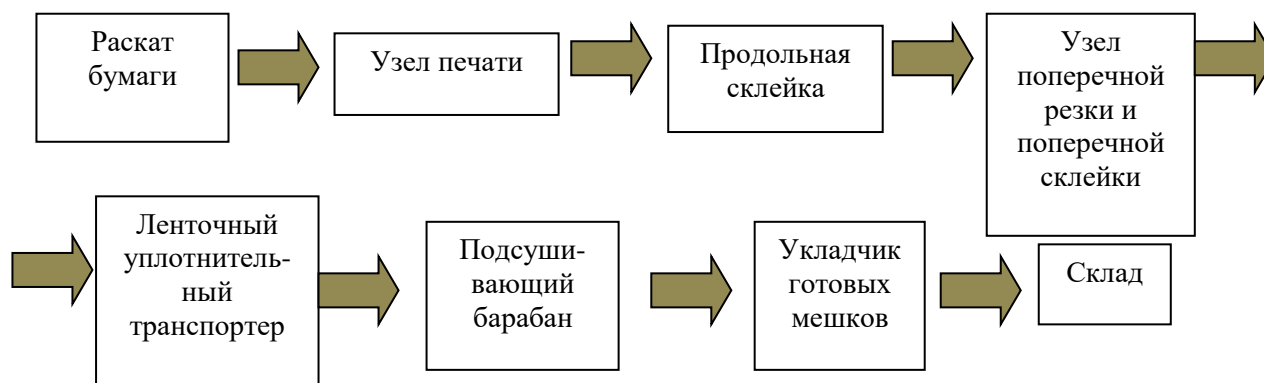


Рис. 44. Блок-схема изготовления бумажных мешков на трубочной машине

Открытые комбинированные мешки (рис. 45) могут быть сшитыми или сварными из полиэтиленового рукава или пленки, ширина которой равна формату рулонной бумаги. У герметически закрытых комбинированных мешков пленка непосредственно заваривается на специальном устройстве перед формированием трубки на трубочной машине. Емкость мешков возрастает с увеличением ширины дна.

Если для изготовления мешка принимается одинаковая поверхность бумажного полотна, то открытые сшитые мешки 100x42 см будут равны соответственно склеенным открытым мешкам формата 92x50x9 см и закрытым 84x50x13 см; те и другие изготавливают из листов формата 100x103 см. Поверхность бумажного мешка должна быть не менее 2700 см², при меньших размерах поверхности изделия относят к пакетам.

Размеры мешков обусловлены количеством заполняемой продукции (в пределах 15–50 кг), ее насыпной массой, условиями штабелирования мешков, обрезной шириной бумагоделательных машин и конструктивными параметрами трубочных машин.

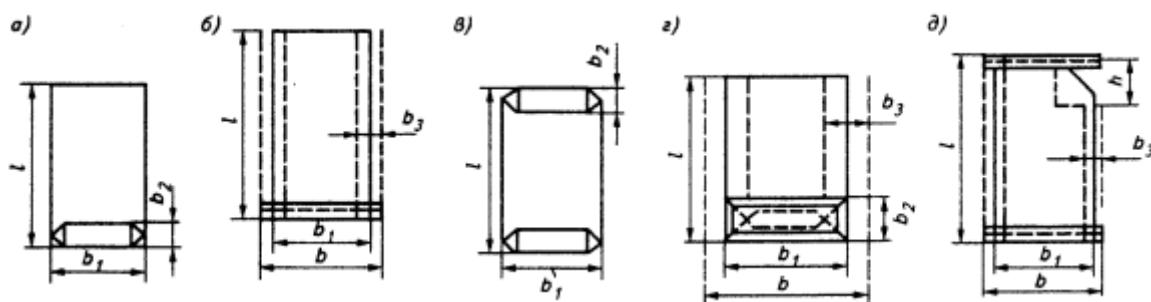


Рис. 45. Основные разновидности бумажных мешков:

a – склеенный открытый; *б* – сшитый открытый; *в* – склеенный закрытый;
г – склеенный открытый с боковыми сгибами; *д* – сшитый закрытый
(*b* – ширина мешка с развернутым внутренним сгибом; *b1* – ширина мешка;
b2 – ширина дна, клапана в склеенных мешках; *b3* – ширина складок в мешках;
l – длина мешка; *h* – высота клапана)

Многослойные бумажные мешки имеют длину $l=60-120$ см, ширину $b=50-60$ см. В зависимости от назначения они имеют различную ширину дна b_2 : у склеенных мешков для цемента она равна 9 см, для минеральных удобрений – 13 см, для легких брикетированных материалов – 21,5 см; у большинства сшитых мешков имеются боковые складки. Расстояние между внешними сгибами (фальцами) с каждой стороны b_3 преимущественно 8 ± 1 см, а в сшитых и склеенных мешках для легких продуктов глубина боковых складок увеличивается до 12 ± 1 см (табл. 6).

Длину сшитых мешков l определяют по отрубку трубки на головной части трубочной машины, длину склеенных открытых мешков – по расстоянию между отрубом и внешним сгибом дна, длину склеенных закрытых мешков – по расстоянию между внешними сгибами дна.

Таблица 6 – Основные размеры бумажных мешков

Мешки сшитые				Мешки склеенные			
l, см	b, см	b ₁ , см	b ₂ , см	l, см	b, см	b ₁ , см	b ₂ , см
Открытые							
60	61,5	53,5	8	79	–	46,5	9
80	61,5	53,5	8	84	–	51,5	9
80	50,0	42,0	8	–	–	5,0	9
82	50,0	42,0	8	92	–	5,0	13
96	51,5	43,5	8	92	–	5,0	13

100	50,0	42,0	8	95	61,5	40,0	21,5
100	64,0	52,0	12	97	–	46,5	9
100	64,5	53,5	8	100	–	51,5	9
Закрытые							
71	51,5	43,5	8	62	–	51,5	9
73	50,5	42,0	8	65	–	49,5	9
75	50,0	42,0	8	65	–	49,5	13
				65	–	46,5	9
				70	–	50,0	13
				73	–	60,0	13
78	50,0	42,0	8	78	–	50,0	13
				84	–	50,0	13
				90	–	51,0	13

Бумажные мешки вырабатываются многослойными. Общее число слоев в мешках с открытой горловиной от 2 до 6, с закрытой горловиной от 3 до 6. Число слоев и их состав определяются массой загружаемого продукта и конкретной областью применения мешка (табл. 7). По этим признакам бумажные мешки классифицируются по маркам. Расположение слоев из битумированной, влагопрочной, ламинированной, антиадгезионной и обычной мешочной бумаги устанавливается по согласованию с потребителем.

Таблица 7 – Рекомендуемое количество слоев в мешке в зависимости от массы загружаемой продукции

Масса загружаемой продукции, кг	Количество слоев в мешке, шт
50	5-6
40	4
30	3
12	2

Склеенные мешки с прямоугольным дном и глубокими боковыми складками вырабатываются только открытыми. Эти мешки предназначены для затаривания очень легких сыпучих материалов, преимущественно брикетированных.

Сшитые мешки предназначены для упаковки тяжелых и агрессивных материалов, а также для дальних перевозок и сложных условий хранения. Они дороже склеенных и более трудоемки в производстве, особенно закрытые с

клапаном, который загибается вручную. Преимуществом производства сшитых мешков является отсутствие ограничений по выбору исходной мешочной бумаги.

Буквенные обозначения в марке мешка характеризуют виды и состав слоев бумаги, из которой он изготовлен. Например: М – мешочная бумага; Н – непропитанная мешочная бумага; У – верхний слой бумаги из блененной целлюлозы; Б – битумированная мешочная бумага; П – мешочная бумага, ламинированная полиэтиленом; К – микрокрепированная мешочная бумага; В – влагопрочная мешочная бумага.

Бумажные мешки в процессе эксплуатации подвергаются воздействию разнообразных нагрузок. Наибольшую опасность для их целостности представляют собой динамические нагрузки (удары) в процессе выполнения погрузочно-разгрузочных работ.

Динамическая прочность мешков характеризуется показателем сопротивления ударам при свободном падении. Она обусловлена комплексом факторов, связанных с изготовлением, заполнением и применением мешка. К основным факторам относятся следующие: свойства мешочной бумаги; конструкция мешка; свойства упакованного продукта; степень наполнения мешка; условия эксплуатации.

Готовые мешки подвергают двум видам испытаний – испытаниям на ударную прочность при падении и эксплуатационные испытания.

Испытания на ударную прочность при падении заключаются в сбрасывании наполненных мешков с определенной высоты вплоть до их разрыва. Мешки заполняются реальным или эквивалентным ему содержимым. В ходе испытаний выполняют сбрасывание на лицевую поверхность («плоское падение») или на торцы («торцевое падение»), а также последовательность сбрасываний различного типа. Эти испытания не дают абсолютной оценки прочности мешков, поэтому они всегда должны быть сравнительными. Количество образцов для испытаний устанавливают в соответствии с планом контроля, но не менее 10 штук. Существует три способа контроля мешков с помощью испытаний падением:

Статистический метод (падение с одной и той же высоты). В этом испытании комплект мешков должен выдержать определенное количество падений до разрыва. Комплект испытываемых мешков сбрасывают с постоянной высоты, определяя среднее количество падений до разрыва.

Падение с увеличением высоты. Первое сбрасывание выполняется с минимальной (около 1,0 м) высоты и высота каждого последующего сбрасывания увеличивается на 0,15 м вплоть до разрыва мешка. Если мешки без разрывов достигают максимальной высоты сбрасывания (обычно около 2 м), сбрасывания продолжают с этой высоты до разрыва. Такой способ испытаний требует меньше времени, чем статистический метод.

Эксплуатационные (полевые) испытания. Такие испытания рекомендуется проводить, если используется система сбыта с несколькими этапами перевалки грузов. Испытания должны охватывать небольшую партию, проверяемую при отправке и после прибытия на место назначения. Анализ результатов таких испытаний должен быть направлен на определение источников повреждений,

после чего следует либо повысить прочность мешков, либо исключить конкретные факторы риска в системе сбыта и транспортирования.

Технология и оборудование производства многослойных бумажных мешков

Современное оборудование для производства мешков – это механизированные поточные линии, включающие раскаты для рулонов мешочной бумаги, трубочную машину, швейные агрегаты (для сшитых мешков), устройства для накопления и пакетирования готовых мешков. Для отдельных типов мешков поточные линии могут включать печатные секции и дноклеильные агрегаты (для склеенных мешков с широкими днищами) (рис. 46).

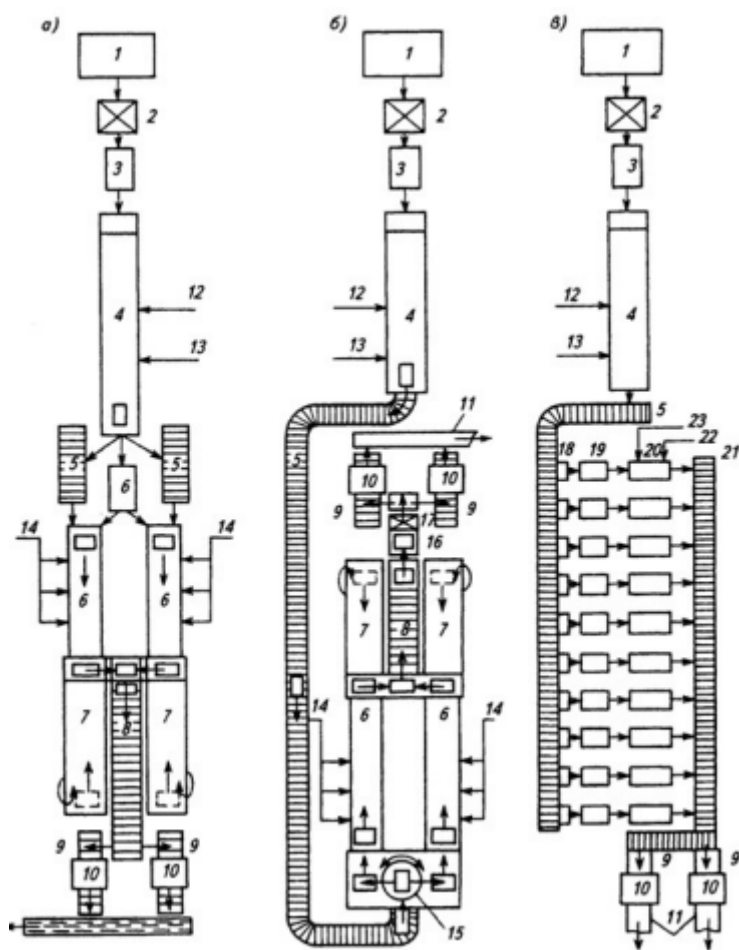


Рис. 46. Схемы технологических линий изготовления мешков:
 а, б – склеенных; в – сшитых; 1 – склад; 2 – подвесная люлька; 3 – рулоны бумаги; 4 – трубочная машина; 5 – пластинчатые транспортеры;
 6 – дноклеильные агрегаты; 7 – ленточные уплотнительные транспортеры;
 8 – пластинчатый конвейер; 9 – пластинчатые транспортеры; 10 – упаковочные прессы; 11 – транспортер; 12 – 14 – подача клея по трубопроводам;
 15 – пакетирующий элеватор; 16 – устройство для обвязки шпагатом;
 17 – слип (наклонная плоскость); 18 – столы; 19 – устройство для укладки клапана; 20 – швейные машины; 21 – ленточный конвейер; 22 – швейные нити;
 23 – креповая бумага

Рулоны бумаги поступают в мешочный цех со склада 1 в грузовых лифтах или по элеваторам с подвесными люльками 2 и распределяются между поточными линиями при помощи ленточных транспортеров или тележек, передвигающихся по рельсу, утопленному в полу.

Бумага в рулонах подбирается по видам и форматам и подается на трубочную машину 4 со встроенным в нее при необходимости узлом печати. На трубочной машине формируется и отрубается заготовка будущего мешка – трубка. Каждый слой бумаги непрерывно склеивается клеем вдоль продольной кромки мешка, а соседние слои бумаги соединяются между собой поперечной точечной склейкой на концах трубок. Поперечная склейка применяется не для всех видов мешков. Клей приготавливается и поступает в резервуары около трубочной машины по трубопроводам 12, 13 для продольной и поперечной склейки трубок.

При необходимости на каждый мешок наносят печать в одну – четыре краски. С этой целью бумагу с рулона, предназначенную для наружного слоя мешка, пропускают через печатный станок, установленный в размоточной части трубочной машины. Готовые трубки для схватывания клея выдерживают на уплотнительных пластинчатых транспортерах 5, ленточных транспортерах или поддонах. Рядом с трубочной машиной обычно устанавливают два дноклеильных агрегата 6, оборудованных поворотным устройством, направляющим трубки поперек оси машины.

Агрегаты могут состоять из двух одинаковых частей для сгибания и склеивания дна на одном или двух концах трубки, что позволяет производить либо открытые, либо закрытые мешки. Клей к дноклеильному агрегату подается по трубопроводу 14. Склеенные мешки для ускорения схватывания клея направляются на уплотнительный ленточный транспортер 7, огибают подсушивающий барабан и собираются в пачки по 20–30 штук на контрольном пункте, откуда передаются на пластинчатый транспортер 8, направляющий мешки к упаковочным прессам 10. Мешки укладываются в кипы по 500-1000 штук поочередно на одном из пластинчатых транспортеров 9 и поступают под пресс, где стягиваются стальной или синтетической лентой в кипы. Кипы мешков транспортером 11 направляются на склад. При поступлении на склад кипы снимаются с транспортера-накопителя с помощью электропогрузчиков, которые укладывают их в штабеля, а также подают в вагоны.

Схема б отличается от схемы а более высоким уровнем механизации процессов и иным расположением оборудования. По схеме б после трубочной машины мешки по уплотнительному ленточному конвейеру 5 поступают в пакетирующий элеватор 15, откуда пачками по 20–30 штук поочередно подаются к дноклеильным агрегатам 6, состоящим из двух одинаковых частей для биговки и склеивания дна по торцам трубок. После них мешки проходят через уплотнительный ленточный транспортер 7 и по пластинчатому конвейеру 8 направляются на упаковку или в машину 16 для обвязки шпагатом пакетов из 25 мешков и далее по наклонному слипу (люк, снабженный наклонной

плоскостью) на склад или к упаковочным прессам (как в схеме а) для упаковки в кипы по 500-1000 штук.

Сшитые мешки вырабатываются по схеме в. Линии для сшитых мешков имеют более простую конструкцию, чем для склеенных, но, в случае выпуска закрытых мешков, должны иметь другое отрубующее устройство. Трубки после трубочной машины поступают на ленточный транспортер и распределяются равномерно между 6–10 швейными машинами. Съем трубок с транспортера возможен вручную или автоматически. Трубки накапливаются на столах 18, выдерживаются для схватывания клея и направляются на устройство для укладки клапана 19, после чего прошиваются нитями 22 по крепированной бумаге 23 на швейных машинах 20. При необходимости во время прошивки производится герметизация швов. Готовые мешки сортируют и укладывают пачками по 20–30 штук на ленточный конвейер 21, подающий мешки на упаковочные прессы 10. Сшитые мешки упаковываются в пачки по 100 штук или кипы по 500–1000 штук. Пачки по 100 штук спускают на склад по слипу. Кипы транспортируются так же, как указано выше. Кипы сшитых и склеенных мешков обычно маркируются на упаковочных прессах.

2.2. Физико-химическая переработка бумаги и картона

2.2.1. Производство растительного пергамента

Растительный пергамент был изобретен в 1846 году Жаном Пумару и Луи Фигюе (Франция). В промышленном масштабе растительный пергамент стали выпускать в Париже в 1858 году.

Упаковка из растительных полимеров безвредна для человека, быстро разлагается в природе и не загрязняет окружающую среду, легко перерабатывается в виде макулатуры. На российском и международном рынках стабильно сохраняется тенденция увеличения капиталовложений в развитие упаковки. Все более приоритетной становится упаковка, практичная и безвредная для потребителя. Одним из таких упаковочных материалов является растительный пергамент.

Отличительная особенность пищевого пергамента по сравнению с полимерными пленками и специальными бумагами – его биологическая инертность и воздухопроницаемость, которые позволяют продуктам «дышать» и не адсорбировать посторонние запахи. Эти уникальные свойства обеспечили практически повсеместное применение его при упаковке продуктов, нуждающихся в продолжительном предохранении от сырости или высыхания, в защите от потери летучих эфирных веществ, обуславливающих вкус и запах. Поверхность пергамента не имеет никаких волокон, микроволосков и пыли. Он не растворяется в жирах и противодействует проникновению жиров сквозь упаковку, не прилипает к жирным продуктам, имеет непревзойденные барьерные качества по жиронепроницаемости среди всех существующих в

настоящее время бумаг. Это незаменимая и безопасная упаковка для предприятий быстрого питания, кафе, школ.

Растительный пергамент или пергаментная бумага (*Pergamentpapier, papier parcheminé, paper parchment, vegetable parchment*) – жиронепроницаемая и влагостойкая бумага, предназначенная для упаковывания пищевых продуктов, перевязочных материалов, изделий медицинской промышленности и другой продукции, требующей влагонепроницаемой и жиронепроницаемой упаковки, для хозяйственно-бытовых нужд и используемая в качестве основы для каширования фольгой, ламинирования и т. д.

Растительный пергамент получается обработкой непроклеенной бумаго-основы концентрированной серной кислотой с последующей отмывкой ее и сушкой. Продолжительность действия кислоты изменяется в зависимости от свойств и толщины бумаги и составляет от 3 до 12 секунд. Расход серной кислоты составляет 0,8 кг/т пергамента.

Действие серной кислоты на целлюлозные волокна, из которой состоит бумага-основа, зависит от концентрации кислоты, ее температуры и от продолжительности действия. При погружении целлюлозы на 10–20 с в 78 %-й раствор серной кислоты при комнатной температуре волокна целлюлозы набухают в поперечном направлении, укорачиваются в длину и становятся прозрачными. Поверхность бумаги покрывается плотным водонепроницаемым слоем. Этот слой уже не имеет четко выраженной волокнистой структуры и представляет собой целлюлозу, проклеенную продуктами начального гидролиза (целлодекстринами). При этом снижается удельная масса бумаги на 32–42 %, а толщина на 34–37 %.

Пергаментная бумага легко окрашивается анилиновыми и другими искусственными красителями посредством простого погружения ее в водные растворы красящих веществ.

В воде пергаментная бумага набухает с большим трудом, затем размягчается. Во влажном состоянии не подвергается гниению и имеет высокое сопротивление разрыву.

Для получения растительного пергамента используют специальную бумаго-основу. Ранее для производства растительного пергамента применялась как сульфатная, так и сульфитная беленая целлюлоза. Растительный пергамент из сульфитной целлюлозы имеет более высокую белизну, однако его механические показатели, а также жиронепроницаемость, ниже, чем у растительного пергамента из сульфатной целлюлозы, поэтому в настоящее время растительный пергамент производят преимущественно из сульфатной целлюлозы. Преимущественно бумаго-основу изготавливают из беленых видов целлюлозы, однако допускается использование взамен беленых полубеленых видов целлюлозы при условии соответствия показателей качества пергамента требованиям ГОСТ 1314-2018 (Пергамент растительный).

Основа вырабатывается неклееной, без наполнителя, с повышенной впитываемостью воды и нормируемой механической прочностью. Особенностью бумаги-основы, предназначенной для изготовления пергамента

растительного, является высокая впитываемость жидкости при значительной механической прочности.

Пропитка бумаги серной кислотой – основной технологический процесс превращения неклееной бумага-основы в растительный пергамент, который при этом приобретает необходимые технические свойства. Чем быстрее и глубже впитывает бумага-основа серную кислоту, тем выше качество пергаментации бумаги. Хорошая пергаментация улучшает качественные показатели растительного пергамента: жиро- и водонепроницаемость, воздухопроницаемость, светопроницаемость, механическую прочность.

Хорошая впитываемость бумагой-основой кислоты способствует работе пергаментной машины на более высокой скорости, то есть повышается производительность труда. Чрезмерно высокая впитываемость бумага-основы дает отрицательный результат – повышается обрывность бумажного полотна.

Просвет бумаги должен быть ровным, чтобы обеспечить получение растительного пергамента с равномерной прозрачностью. Наличие скоплений волокон обуславливает неравномерную по толщине полотна пергаментацию волокон, ухудшает показатели жиро- и водонепроницаемости, прозрачности и влагопрочности растительного пергамента.

На поверхности бумаги не допускается наличие посторонних крупинок (песка, угля, шлака), так как в процессе пергаментации они выпадают, образуя в полотне отверстия. Наличие видимых невооруженным глазом отверстий, рассеянных по полотну бумаги, увеличивает воздухопроницаемость, ухудшает жиро- и водонепроницаемость растительного пергамента. Крупные отверстия, дыры, выдиры в полотне обуславливают обрывность полотна при прохождении на пергаментной машине, что снижает производительность, увеличивает расход волокна и химических веществ на выработку растительного пергамента.

Места, где на поверхности бумаги есть капельки масла, не пергаментируются, полотно растительного пергамента покрывается белыми, беспорядочно распределенными пятнами, крапинами, снижаются прозрачность, светопроницаемость и равномерность просвета растительного пергамента.

Бумага-основа должна быть равномерной по сухости; при неравномерной сухости растительный пергамент не имеет равномерного просвета, поверхность его коробится (морщинится).

Волнистость бумага-основы при ее пергаментировании обуславливает образование морщин, складок и обрывов полотна на пергаментной машине.

Для выработки растительного пергамента применяются следующие химикаты: кислота серная техническая; сода кальцинированная; глицерин дистиллированный с плотностью при температуре 20 °С не менее 1,2604 г/см³; пероксид водорода с массовой долей пероксида 30–40 %.

При пергаментации бумага-основы протекают одновременно два процесса: физико-химический – набухание волокон, и химический – их гидролиз.

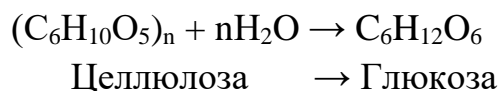
Физико-химический процесс

При действии кислоты на бумагу-основу в пергаментирующей ванне кислота пропитывает целлюлозные волокна, заполняет вначале пустоты между отдельными волокнами, затем – микропространства между фибриллами волокон и макромолекулами; разобщает их – происходит набухание. Макромолекулы раздвигаются, удаляются друг от друга межмолекулярные и внутримолекулярные связи ослабевают, а затем разрываются.

При набухании волокон физико-химическое состояние их изменяется: увеличивается внутренняя поверхность, уменьшается истинная плотность целлюлозы, возрастает гигроскопичность. С технологической точки зрения это положительный процесс, позволяющий придавать бумаге ряд технических свойств, которыми должен обладать растительный пергамент. Набухшие волокна целлюлозы из-за ослабления и разрыва водородной связи в составляющих их макромолекулах уплотняются при мокром прессовании, дают сильную усадку при сушке. В результате возрастают плотность, механическая прочность, масса 1 м² пергаментированной бумаги. При массе 1 м² бумаго-основы 58–67 г, масса 1 м² растительного пергамента достигает 66–74 г, то есть масса растительного пергамента увеличивается относительно массы исходной бумаго-основы на 10–13 %.

Химический процесс

Целлюлоза по способности гидролизироваться относится к группе трудногидролизующих углеводов. Конечным продуктом гидролиза целлюлозы является глюкоза. Реакция гидролиза целлюлозы выражается уравнением:



Гидролиз целлюлозы до глюкозы протекает не сразу. В процессе реакции гидролиза образуется ряд промежуточных продуктов. Кислотный гидролиз целлюлозы протекает по схеме: целлюлоза → гидроцеллюлоза → декстрины целлюлозы (целлодекстрины) → целлобиоза → глюкоза. Гидроцеллюлоза, образующаяся в начальной стадии гидролиза, представляет собой смесь целлюлозы и продуктов ее распада.

При химическом взаимодействии кислоты с целлюлозой при реакции гидролиза происходит набухание, а затем распад (деполимеризация) макромолекул целлюлозы; рвутся гликозидные связи, соединяющие глюкозные остатки, появляются целлодекстрины, представляющие собой обрывки макромолекул целлюлозы различной длины. В процессе гидролиза длина молекул целлодекстринов уменьшается, при достаточном количестве воды целлодекстрины распадаются до гекса-, тетра-, три- и дисахаров и в конечном итоге до глюкозы. Эти низкомолекулярные продукты гидролитического распада целлюлозы растворяются в кислоте.

Скорость гидролиза возрастает с увеличением температуры и концентрации кислоты. На практике при повышении температуры кислоты в пергаментирующей ванне выше 20 °С полотно бумаги теряет целостность, как бы растворяется в кислоте ванны; его трудно, а иногда и невозможно заправить между валами отжимного пресса. Это свидетельствует о потере волокнами структурной целостности, то есть волокна разрушены процессом гидролиза.

Обрывки полотна бумаги-основы не всегда удается извлечь из пергаментирующей ванны. Волокна целлюлозы в кислоте ванны со временем распадаются до продуктов конечной стадии гидролиза – сахаров. Они растворяются в кислоте, частично окисляются, а некоторые в виде «обрывков» волокон оседают на дне пергаментирующей ванны. Некоторое количество этих веществ уносится полотном в кислотоулавливающие ванны, далее, с отработанной кислотой – в отдел регенерации кислоты. Процесс гидролиза волокон при пергаментации крайне нежелателен.

Теоретически в процессе пергаментации бумаги желательно достигнуть разрыва водородных связей у максимального количества макромолекул и минимального укорачивания длины макромолекул целлюлозы, составляющей волокнистую композицию бумаги, то есть процесс пергаментации бумаги ограничить в рамках процесса набухания волокон. Практически это в значительной мере достигается выбором параметров режима пергаментации бумаги.

В результате процесса пергаментации волокнистая структура листа фактически исчезает, уступая место более или менее однородной студнеобразной массе, состоящей из набухших, потерявших свою форму волокон и распределенного между ними амилоида из продуктов деструкции целлюлозы.

При пергаментации бумаги серная кислота с целлюлозой и продуктами ее гидролитического распада химических соединений не образует. Кислота, содержащаяся в полотне пергаментированной бумаги, впоследствии полностью удаляется прессованием, прополаскиванием, водной промывкой и нейтрализацией полотна.

На степень пергаментации бумаги и качество пергамента влияют следующие факторы: композиция – волокнистый состав бумаги; качество бумаги-основы; концентрация кислоты; температура кислоты в пропитывающей и пергаментирующей ваннах; продолжительность пергаментации или время пребывания бумаги в кислоте.

Влияние первых двух факторов уже рассматривалось выше. Концентрация и температура серной кислоты, заполняющей пропиточную и пергаментирующую ванны, продолжительность пребывания бумаги в них обуславливаются видом вырабатываемого растительного пергамента.

Все операции по превращению бумаги-основы в растительный пергамент выполняются на пергаментной (пергаментирующей) машине: пергаментация бумаги-основы серной кислотой → промывка вначале растворами кислоты, затем водой → нейтрализация → промывка водой от щелочи → пластификация

→ сушка → каландрирование → наматывание в рулоны. Скорость машины очень низкая – 100 м/мин.

Звеньями технологического конвейера, представляющего собой мокрую часть пергаментной машины, являются ванны. В зависимости от назначения ванны оснащаются бумагопогружающими, бумаговедущими валиками, отжимными двухвальными прессами с механизмами прижима, трубчатыми холодильниками, промывными устройствами, шаберами, трубами, клапанами. Ванны и вся арматура изготавливаются из кислотостойких материалов.

Сухая часть машины состоит из сушильной части, каландров, продольно-резательного устройства и наката.

Расположение звеньев пергаментной машины:

- двухтамбурный раскат;
- ванна предварительной пропитки бумаги-основы кислотой;
- пергаментирующая ванна;
- кислотоулавливающие ванны;
- промывные устройства для отмывки кислоты;
- нейтрализационная ванна;
- промывные устройства для отмывки щелочи;
- пластификационная ванна;
- сушильная часть машины;
- каландр;
- продольно-резательное устройство;
- накат.

Ванна предварительной пропитки бумаги-основы (рис. 47) серной кислотой предназначена для удаления воздуха из толщи бумаги-основы путем одностороннего смачивания ее раствором серной кислоты.

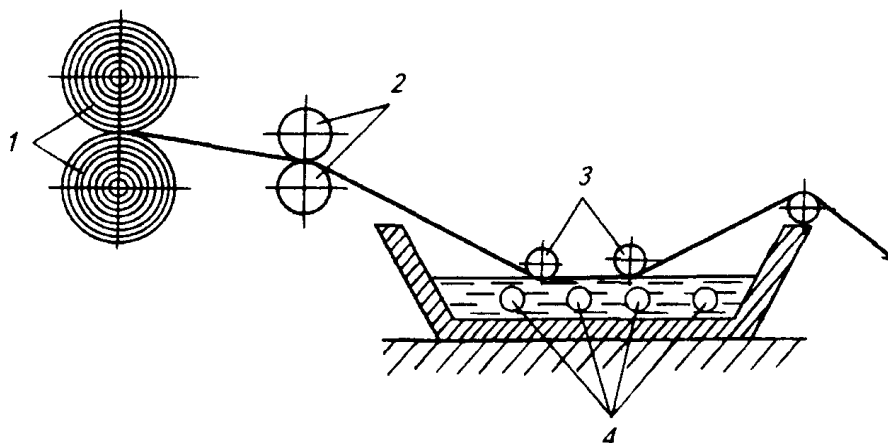


Рис. 47. Схема ванны предварительной пропитки:

- 1 – рулоны бумаги-основы на раскате; 2 – тяговый пресс;
3 – полупогруженные бумаговедущие валики; 4 – холодильные трубы

В бумаге-основе содержится 7–9 % влаги. Соединение ее с кислотой сопровождается выделением тепла, которое разогревает кислоту. Холодильные трубы 4 обеспечивают поддержание температуры кислоты, заполняющей ванну, в пределах, установленных технологическим режимом. Температурные параметры обработки бумаги-основы в ванне предварительной пропитки могут быть различными. Концентрация серной кислоты в ванне находится в пределах 64–68 %.

Бумажное полотно полупогруженными бумаговедущими валиками 3 одной стороной поверхности приводится в соприкосновение с кислотой. Продолжительность обработки бумаги-основы серной кислотой в пергаментирующих ваннах определяется глубиной погружения бумаговедущих валиков и скоростью машины.

Пергаментирующая (пергаментационная) ванна предназначена для пергаментации полотна бумаги-основы. Бумага-основа погружается в раствор серной кислоты, заполняющей ванну, и от воздействия кислоты на волокна целлюлозы бумага пергаментируется.

Длина пергаментирующей ванны должна обеспечить продолжительность пребывания полотна бумаги-основы в кислоте при работе машины с максимальной скоростью в пределах 3–8 с. Чем выше скорость работы пергаментной машины, тем длиннее должна быть пергаментирующая ванна.

Схема пергаментирующей ванны приведена на рис. 48. Холодильные трубы 4, уложенные по дну ванны, имеют такое же назначение, как и в ванне предварительной пропитки. Температура кислоты в пергаментирующей ванне поддерживается в пределах от 10 до 20 °С. Концентрация – 66–67 %. Для промывки и спуска кислоты в днище ванны вделаны тройники, на отводах которых установлены запорные клапаны и отводящие трубы из кислотостойкого материала. Полотно бумаги-основы в пергаментирующей ванне погружается в кислоту бумагопогружающими валиками 1, которые могут подниматься и опускаться. При заправке полотна валики поднимаются из кислоты, полотно бумаги подводится сначала под валики, а затем пропускается между валами отжимного пресса 3. Опускаясь, валики погружают полотно в кислоту. При выходе из кислоты, заполняющей пергаментирующую ванну, полотно бумаги увлекает значительный слой кислоты. Для снятия ее перед прессом, сверху и снизу полотна, установлены шаберы 2. После снятия поверхностного слоя кислоты бумажное полотно пропускается между двумя валами отжимного пресса, который отжимает кислоту, впитанную толщей бумаги в пергаментирующей ванне.

Валы пресса приводятся в движение от привода нижнего вала. Верхний вал соединен с механизмом подъема и спуска по вертикали, с его помощью регулируется удельное давление валов на бумагу при отжиме из нее кислоты. Удельное давление достигает 2 МПа.

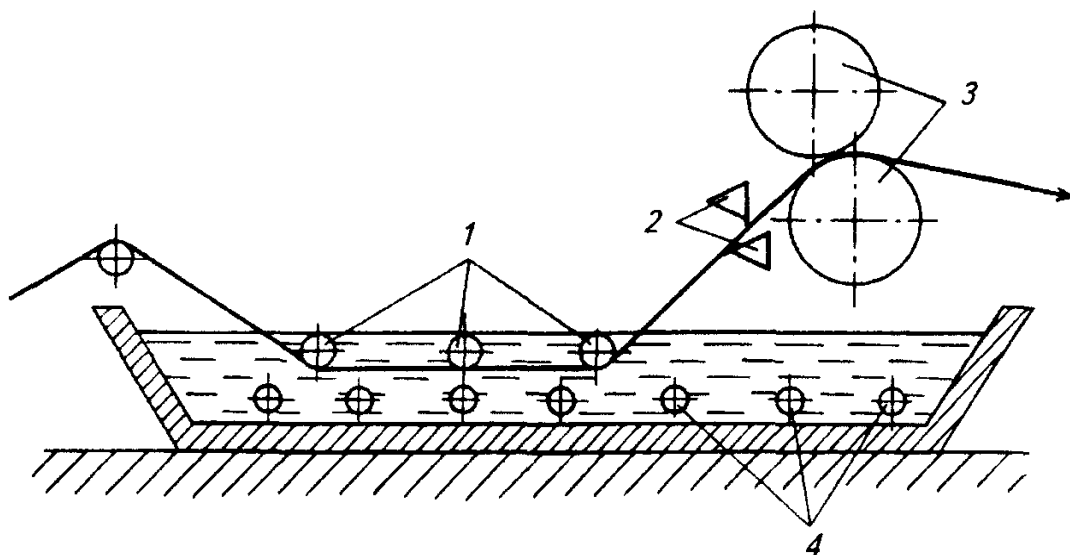


Рис. 48. Схема пергаментирующей ванны:
 1 – бумагопогружающие валики; 2 – шаберы;
 3 – отжимной пресс; 4 – холодильные трубы

Кислотоулавливающие ванны располагаются за пергаментирующей ванной последовательно, одна за другой по длине пергаментной машины. В кислотоулавливающих ваннах происходят следующие процессы: в первых трех-пяти ваннах продолжается пергаментация бумаги-основы. Затем из толщи пергаментированной набухшей бумаги серная кислота отжимается прессами, далее бумага отмывается в жидкости, заполняющей ванну. При этом увеличивается концентрация отработанной кислоты, ее плотность возрастает до 1,40–1,42 г/см³, и кислота отбирается на регенерацию. Число кислотоулавливающих ванн на различных пергаментных машинах варьируется от 6 до 10. Плотность раствора кислоты в первой кислотоулавливающей ванне должна быть не менее 1,35 г/см³, в последней – не более 1,005 г/см³.

Устройство кислотоулавливающей ванны и прохождение полотна в ней аналогично устройству пергаментирующей ванны (рис. 49). В первой кислотоулавливающей ванне устанавливается кислотоотводящая труба 8, предназначенная для отбора отработанной кислоты на регенерацию; к последней ванне подводится трубопровод подачи свежей воды в ванну.

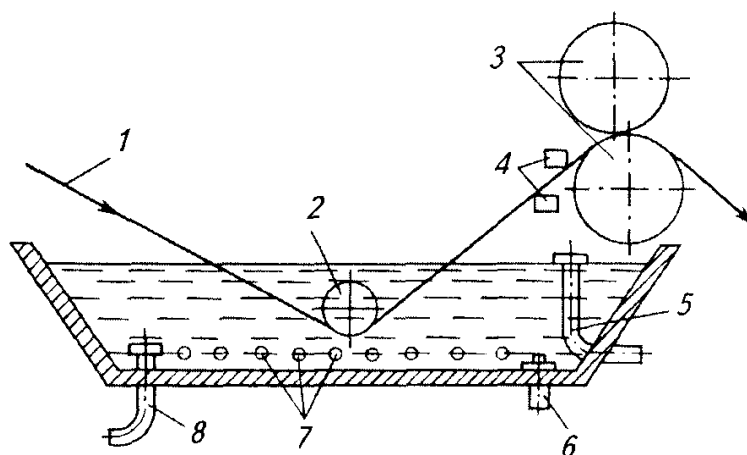


Рис. 49. Схема устройства кислотоулавливающей ванны:
 1 – полотно бумаги; 2 – бумагопогружающий валик; 3 – отжимной пресс;
 4 – шаберы; 5 – переточная труба; 6 – грязевый клапан; 7 – холодильные
 трубы; 8 – кислотоотводящая труба

Полотно бумаги движется по ваннам последовательно – от первой, прилегающей к пергаментирующей ванне, к последней, то есть от ванны № 1 до ванн № 6–10.

В процессе работы пергаментной машины кислотоулавливающие ванны заполнены кислотой, которая протекает (переливается) в направлении от последней ванны к первой – в порядке уменьшения номера ванны (рис. 50). Переток кислоты из одной ванны в другую возможен только через переливные (переточные) трубы.

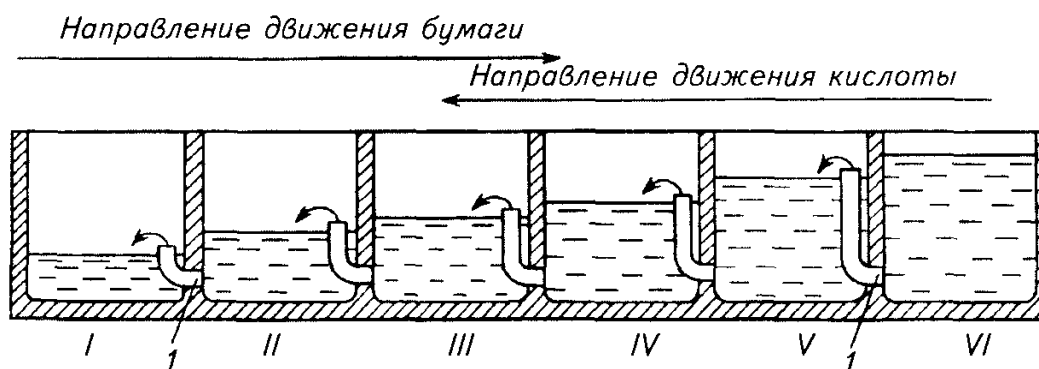


Рис. 50. Схема перетока кислоты в кислотоулавливающих ваннах:
 1 – перепускные трубы

Вдоль кислотных ванн I–VI полотно бумаги и кислота движутся в противоположных направлениях, то есть осуществляется противоточная промывка полотна растительного пергамента.

Кислотная часть пергаментной машины – пропиточная, пергаментирующая; кислотоулавливающие ванны, оснащающие их устройства,

наиболее сильно подвержены коррозии растворами серной кислоты различной концентрации и ее парами.

Промывные устройства для отмывки кислоты из полотна пергаментированной бумаги представляют собой кусты спрысковых труб. Спрысковый куст состоит из двух станин дугообразной формы. Располагаются станины на шинах пергаментной машины: одна – на лицевой, другая – на приводной стороне, друг против друга. Каждая из станин представляет собой сосуд определенной конфигурации, соединенный с водопроводной магистралью. В станинах имеются отверстия для вставки спрысковых труб, с помощью которых станины соединяются между собой.

Полотно проходит в промывном кусте, огибая бумаговедущие валики. Одна сторона полотна омывается водой из спрысков, размещенных на одной станине, другая – из спрысков другой станины. Погружение бумаговедущих валиков в смывную воду ванн облегчает их вращение, но при этом полотно бумаги погружается в ванну, содержащую смывную с бумаги кислоту, что ухудшает эффект отмывки кислоты. Для интенсификации процесса промывки между группами промывных кустов устанавливаются двухвальные прессы, как в кислотоулавливающих ваннах.

Спрысковая вода с промываемого полотна растительного пергамента стекает в ванны, установленные под спрысковыми кустами; из ванн кислая промывная вода направляется в установки для нейтрализации. Промывка осуществляется конденсатной или фильтрованной водой температурой 20–25 °С.

Нейтрализационная ванна служит для обработки полотна бумаги раствором щелочи, чтобы удалить остатки кислоты в бумаге после промывки водой.

Нейтрализационная ванна (часто называемая содовой) представляет собой сдвоенную ванну, в каждом отделении которой имеется по одному бумагопогружающему валику 2 (рис. 51). Над вторым отделением ванны установлены шаберы 3 для снятия раствора щелочи с поверхности полотна и двухвальный отжимной пресс 4. Для поддержания постоянства температуры раствора нейтрализатора на дне ванны размещается подогревающий трубчатый змеевик 5. Поперек ванны размещены спрысковые трубки 1 для распыления нейтрализующего раствора на обе стороны поверхности полотна бумаги по всей ее ширине. Внутренность ванны облицована щелочеустойчивым термопластичным материалом, не подвергающимся коррозии.

Кислота, оставшаяся в растительном пергаменте, нейтрализуется в ванне водным раствором кальцинированной соды Na_2CO_3 с концентрацией 1,0–1,1 % и температурой 30–35 °С. Значение показателя рН содового раствора находится в пределах от 9 до 12.

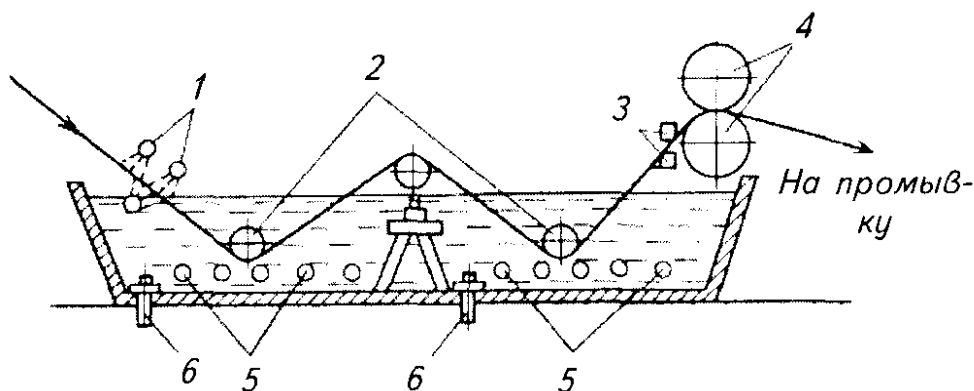


Рис. 51. Схема нейтрализационной ванны:

- 1 – спрысковые трубки для подачи раствора соды;
 2 – бумагопогружающие валики; 3 – шаберы; 4 – двухвальный отжимной пресс; 5 – змеевик для подогрева раствора; 6 – грязевые клапаны

Промывное устройство для отмывки щелочи водой имеет такую же конструкцию, как и описанные выше промывные устройства для отмывки кислоты из полотна пергаментированной бумаги. Если устанавливаются два промывных устройства, то в спрыски первого устройства подается механически очищенная вода, а в спрыски второго – химически очищенная вода. Температура воды 25–30 °С.

Пластификационная ванна (рис. 52) предназначена для обработки растительного пергамента (после промывки его от щелочи) химическим раствором. Чаще всего это раствор глицерина концентрацией 8–10 % при температуре 30–40 °С. Обработка производится в целях уменьшения жесткости, ломкости, повышения гибкости, эластичности пергамента в сухом состоянии.

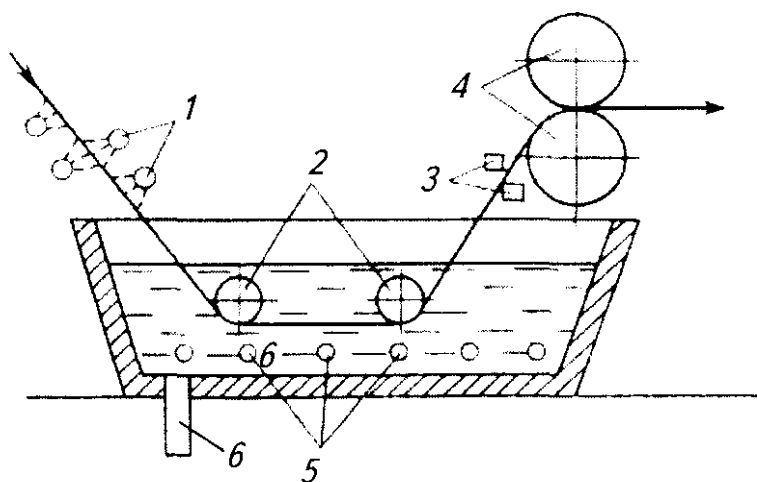


Рис. 52. Схема пластификационной ванны:

- 1 – паровые спрыски; 2 – бумагопогружающие валики; 3 – шаберы;
 4 – двухвальный отжимной пресс; 5 – змеевик для подогрева раствора;
 6 – грязевый клапан

В ванне установлены бумагопогружающие валики 2, а у конечной стенки размещен двухвальный отжимной пресс 4 с шаберами 3. Перед пластификацией полотно бумаги может подогреваться, для этой цели устанавливаются паровые спрыски 1.

Сушильная часть пергаментной машины аналогична сушильной части бумагоделательной машины. Для удаления влаги полотно растительного пергаментов с отжимного пресса пластифицирующей ванны с содержанием 1,5–2,0 кг воды на 1 кг растительного пергаментов поступает в сушильную часть машины.

Сушильная часть пергаментной машины состоит из вращающихся, обогреваемых изнутри паром бумагосушильных и сукносушильных цилиндров, а также холодильных цилиндров.

Бумагосушильные цилиндры размещаются в шахматном порядке в два яруса. Полотно пергаментной бумаги, огибая цилиндры, прилегает к их поверхности попеременно то одной, то другой стороной. Температура поверхности сушильных цилиндров первой группы должна составлять 50–60 °С, постепенно повышаясь до 100–105 °С и на последних цилиндрах снижаясь до 70 °С. Температура поверхности холодильных цилиндров должна составлять 15–18 °С.

Сукносушильные цилиндры располагаются сверху и снизу бумагосушильных цилиндров, устройство их такое же, как и у бумагоделательных машин. В настоящее время сушильные сукна часто заменяют синтетическими сушильными сетками.

Пергаментная машина имеет машинный каландр (иногда устанавливается полусухой машинный каландр), после которого полотно поступает на накат барабанного типа. С наката рулон растительного пергаментов по ленточному транспортеру (после взвешивания на весах) поступает на продольно-резательный станок, где происходит резка растительного пергаментов на заданные форматы.

После резки растительный пергамент, при необходимости, упаковывается во влагопрочную бумагу или пленку (чтобы при хранении не набиралась влага) и поступает на рулонно-упаковочную линию, где рулоны упаковываются в картон. В таблице 8 представлены виды растительного пергаментов.

В листовом пергаменте не допускаются складки, полосы, разрывы и деформированные кромки. В рулонном пергаменте допускаются малозаметные складки, полосы и деформированные кромки, если показатель этих внутрирулонных дефектов не превышает 2 %.

Составляющие вещества (материалы) в композиции пергаментов должны быть разрешены для применения при контакте с пищевыми продуктами национальными органами санитарно-эпидемиологического надзора.

Таблица 8 – Основные параметры, марки и размеры пергаменты

Группа пергаменты	Марка пергаменты	Применяемость
Пищевой	А, масса пергаменты площадью 1 м ² 60–68 г	Для упаковывания пищевых продуктов, автоматического и ручного фасования сливочного масла, маргариновой продукции и других пищевых жиров монолитом, для запекания
	Б, масса пергаменты площадью 1 м ² 53–59 г; В, масса пергаменты площадью 1 м ² 47–52 г	Для упаковывания, автоматического и ручного фасования сливочного масла, маргариновой продукции и других пищевых жиров, концентратов, творожно-сырковых, кондитерских изделий, а также других пищевых продуктов в замороженном виде
	О, масса пергаменты площадью 1 м ² 35–75 г	В качестве прокладок при упаковывании пищевых продуктов в крупногабаритную тару, для ручного фасования пищевых продуктов, хозяйственно-бытовых нужд и других целей
Медицинский	М, масса пергаменты площадью 1 м ² 53–59 г	Для упаковывания перевязочных материалов и изделий медицинской промышленности, в том числе и стерилизации
Дуплекс	Д, масса пергаменты площадью 1 м ² 38–46 г	В качестве основы для металлизирования, каширования, ламинирования, силиконизирования, а также для упаковывания пищевых продуктов, требующих влагонепроницаемой и жиронепроницаемой упаковки, для технических и других целей
Натуральный	К, масса пергаменты площадью 1 м ² 50–60 г	Для выстилания изнутри металлических банок при консервировании крабов

2.2.2. Производство подпергамента

Подпергамент – тонкая бумага, изготовленная из целлюлозы жирного помола, обладающая ограниченной жиропроницаемостью и высокой механической прочностью; используется для упаковывания пищевых продуктов автоматического и ручного фасования.

Подпергамент обладает высокой экологичностью. Это объясняется тем, что подпергамент, изначально разработанный для хранения продуктов, не содержит в своем составе вредных веществ или пропиток, способных нанести вред здоровью. Подпергамент нетоксичен, не выделяет вредных веществ при горении и гниении. Именно поэтому подпергамент считается экологичным видом упаковки и перерабатываемым сырьем. Подпергамент на сегодняшний день производится в очень большом количестве, чтобы покрыть возрастающую потребность в нем.

Подпергамент можно использовать в качестве упаковки, в частности, при производстве пакетов для упаковки жирных продуктов или творога.

В отличие от традиционной полиэтиленовой упаковки, подпергамент имеет ряд преимуществ:

- хранение продуктов, исключая попадание в них вредных веществ. При попадании в организм человека подпергамент разлагается в желудке и не причиняет вреда;

- возможность использования для продажи порционных блюд. Особенно это актуально для пирожных и других кондитерских изделий. Подпергамент в этом случае более предпочтителен, если продукт будет употреблен немедленно или перенесен на небольшое расстояние;

- более гигиеничен. Жирная пища, упакованная в полиэтилен, обязательно оставит на нем жирные разводы. Упакованная в подпергамент жирная пища сохраняет эстетичный внешний вид, вкус и запах оригинального продукта. Ко всему прочему, подпергамент впитывает некоторое количество жира по истечении определенного времени и тем самым предотвращает его растекание по пакету;

- является дышащим материалом, то есть он обеспечивает естественную циркуляцию воздуха и его приток к пище. Это особенно важно для свежих и горячих продуктов, которые таким образом могут продолжить естественный цикл остывания. Полиэтилен справляется с этой задачей гораздо хуже, а если учесть, что он плавится при 60 °С, то использовать его для упаковки горячих продуктов и вовсе не рекомендуется;

- возможность использования для запекания пищи или подогревания ее в микроволновой печи. Полиэтилен для таких целей не подходит, так как очень быстро плавится и делает пищу непригодной к употреблению. Свойство подпергамента не пропускать жир и влагу – важное качество при разморозке продуктов;

- экологически чистый материал, его повторная переработка не представляет трудностей. Он может быть использован в качестве вторсырья для

производства бумажных товаров народного потребления. В то же время, готовый подпергамент обязательно проходит сертификацию в органах Госсанэпиднадзора на предмет наличия вредных соединений или несоблюдения технологии производства;

– на подпергаменте можно печатать экологически безопасными красками методом флексографии. Это позволяет использовать полноцветные графические изображения на его поверхности без потери экологичности материала. Подпергамент с подобными изображениями используется различными брендами для обозначения своей продукции.

В зависимости от назначения и технических показателей подпергамент изготавливается следующих марок (табл. 9).

Таблица 9 – Марки подпергамента

Марка	Применяемость
ЖВ Жировлагостойкий с поверхностной обработкой	Для автоматического упаковывания сливочного масла, маргарина, жира, пищевых концентратов и другой продукции со значительным содержанием жира, а также в качестве основы для каширования алюминиевой фольгой
ПЖ Жиростойкий с поверхностной обработкой	Для автоматического упаковывания преимущественно выпечных кондитерских изделий и пищевых концентратов с небольшим содержанием жира, а также в качестве основы для каширования алюминиевой фольгой
П Жиростойкий без поверхностной обработки	Для упаковывания в розничной торговой сети различных пищевых продуктов с небольшим содержанием жира. Для выстилания крупногабаритной тары для пищевых продуктов

Особенности технологии подпергамента

Для производства подпергамента необходима целлюлоза, обладающая хорошей способностью к гидратации и фибрилляции при размоле, то есть пригодная для физико-механической пергаментации в процессе размола.

Способность целлюлозы к пергаментации при размоле оценивается коэффициентом пергаментации, представляющим собой произведение степени помола, при которой достигается высокая жиронепроницаемость бумаги, на продолжительность размола до этой степени помола в минутах. Принято называть порогом пергаментации коэффициент пергаментации при жиронепроницаемости по трансформаторному маслу 0–5 мг. Чем меньше порог пергаментации целлюлозы, тем больше она подходит для производства подпергамента.

Способность волокон целлюлозы к фибриллированию возрастает с увеличением содержания низкомолекулярных фракций со степенью полимеризации менее 200, в состав которых входят природные гемицеллюлозы

(пентозаны, гексозаны и полиурониды), а также деструктурированная целлюлоза. Обладая большой гидрофильностью, высокой способностью к набуханию и малой длиной молекулярных цепей, эти фракции пластифицируют волокна целлюлозы, облегчают фибриллирование волокон при размоле и способствуют гидратации, создавая этим благоприятные условия для формирования малопористой, плотной структуры листа. Имеют значение не только общее содержание низкомолекулярных фракций, но также их химический состав и степень полимеризации.

Существует зависимость между условиями получения целлюлозы и способностью ее к пергаментации при размоле. Подпергамент более высокого качества получается из целлюлозы, сваренной по низкотемпературному режиму варки (максимальная температура варки 122–125 °С) при повышенном содержании в варочном растворе связанного SO₂ (1,20–1,25 %).

Целлюлоза для производства подпергамента должна обладать высокой способностью к гидратации и фибрилляции при размоле, поэтому целесообразно использовать целлюлозу, не подвергнутую сушке.

Способность сульфитной целлюлозы к жирному размолу определяется комплексом факторов: химическим, фракционным составом и морфологическим строением волокна.

Размол целлюлозы происходит в аппаратах гидратирующего действия по непрерывной схеме до высоких степеней помола. На каждом предприятии в зависимости от требований к подпергаменту и характеристик исходного сырья применяется своя схема размола бумажной массы. В настоящее время для подготовки бумажной массы в производстве подпергамента все чаще стали использоваться дисковые мельницы, обладающие рядом преимуществ по сравнению с коническими. Дисковые мельницы могут работать при высоких концентрациях массы (от 6 до 30 %), оказывают высокое гидратирующее и фибриллирующее воздействие на волокно без значительного укорочения его. Удельный расход энергии в дисковых мельницах на 15–25 % ниже, чем в конических.

Подготовку бумажной массы можно проводить по непрерывной схеме в две ступени. На 1-й ступени размола устанавливаются сдвоенные дисковые мельницы, обладающие большой размалывающей способностью и обеспечивающие требуемую степень разработки и гидратации волокна. На 2-й ступени используются конические мельницы с литой гарнитурой.

Для предотвращения смоляных затруднений перед размолом в приемный бассейн непрерывно подается тальк из расчета 1–3 % от а.с. волокна, а в машинный бассейн – раствор глинозема в количестве 3–6 %. Тальк адсорбирует частицы смол и препятствует их слипанию. Это свойство талька используется для устранения смоляных затруднений при производстве некоторых видов бумаги, в том числе и подпергамента. На степень белизны талька влияет его гранулометрический состав, который достигается соответствующим размолом и последующей классификацией. Обычно применяется тальк марки А с белизной не менее 80 %.

В некоторых случаях (в соответствии с пожеланиями потребителей) для повышения устойчивости подпергамента при упаковке продуктов повышенной влажности, а также для улучшения склеивания из него пакетов водорастворимыми клеями, его проклеивают канифольным клеем.

После размола масса со степенью помола 75–80 °ШР поступает в бассейн размолотой массы и затем – на домалывающую коническую мельницу с литой гарнитурой.

Очистка массы высокой степени помола может производиться в две или три ступени на центриклинерах с деаэрацией в декулаторах или комбинированных установках – декулаторах-клинерах и далее в сортировках закрытого типа. Удаление воздуха из массы необходимо для предотвращения пенообразования в напорном ящике и на сетке бумагоделательной машины, улучшения условий формования и обезвоживания бумажного полотна. После очистки масса концентрацией 0,35–0,45 % поступает на бумагоделательную машину.

Подпергамент вырабатывается на длинносеточных машинах, рассчитанных на выпуск бумаги высокой степени помола. Современные машины для выработки подпергамента работают на скорости 200–500 м/мин. Машины оборудованы напорным ящиком, имеющим напорное устройство с воздушной подушкой, тремя распределительными валиками и коническим выпускным коллектором.

1. Сеточный стол машины имеет длину 19 000 мм, ширину 4 800 мм и оборудован трехсекционной формующей доской, 25–28 гидропланками, обеспечивающими плавное обезвоживание, особенно в начальной зоне сеточного стола, что способствует максимальному удержанию мелочи и благоприятствует получению подпергамента плотной сомкнутой структуры. Машина снабжена 10–14 отсасывающими ящиками, вакуум в которых повышается постепенно, и отсасывающим гауч-валом.

2. Прессовая часть машины состоит из 4–5 прессов, из которых первые два – отсасывающие, причем первый пресс иногда имеет сдвоенное сукно. Для повышения сухости бумажного полотна в прессовой части устанавливают пресс Venta-Nip и пресс высокой интенсивности Hi-I-Nip с использованием иглопробивных сукон. Эти сукна обладают повышенной прочностью (масса 1 м² их около 1200 г), хорошей пропускной способностью и не вызывают маркировки. Содержание синтетических волокон в таких сукнах достигает 75 %. Особенность конструкции прессы Venta-Nip заключается в том, что на нижнем валу с твердой резиновой облицовкой нанесены спиральные канавки. Вода, отжимаемая прессом, попадает в канавки и удаляется из них под воздействием центробежной силы, а также с помощью шабера. Пресс Venta-Nip устанавливается в положении второго, третьего и иногда четвертого прессы.

Пресс высокой интенсивности Hi-I-Nip имеет небольшой стальной желобчатый валик, расположенный между двумя прессовыми валами, из которых верхний вал гранитный или стонитовый, а нижний облицован резиной твердостью 20–30 пунктов по Пуссей-Джонсу. Желобки служат для удаления

отжимаемой из полотна воды. Эффективность действия этого пресса основана на интенсификации отвода отжатой воды и уменьшении зоны прессования благодаря малому диаметру желобчатого валика, в связи с чем в прессе возрастает удельное давление на бумажное полотно.

Пресс высокой интенсивности устанавливается в положении третьего пресса. Использование такого пресса при выработке подпергамента на машине шириной 4800 мм позволяет повысить сухость бумажного полотна с 27 до 31 % при линейном давлении 4,0–4,5 МПа. Это способствует увеличению производительности машины в целом на 15 % при экономии пара около 13 %.

3. Сушильная часть состоит из 40–60 сушильных цилиндров. После первой трети сушильных цилиндров иногда дополнительно устанавливается двухвальный полусухой каландр.

Полусухой каландр предшествует клеильному прессу и устанавливается для дополнительного уплотнения и сглаживания поверхности бумажного полотна. Благодаря этому уменьшается расход проклеивающих веществ и изменяется характер нанесения покрытия при последующей поверхностной обработке бумажного полотна на клеильном прессе. Проклеивающее вещество в этом случае в меньшей степени впитывается в толщу листа и в большей степени остается на поверхности бумаги, что способствует образованию тонкой ровной пленки. Сухость полотна бумаги при пропуске через полусухой каландр составляет 55–65 %.

Для повышения жиростойкости подпергамента путем обработки растворами различных веществ после второй трети сушильных цилиндров устанавливается клеильный пресс – горизонтальный или наклонный. Для поверхностной обработки подпергамента применяются следующие вещества:

- растворы окисленного или модифицированного крахмала 5–10 %-й концентрации, вязкостью от 100 до 600 МПа·с;

- растворы альгината натрия 2 %-й концентрации; могут использоваться также совместно с раствором крахмала и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы Na-КМЦ;

- растворы натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) 2 %-й концентрации;

- очищенный продукт с содержанием карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) около 98 %, степенью замещения 0,6–0,7 и вязкостью 2 %-го раствора от 200 до 500 МПа·с.

Масса сухого вещества 1 м² подпергамента при обработке на клеильном прессе вышеперечисленными веществами повышается на 0,5–2,0 г. Температура поверхности сушильных цилиндров повышается от 40 до 105 °С (до температуры клеильного пресса). Температура сушильных цилиндров, расположенных после клеильного пресса, не превышает 60 °С, затем постепенно повышается до 100–105 °С и снова понижается перед накатом. Первый сушильный цилиндр после клеильного пресса должен быть хромированным во избежание прилипания бумажного полотна.

Охлаждается бумага на холодильных цилиндрах или на каландре. Машины оборудованы 5–6-вальными каландрами с регулируемой бомбиривкой нижнего вала и охлаждающим шабером. Между каландром и накатом расположены электронные приборы для определения массы 1 м², влажности.

Удельные нормы расхода на 1 т подпергамента: целлюлозы – 1025 кг; талька – 6 кг; сернокислого глинозема – 15 кг; электроэнергии – 1400 кВт·ч; пара – 5 Гкал.

2.2.3. Производство пергамина

Пергамин – тонкая полупрозрачная бумага, обладающая высокими показателями механической прочности, жиро- и маслонепроницаемости. Пергамин выпускается следующих марок:

- марка ПБ – белый,
- марка ПУ – упаковочный,
- марка ПК – для бумажной кальки.

Пергамин используют для выстилки картонных и деревянных ящиков, предназначенных для упаковки невлажных продовольственных продуктов (до 15 % влажности), для упаковки медикаментов и изготовления бумажной кальки.

Отличается от подпергамента высокой прозрачностью и имеет глянец. Это достигается жирным помолом целлюлозы (80–85 °ШР) и интенсивным каландрированием бумаги. Для каландрирования применяются сатинировальные каландры, работающие при высокой скорости и температуре валов. В производстве пергамина не используется проклейка, поэтому он не обладает влагопрочностью. Пергамин можно окрашивать субстативными красителями.

Цветной пергамин применяется для обертки под рыбу, шоколад с начинкой, торты, защитной обертки для фотобумаги, книг, мыла и т. д.

РАЗДЕЛ 3. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 АНАЛИЗ БУМАГИ С ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Стандартные методы испытаний:

Перед испытанием образцы должны быть кондиционированы при стандартных условиях, после чего определяют:

- массу квадратного метра;
- толщину;
- сопротивление разрыву и удлинение;
- сопротивление раздиранию;
- воздухопроницаемость.

Методы испытаний описаны в руководстве по выполнению лабораторных работ. Сопротивление разрыву и раздиранию определяют только в продольном направлении.

Нестандартные методы испытаний:

1. Определение промокаемости бумаги

Метод основан на способности бумаги пропускать сквозь толщу листа водные растворы.

Аппаратура и материалы:

- ванночка;
- секундомер;
- раствор карбоната натрия (10 %-ный);
- метилоранж.

Выполнение испытания

Из образца бумаги размером 50×50 мм, отгибая края сверху, образуют корытце с полимерным слоем наружу, которое осторожно опускают в ванночку с 10 %-ным раствором карбоната натрия, подкрашенным индикатором до ярко-оранжевого цвета. В момент опускания корытца включают секундомер, который останавливают в момент прохождения раствора сквозь толщу образца по всей площади (но не с угла).

Показатель промокаемости выражается в секундах средним арифметическим числом из трех определений.

2. Определение жиронепроницаемости бумаги

Материалы:

- промышленные образцы бумаги;
- спиртовой раствор фуксина (1 %);
- вазелиновое масло.

Аппаратура:

- чашка Петри;
- губка;
- степлер;
- секундомер.

I. Метод с использованием раствора фуксина

Образец, подвергаемый испытаниям, смазывают раствором фуксина и определяют количество пятен, образующихся на оборотной стороне бумаги. Результат выражается средним числом пятен в пересчёте на 1 м² бумаги.

На пробах прямоугольной формы, имеющих размер 10x10 см, обыкновенным мягким карандашом параллельно сторонам прямоугольника отчерчивают поля шириной 10 мм.

На ровную поверхность кладут чистый лист белой бумаги размером не менее 220 x 270 мм. На этот лист кладут испытуемый образец той стороной, на которой отчерчены поля. Образец нужно разгладить и скрепить по углам степлером. Испытуемый прямоугольный образец ватным тампоном смазывают 1 %-ным раствором фуксина в 96 %-ном этиловом спирте. Смазывать следует равномерно поочерёдно во взаимно перпендикулярном направлении так, чтобы не было несмазанных мест.

После высыхания раствора подсчитывают количество пятен, которые образовались на несмазанной стороне образца вследствие проникновения раствора фуксина:

а) считают только ясно различимые пятна, окрашенные в ярко-красный цвет; пятна с фиолетовым отливом или с коричневой глянцевицей оболочкой не учитывают;

б) не учитывают пятна, полученные на полях образцов.

Жиропроницаемость M_1 выражают средним числом пятен на 1 м² и вычисляют по формуле:

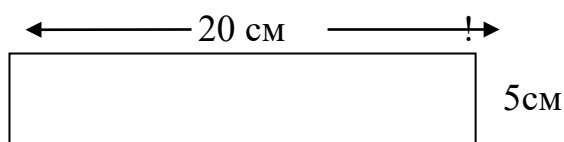
$$M_1 = 20n/5,$$

где n – число пятен на пяти прямоугольных образцах, имеющих стандартную для данного вида бумаги величину.

II. Определение впитываемости посредством капли минерального масла (метод института ПАТРА)

Метод основан на измерении времени, в течение которого капля минерального масла растекается по поверхности кружка бумаги определённого диаметра.

1. Вырезать полоску бумаги размером 20 X 5 см



2. С помощью циркуля в середине образца нарисовать круг диаметром 25 мм.

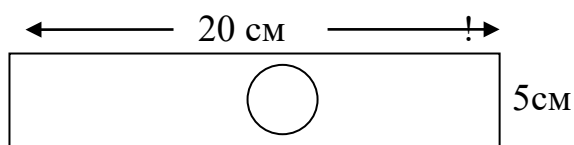


Рис. 54. Подготовка к испытанию

Испытуемая полоска бумаги зажимается между двумя держателями. Из пипетки, кончик капилляра которой находится на 50 мм выше поверхности бумаги, выпускается точно в центр круга капля минерального масла. Время распространения масла до периметра круга фиксируется секундомером и является степенью впитываемости бумаги.

За результат принимается среднее арифметическое двух измерений, округленное до целого числа.

3. Определение усадки бумаги

Определение усадки производят на измерительном микроскопе МИР-1 с точностью до 0,01 мм.

Аппаратура:

- микроскоп МИР-1;
- ванночка;
- листы фильтровальной бумаги.

Подготовка образцов

При помощи шаблона вырезают образец 60×100 мм. Затем на образце тонким лезвием наносят четыре штриха, ограничивающих участок образца в форме прямоугольника размером 40×30 мм. Исходные точки для измерения отмечают на сторонах прямоугольника дополнительными штрихами.

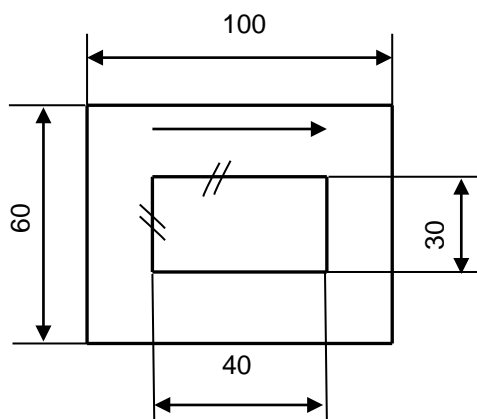


Рис. 53. Линейные размеры

Поскольку изучение линейных размеров производят во взаимно перпендикулярных направлениях (продольном и поперечном), одно из направлений обозначают стрелкой. Готовый образец должен выглядеть следующим образом (рис. 53).

Выполнение испытания

Микрометрическим винтом устанавливают нулевое положение на миллиметровой шкале микроскопа и шкале барабана микроскопического винта. Измеряемый образец неподвижно укрепляют на предметном стекле, и стол становится в такое положение, чтобы штрих, нанесенный на образец, совпадал со штрихом на окуляре. Затем, передвигая микрометрическим винтом объектив с окуляром вдоль предметного стекла до совпадения следующего штриха образца со штрихом окуляра, можно точно определить расстояние между штрихами на образцах (L_1). После этого образец помещают в ванночку с водой и выдерживают его в течение одного часа. Набухший образец вынимают из ванночки, снимают влагу фильтровальной бумагой и измеряют расстояние между штрихами на образце в продольном и поперечном направлениях, как это было уже описано выше (L_2). Затем образец помещают в сушильный шкаф на 1 ч при 80 °С, вынимают из шкафа и замеряют расстояние между штрихами (L_3).

Измерение геометрических размеров образцов выражают по формулам:

Расширение бумаги:

$$P = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100, \%$$

Усадка бумаги:

$$Y = \frac{L_3 - L_1}{L_1} \times 100, \%$$

где L_1 – расстояние между штрихами у исходного образца, мм;

L_2 – расстояние между штрихами после набухания в воде, мм;

L_3 – расстояние между штрихами, мм.

За результат принимают среднее арифметическое число из трех определений.

Представление результатов определения

Результаты приведенных испытаний следует представить в виде таблицы (табл. 10).

Таблица 10 – Влияние полимерного покрытия на свойства бумаги

Показатели	Ед. изм.	Бумага-основа	Пленка	Бумага с покрытием	Измерение показателей, % (+ или -)	
					бумаги-основы	пленки
1	2	3	4	5	6	7
Масса 1 м ²	г/ м ²					
Толщина	мм					
Разрывная длина	м					
Сопротивление раздиранию	мН					
Воздухопроницаемость	см ³ /мин					
Жиронепроницаемость По фуксину	число пятен					
По минеральному маслу						
Промокаемость	с					
Усадка	%					

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 АНАЛИЗ МЕЛОВАННОЙ БУМАГИ

Определение состава по волокну мелованной бумаги

Состав бумаги по волокну определяют на основании структурных признаков и способности волокон разного происхождения принимать под действием реактивов красителей различную окраску.

Аппаратура и материалы:

- микроскоп;
- осветитель к микроскопу с синим светофильтром;
- секундомер;
- препаровальные иглы;
- предметные и покровные стекла;
- капельница;
- бумага фильтровальная;
- электроплитка;
- 0,1%-ный раствор (1 г/ дм³) гидроксида натрия.

Подготовка проб

Пробы для определения композиции вырезают из пяти мест испытуемого образца размером 15×20 мм. Помещают пробы в колбу и кипятят в течение 5 мин в 0,1%-ном (1 г/ дм³) растворе гидроксида натрия, после этого пробы переносят в стакан с водой и осторожно снимают мелованный слой. Приготовленные таким образом пробы накладывают друг на друга, отделяют с помощью препаративных игл небольшие порции бумаги, включающие отдельные кусочки от всех пяти образцов, переносят их на предметное стекло и расщепляют на отдельные волокна в 2–3 каплях дистиллированной воды.

Проба на стекле тщательно обезвоживается с помощью фильтровальной бумаги и окрашивается соответствующими реактивами. Приготовленные препараты следует хранить в затемненном месте не более 10 мин.

Определение видов волокон

Препарат окрашивается раствором хлор-цинк-йода следующим образом: в середину предметного стекла для окрашивания препарата наносится капля хлор-цинк-йода, туда же с помощью препаративной иглы переносят часть волокон из отжатой на стекле массы. Окрашенная масса осторожно разделяется иглами на отдельные волокна и накрывается покровным стеклом, протертым тряпочкой. Во избежание попадания пузырьков воздуха в препарат стекло осторожно подводят сбоку. Избыток жидкости, выступающей из-под стекла, удаляется с помощью полосок фильтровальной бумаги, которые прикладываются с боков покровного стекла.

Приготовленный препарат должен быть равномерным, наличие пучков волокон, пустот и пузырьков воздуха не допускается. Чтобы избежать ошибки, исследованию нужно подвергать только правильно приготовленные и хорошо закрепленные препараты. На основании окраски волокон и их микроструктурных особенностей определяют наличие в испытуемом образце хвойной целлюлозы (еловой или сосновой), лиственной и древесной масс.

Определение волокон беленой и небеленой целлюлозы

В начале роба окрашивается в двух каплях раствора В (водный раствор железосинеродистого калия). Через 30 с к раствору добавляют две капли раствора Г (водный раствор хлорного железа) и снова хорошо перемешивают. Через 30 с волокна сушат фильтровальной бумагой, промывают дистиллированной водой и вновь осушают, после этого на волокно наносят раствор Д (бензопурпурина в этиловом спирте) и выдерживают в течение 1 мин, а затем вновь осушают фильтровальной бумагой и промывают дистиллированной водой. Окрашенную пробу разделяют иглами на отдельные волокна и накрывают покровным стеклом.

Наличие волокон беленой и небеленой целлюлозы определяют по их окраске:

- волокна беленой целлюлозы окрашиваются в розовый цвет;
- волокна небеленой целлюлозы окрашиваются в синий цвет;
- древесная масса и полуцеллюлоза окрашиваются в синий цвет.

Определение волокон беленой сульфитной и сульфатной целлюлозы (лиственной и хвойной)

Навеску образца около 0,05 г опускают в нагретый до кипения раствор (0,4 %-ный раствор соляной кислоты) и кипятят в течение 15 мин, после чего кислоту сливают, образец промывают холодной дистиллированной водой, затем опускают в кипящую дистиллированную воду и кипятят в течение 1 мин. Небольшое количество образца переносят на предметное стекло, расщепляют на отдельные волокна и осушают с помощью фильтровальной бумаги. На волокна наносят 2–3 капли раствора З (водный раствор основного фуксина) и хорошо перемешивают. Через 1 мин волокна осушают фильтровальной бумагой и пропитывают в течение 15 с 0,02Н раствором соляной кислоты, который также удаляют фильтровальной бумагой.

В заключение наносят на волокна 2–3 капли раствора и тщательно перемешивают. Через 1 мин волокна накрывают стеклом. Излишек раствора удаляют фильтровальной бумагой. Наличие волокон беленой сульфитной и сульфатной целлюлозы определяют по их окраске:

- волокна сульфитной целлюлозы окрашиваются в бледно-розовый цвет;
- волокна сульфатной целлюлозы окрашиваются в сиреневый цвет;
- текстильные волокна не окрашиваются;
- древесная масса окрашивается в малиновый цвет.

На основании анализа этих данных необходимо сделать вывод о составе по волокну исследуемого образца мелованной бумаги. Результаты представить в виде таблицы (табл. 11).

Таблица 11– Результаты определений состава мелованной бумаги по волокну

Виды волокон и полуфабрикаты	Элементы микроструктуры				Окраска волокон в растворе								
	трахеиды		либриформы	сосуды	синяя	желтая	винно-красная	розовая	синяя	бледно-розовая	сиреневая	нет окраски	малиновая
	простые поры	окаймленные поры											
Волокна ели													
Волокна сосны													
Волокна листв. пород													
Древесная масса													
Небеленая целлюлоза													
Беленая целлюлоза													
Сульфитная беленая целлюлоза													
Сульфатная беленая целлюлоза													

Примечание: Наличие того или иного элемента микроструктуры или определенной окраски в табл. 11 обозначать «+».

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ ВЛАГОПРОЧНОСТИ МЕШОЧНОЙ БУМАГИ И БУМАЖНЫХ МЕШКОВ

Принято разделять влагопрочность бумаги и картона на:

- постоянную (Вп);
- временную (Вв).

Под постоянной влагопрочностью понимают сохранение части первоначальной прочности бумаги после ее намокания в воде в течение 24 часов. Под временной то же, но после намокания в воде в течение более короткого времени, предусмотренного в стандартах на бумагу.

Материалы:

- промышленные образцы бумаги;
- фильтровальная бумага;
- дистиллированная вода.

Аппаратура:

- ванночка для воды;
- валик для отжима;
- термометр;
- секундомер;
- приборы для определения показателей механической прочности (сопротивления разрыву или раздиранию, или продавливанию).

Подготовка проб

Вырезают образцы так, как это предусмотрено соответствующими стандартами на методы испытаний в двукратном количестве.

Выполнение испытания

Половину образцов бумаги испытывают в сухом состоянии. Вторую половину образцов испытывают следующим образом: образцы по одному погружают в воду. Температура воды в ванночке во время испытания должна соответствовать температуре, установленной для кондиционирования образцов. По истечении времени, предусмотренного стандартами на продукцию, образцы извлекают из воды по одному, соблюдая такую же очередность, как и при погружении образцов в воду. Каждый образец в отдельности кладут на два листа промокательной бумаги, лежащей на жесткой гладкой поверхности, покрывают сверху двумя листами промокательной бумаги и отжимают избыточную воду, прокатывая валиком по одному разу в ту и другую сторону. Затем определяют требуемый показатель механической прочности влажных образцов по соответствующим стандартам на методы испытаний.

Влагопрочность бумаги (В) рассчитывают по формуле в %:

$$V = (P_c - P_v) / P_c \times 100, \%$$

где P_c – прочность бумаги в сухом состоянии, Н;

P_v – прочность бумаги после намокания в воде, Н.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВПИТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУМАГИ

Материалы:

- промышленные образцы бумаги;
- фильтровальная бумага;
- ванночка для воды;
- валик для отжима.

Аппаратура

- прибор для определения впитываемости по методу Кобба;
- весы;
- мерный цилиндр на 100 мл;
- прибор для определения впитываемости капельным способом;
- прибор Клемма для определения капиллярной впитываемости;
- секундомер.

Впитывающая способность бумаги определяется несколькими способами в зависимости от ее потребительских свойств.

1. Определение поверхностной впитываемости по методу Кобба

Испытываемый образец бумаги вырезается по шаблону 85x85 мм, взвешивается на аналитических весах и помещается на слой резины испытываемой стороной вверх. На поверхность бумаги ставят цилиндр, прижимая его зажимами так, чтобы не протекала вода между торцом цилиндра и бумагой. После этого из мерного цилиндра осторожно наливают 50 мл дистиллированной воды при $t=20^{\circ}\text{C}$ в металлический цилиндр, при этом образуется слой воды высотой 1 см. Одновременно включают секундомер, по истечении 45 секунд воду выливают и быстро снимают металлический цилиндр. Через 60 секунд от начала испытания на мокрую сторону листа накладывают 2 слоя фильтровальной бумаги и прокатывают быстрым движением отжимного валика взад-вперед, затем переворачивают фильтровальную бумагу и прокатывают ещё раз (образец не должен блестеть от находящейся на его поверхности воды).

При отжиме используется только давление, создаваемое собственным весом валика. Затем образец перегибают несколько раз так, чтобы испытываемая поверхность была закрыта, и быстро взвешивают на весах.

Впитываемость выражается как среднее арифметическое из 5-ти определений для верхней и сеточной стороны отдельно. Результат испытания округляют до целого числа.

Расчет впитываемости по Кобба (для 50 мл H_2O), г/м^2

Диаметр цилиндра 5,7 см

$$\text{Площадь цилиндра } \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * 5,7^2}{4} = \frac{3,14 * 32,5}{4} = 25,5 \text{ см}^2$$

Разность весов образца бумаги после и до опыта: $v - a = A$, г.

$$\text{Впитываемость по Кобба, г/м}^2 \quad x = \frac{10000 * A}{25,5} = 392,17 * A$$

2. Определение поверхностной впитываемости капельным способом (ГОСТ 12603-67)

Метод основан на определении времени, необходимого для поглощения капли воды при температуре 20 °С нанесённой на поверхности бумаги.

Вырезать образцы бумаги 100x100 мм. Образец бумаги закрепляют в рамке прибора. Конец бюретки опускают над рамкой так, чтобы расстояние между бумагой и концом бюретки составила 50 мм. Бюретку перед испытанием наполняют до метки «25 мл» водой. Открыв кран бюретки, дают стечь одной капле воды на поверхность бумаги. Одновременно включают секундомер. Когда капля полностью впитается в бумагу (исчезнет блеск), секундомер останавливают. При испытании следует поддерживать уровень жидкости в бюретке от 20 до 25 мл. За результат принимают среднее арифметическое из двух измерений.

3. Определение капиллярной впитываемости

Капиллярную впитываемость бумаги определяют при помощи аппарата Клемма и выражают высотой поднятия жидкости по вертикальной полоске бумаги за определённое время.

Прибор Клемма состоит из штатива с горизонтальной переключиной, на которой укреплены вертикальные линейки с миллиметровыми делениями, опущенные своими концами в ванну. При помощи винта планку с линейками можно передвигать вверх и вниз по штативу. Перед испытанием рядом с линейками с помощью зажимов, имеющих на планке, подвешивают полоски бумаги шириной 15 мм; нижние концы полосок должны быть на 10 мм длиннее линейек. В ванну наливают дистиллированную воду, и планку с линейками осторожно опускают по штативу до тех пор, пока концы линейек не коснутся поверхности жидкости. Этот момент засекают по секундомеру или по часам как начало испытания. Спустя 10 минут отмечают высоту поднятия жидкости по полоске бумаги (в мм). Впитываемость воды определяют при температуре 20 °С. Для испытания берут по 5 полосок в продольном и поперечном направлениях и вычисляют результаты как среднее из 5 определений для каждого направления с точностью до 1 мм.

4. Определение впитываемости бумаги при полном погружении

Метод определения впитываемости бумаги при полном погружении основан на увеличении массы бумаги после ее погружения в воду на 5 с при температуре воды 20±1 °С.

Из бумаги вырезают образец массой около 1 г, взвешивают с точностью до 0,01 г и погружают его при помощи стеклянной палочки в ванночку с водой. После истечения 5 с образец бумаги извлекают пинцетом, подвешивают на стеклянной палочке над стаканом с водой и оставляют на 5 мин для стекания воды, затем образец снимают и взвешивают на часовом стекле с точностью до 0,01 г.

Впитывающую способность бумаги в граммах на 1 г бумаги (г/г) определяют по формуле:

$$B = (D_1 - D)/D,$$

где D_1 – масса образца после погружения в воду (без часового стекла), г;

D – масса воздушносухого образца, г.

Впитывающая способность выражается как среднее арифметическое пяти определений, округленное до 1%.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ БУМАГИ

Материалы:

- образцы бумаги;
- образцы бумаги, выдержанной в сушильном шкафу в течение 72 часов при температуре 105 °С.

Аппаратура:

- прибор для определения сопротивления раздиранию.

Термостойкость бумаги определяется по изменению ее механической прочности (по показателям сопротивления бумаги продавливанию, раздиранию, разрыву, излому и др.) после выдерживания ее в термостате при определенной температуре и определенном времени установленного в стандарте на данную бумагу. В процессе выдерживания образца в камере с повышенной температурой происходит старение бумаги, за счет чего механическая прочность бумаги снижается. Термостойкость выражается в процентах к соответствующему показателю прочности исходного образца.

Этот показатель особенно важен для бумаги, которая будет длительно храниться (писчая и печатная высоких сортов, чертежная, документная и др.) или будет использоваться в условиях с повышенной влажностью, температурой, щелочностью или кислотностью (кабельная, изоляционная, намоточная, пропиточная и некоторые виды обувного картона, тарного и др.).

Испытанию подвергают 4 листа одновременно. По результатам испытания вычисляют усилие, потребное на раздирание одного листа. Если, например, при раздирании 4-х листов стрелка прибора показала 9 делений, то усилие, потребное

для раздираания одного листа (E – искомое сопротивление раздираанию), будет равно: $E = \frac{9 \cdot 16}{4} = 36g$ или $\frac{9 \cdot 16}{4} = 360 мН$.

Окончательный результат испытания должен представить собой среднее из пяти испытаний в продольном и пяти в поперечном направлении листа. Если линия раздираания отклоняется более, чем на 10 мм от линии надреза ножом, результат испытания не учитывают и испытания повторяют.

Абсолютное сопротивление раздираанию округляют до 10 мН.

Потерю механической прочности бумаги M (%) вычисляют по формуле:

$$M = [(M_0 - M_1) / M_0] 100,$$

где M_0 – средний показатель сопротивления раздираанию исходного образца;

M_1 – средний показатель сопротивления раздираанию образца, выдержанного в термостате.

Результат округляют до десятых долей процента. Результаты испытаний заносят в таблицу 12.

Таблица 12 – Представление результатов

№	Время нахождения в сушильном шкафу	Абсолютное сопротивление раздираанию, мН	Потеря механической прочности бумаги, %
1	30 минут		
2	60 минут		
3	120 минут		

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ПОКРОВОГО СЛОЯ МЕЛОВАННОЙ БУМАГИ И КАРТОНА

Материалы:

- промышленные образцы бумаги или картона с мелованным покрытием.

Аппаратура:

- pH-метр;
- термометр;
- скальпель.

От значения pH покровного (мелованного) слоя зависит скорость закрепления краски на поверхности мелованной бумаги, в особенности при высокой относительной влажности воздуха в печатном цехе. Кроме того, при pH выше 9,0 может произойти эмульгирование масляной печатной краски с водой, которой смачивается офсетная печатная форма, а в результате – тение

формы и брак при печати. Оптимальным следует считать значение рН покровного слоя 3,0–8,0.

Определение рН покровного (мелованного) слоя заключается в следующем. С поверхности мелованной бумаги чистым острым скальпелем снимают, не нарушая бумаги-основы, 0,1 г слоя, который заливают 15 мл бидистиллированной воды при температуре 20° С. Сосуд встряхивают в течение 20 мин и определяют рН водной вытяжки на потенциометре со стеклянным электродом. За результат принимают среднее арифметическое из двух параллельных определений. Результат округляют до 0,1. Результаты испытаний заносят в таблицу (табл. 13). Необходимо сформулировать вывод.

Таблица 13 – Представление результатов

№	Образец	рН бидистиллированной воды	рН покровного (мелованного) слоя
1			
2			

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ОБОЕВ

Для придания бумаге огнестойкости ее пропитывают растворами антипиренов. Для этого применяют растворы сульфата аммония и фосфата аммония.

Материалы:

- образцы обоев;
- фильтровальная бумага;
- раствор сульфата аммония (10 %);
- раствор фосфата аммония (10 %);

Аппаратура:

- ванночка;
- валик для отжима;
- сушильный шкаф;
- тигли;
- муфельная печь;
- секундомер.

Выполнение испытания

Вырезать 2 образца обоев размером 10X10 см. В ванночку залить растворы сульфата аммония и фосфата аммония в соотношении 1:1. Поместить в ванночку два образца, выдержать 5 мин. Вынуть образцы из ванночки и два раза прокатать валиком между листами фильтровальной бумаги. Поместить образцы в сушильный шкаф для высушивания при температуре 80 °С. Высушенные обработанные образцы и контрольные образцы (необработанные) смять в комочек и поместить в тигли. Тигли поставить в разогретую муфельную печь (температура 400 °С), засечь секундомером время до начала возгорания обоих образцов.

Огнестойкость выражается в секундах, средним арифметическим из двух измерений. Результаты заносят в таблицу (табл. 14).

Таблица 14 – Представление результатов

№	Образец	Время возгорания, с
1		
2		
3		

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

РАСЧЕТ РАСХОДА БУМАГИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕШКА

Расчет расхода бумаги (брутто) производят на основе заданных размеров, количества слоев мешка и особенностей работы технологического оборудования, на котором его изготавливают. Расход бумаги (нетто) равняется площади раскроя (S) без учета производственных отходов и определяется по нижеприведенным формулам в зависимости от конструкции мешка. Расход бумаги определяют в квадратных метрах.

Расход бумаги для открытых склеенных мешков:

$$S_{\text{ок}} = 0,0001n [(1+0,5b_2+c_2) (2b_1+c_1)+l_{\text{п}}*b_n], \text{ м}^2,$$

где l и b_1 – номинальная длина и ширина для мешка, см;

n – число слоев бумаги в мешке;

b_2 – номинальная ширина дна мешка, см (обычно= 8–15 см)

c_1 – ширина продольного склеенного шва в мешке, см (обычно= 6 см);

c_2 – ширина склеенного шва на дне мешка, см (обычно= 6 см);

$l_{\text{п}}$ и $b_{\text{п}}$ – длина и ширина покровного листа на дне мешка, см.

Обычно: $l_{\text{п}} = b_2 + (2-3)$ см; $b_{\text{п}} = b_1 - b_2 + 1,5$ см.

Расход бумаги для открытых сшитых мешков с боковыми фальцами:

$$S_{\text{о.ш}} = 0,0001 * n l * (2b_1 + 2f + c_1) + k * l_{\text{кр}} * b_{\text{кр}}, \text{ м}^2,$$

где f – ширина бумаги между фальцами (боковыми складками), см;

k – коэффициент, учитывающий крепирование бумаги ($k=1,2$);

$l_{\text{кр}}$ и $b_{\text{кр}}$ – длина и ширина полоски крепированной бумаги, укрепляющий шов.

Обычно $f = 8$ см; $l_{\text{кр}} = b_1 + (6-7)$ см; $b_{\text{кр}} = 5-6$ см.

Расход бумаги для закрытых склеенных мешков:

$$S_{\text{з.к}} = 0,0001 * [n(1+b_2+c_2) * (2b_1+c_1) + 2l_{\text{п}}b_{\text{п}} + l_{\text{кл}}b_{\text{кл}}], \text{ м}^2$$

где $l_{\text{кл}}$ и $b_{\text{кл}}$ – длина и ширина вкладыша клапана, см.

Обычно: $l_{\text{кл}} = b_1$, $b_{\text{кл}} = b_2$.

Расход бумаги для открытых склеенных мешков с боковыми фальцами:

$$S_{\text{окбс}} = 0,0001 * [n(1+0,5b_2+c_2) * (2b_1+2f+c_1) + l_{\text{п}}b_{\text{п}}], \text{ м}^2$$

Расход бумаги для закрытых мешков сшитых с клапаном

$$S_{\text{зш}} = 0,0001 * [n(1+0,5h) * (2b_1+2f+c_1) + 2kl_{\text{кр}}b_{\text{кр}}], \text{ м}^2,$$

где h – высота вырубки клапана ($h = 3-4$ см)

Бумажные пакеты конструируются и могут быть изготовлены из многослойной (два-три слоя) или однослойной бумажной трубки заданной ширины, сформированной на пакетоделательном автомате или из плоских заготовок, высеченных на высекальных автоматах.

Пакеты из бумаги и комбинированных материалов для упаковки пищевых продуктов и промышленных товаров в зависимости от конструкции, требований расфасовки продукции и способа формирования дна подразделяются на два типа.

К первому типу относятся плоские пакеты с прямым дном: открытые, пакеты с фальцем, с ручками, с клапаном. Этот тип пакетов включает преимущественно все мелкие пакетики вместимостью до 100 г и от 100 г до 10 кг.

Ко второму типу относятся пакеты с прямоугольным дном и фальцем. При длине пакета менее 100 мм ширину перекрытия по продольному шву определяют конструктивно, но она должна быть не более 15 мм. Прямое дно плоских пакетов формируется из складки или соединительных швов.

Для изготовления этих пакетов из рулонной бумаги на пакетоделательных автоматах необходимую ширину рулона бумаги определяют по формуле:

$$B_p = L + 2C,$$

где B_p – ширина рулона;

L – длина пакета в сложенном виде;

C – ширина заклеиваемого шва.

После заполнения таких пакетов продукцией на расфасовочных машинах фальцуется затворный клапан, который может закрываться.

Для изготовления пакетов применяются следующие виды бумаг и материалов: крафт-бумага, упаковочная, оберточная, мешочная, писчая, мелованная, печатная, специальная для пакетов с покрытием или без него, подпергамент, бумага, кашированная фольгой, целлофан и др.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9 ИСПЫТАНИЕ МЕШОЧНОЙ БУМАГИ

Мешочную крафт-бумагу изготавливают из натуральных волокон, легко поглощающих и теряющих влагу в зависимости от температуры окружающей среды и влажности воздуха. При отсутствии регулирования этих параметров количество поглощенной влаги может варьировать в очень широких пределах и существенно влиять на механические свойства мешков и результаты испытаний.

Мешочную крафт-бумагу перед проведением механических испытаний необходимо выдержать 24 ч в стандартной атмосфере с регулируемой температурой и относительной влажностью (ОВ).

Крафт-бумага, как и другие бумажные материалы, состоит из массы переплетенных волокон, и в ходе любых испытаний наблюдается некоторое отклонение свойств материала поперек и вдоль полотна (соответственно, поперечное и машинное направления). Вследствие этого на каждом образце бумаги необходимо выполнить ряд параллельных испытаний, причем для получения значимого среднего результата необходимо иметь репрезентативное количество образцов из каждой партии.

Стандартные методы испытаний:

- сопротивление разрыву;
- удлинение при растяжении;
- сопротивление продавливанию;
- влажность;
- сопротивление раздиранию;
- определение массы единицы площади бумаги;
- определение толщины бумаги;
- впитываемость;
- воздухопроницаемость;
- влагопрочность.

Все испытания проводятся в соответствии с действующими стандартами. Результаты заносятся в таблицу (табл. 15.)

Таблица 15 – Представление результатов

№	Вид бумаги	Показатель	Значение
1			
2			
3			

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

РАСЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ В КЛЕИЛЬНОМ ПРЕССЕ

Задание: Рассчитать увеличение влажности бумаги в клеильном прессе, если известна производительность бумагоделательной машины, концентрация раствора клея, масса сухого вещества, нанесенного на бумагу, сухость бумажного полотна до клеильного пресса, сухость перед сушкой, сухость на накате.

Пример: Рассчитать увеличение влажности бумаги в клеильном прессе, если производительность машины $G_M = 10000$ кг/ч, концентрация раствора клея $C = 5\%$, масса сухого вещества, нанесенного на бумагу, $k = 3$ г/м², масса сухой бумаги рс.б. = 80 г/м²; сухость полотна перед прессом $S_1 = 90\%$, сухость полотна перед сушкой $S_0 = 40\%$, сухость на накате $S_2 = 93\%$.

Решение. Количество влаги, впитываемое 1 м² бумаги, равно:

$$q_{\text{вл}} = \frac{2k(100-C)}{C} = \frac{2 \cdot 3(100-5)}{5} = 114 \text{ г/м}^2.$$

Увеличение относительной влажности бумаги в клеильном прессе составит:

$$\Delta W_o = \frac{q_{\text{вл}}}{q_{\text{вл}} + \text{рс.б.}} \cdot 100 = \frac{114}{114 + 80} = 58,76\%.$$

Влагосодержание бумажного полотна после клеильного пресса:

$$u_{\text{п}} = \frac{100 - S}{S_1} + \frac{\Delta W_o}{100 - \Delta W_o} = \frac{100 - 90}{90} + \frac{58,76}{100 - 58,76} = 1,51 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}.$$

Относительная влажность и сухость полотна будут равны, соответственно:

$$W = \frac{100u}{1+u} = \frac{100 \cdot 1,51}{1+1,51} = 60,16\%,$$

$$S = \frac{100}{1+u} = \frac{100}{1+1,51} = 39,84\%.$$

Количество влаги, испарившейся в основной сушильной части, составит:

$$\begin{aligned} M_{\text{осн}} &= G_M \cdot \left(\frac{100 - S_0}{S_0} - \frac{100 - S_1}{S_1} \right) = 10000 \cdot \left(\frac{100 - 40}{40} - \frac{100 - 90}{90} \right) \\ &= 13900 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}, \end{aligned}$$

а испарившейся в досушивающей группе:

$$M_{\text{дос}} = G_M \cdot \left(u_{\text{п}} \cdot \frac{100 - S_2}{S_2} \right) = 10000 \cdot \left(1,51 \cdot \frac{100 - 93}{93} \right) = 1136,5.$$

Суммарное количество влаги, испарившейся в сушильной части, будет:

$$M = M_{\text{осн}} + M_{\text{дос}} = 13900 + 1136,5 = 15036,5 \text{ кг/ч.}$$

Как показывают приведенные расчеты, при проклейке в клеильном прессе бумажного полотна массой 80 г/м^2 на бумагу наносится 3 г/м^2 сухого вещества клея при концентрации 5% , а количество испаряемой влаги в основной части сушильных цилиндров составляет 92% , в досушивающей части – $7,5 \%$.

Таблица 16 – Варианты заданий

№ варианта	Производительность БДМ, кг/ч	Концентрация раствора клея, %	Масса покрытия, г/м^2	Сухость бумаги перед прессом, %	Сухость бумаги перед сушкой, %	Сухость бумаги на накате, %
1	80640	3,0	5,0	80	40	93
2	48220	2,5	3,0	75	45	95
3	63000	3,2	4,0	78	48	92
4	51400	2,8	3,5	82	52	94
5	27500	2,0	2,5	83	50	91

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11 РАСЧЕТ РАСХОДОВ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОИЗВОДСТВО ГОФРИРОВАННОГО КАРТОНА

Трехслойный гофрированный картон состоит из одного слоя гофрированной бумаги (флутинг) и двух наружных плоских слоев картона (лайнер). Этот и последующие виды картона жесткие и изготавливаются только в листах.

Трехслойный картон преимущественно применяется для изготовления тары, а также используется при выпуске вкладышей для упаковки различных хрупких изделий и точных приборов.

В зависимости от назначения тары применяются гофры А или В.

Рассмотрим гофрированный картон марки В. Одним из существенных показателей в процессе производства гофрированного картона является коэффициент гофрирования, характеризующий расход бумаги для гофрированного слоя в зависимости от применяемого вида гофров.

Фирма СИС определяет следующие коэффициенты гофрирования: для гофра А – 1,55, В – 1,34. Так, для получения 1 м гофрированного полотна надо взять при применении гофры А $1 \times 1,55 = 1,55$ погонного метра бумаги.

Масса 1 м² гофрированного картона зависит от показателей используемых бумажных материалов, коэффициента гофрирования и применяемого клея.

Задание: рассчитать массу 1 м² трехслойного гофрированного картона с гофром А, если известна масса плоских слоев, масса бумаги для гофрирования и расход силикатного и крахмального клея.

Пример: Масса 1 м² трехслойного гофрированного картона с гофром А при использовании для плоских слоев картона массой 230 г/м², а для гофрируемого слоя бумаги массой 120 г/м² и силикатного клея с расходом 60 г/м² картона составит:

$$230 + 230 + (120 \cdot 1,34) + 60 = 680,8 \text{ г/м}^2.$$

При замене силикатного клея крахмальным, расход которого составляет 15 г/м² трехслойного гофрированного картона, масса его составит:

$$230 + 230 + (120 \cdot 1,34) + 15 = 635,8 \text{ г/м}^2.$$

Таблица 18 – Варианты заданий

№ варианта	Масса плоских слоев, г/м ²	Масса бумаги для гофрирования, г/м ²	Расход силикатного клея, г/м ²	Расход крахмального клея, г/м ²
1	210	120	60	18
2	220	125	55	15
3	200	115	50	12
4	180	115	63	16
5	230	130	58	20

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азаров, В. И. Химия древесины и синтетических полимеров [Текст]: учебник / В. И. Азаров, А. В. Буров, А. В. Оболенская. – 2-е изд., испр. – СПб.: Лань, 2010. – 624 с.
2. Аким, Э. Л. Обработка бумаги [Текст] / Э. Л. Аким. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 232 с.
3. Аким, Э. Л. Синтетические полимеры в бумажной промышленности [Текст] / Э. Л. Аким. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 248 с.
4. Бобров, В. И. Технология отделочных процессов [Текст]: учебник для вузов / В. И. Бобров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2020. – 625 с.
5. Ванчаков, М. В. Технологическое оборудование для производства картонной и бумажной тары [Текст]: учебное пособие / М. В. Ванчаков, П. М. Кейзер, В. К. Дубовый. – СПб.:СПб ГТУРП, 2014. – 133 с.
6. Вураско, А. В. Технология получения, обработки и переработки бумаги и картона [Текст]: учеб. пособие / А. В. Вураско, А. Я. Агеев, М. А. Агеев. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. – 272 с.
7. Леман, Х. Материалы для переработки бумаги [Текст] / Х. Леман, Л. Рихтер; пер. с нем. С.В. Бабурина. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 248 с.
8. Махотина, Л. Г. Технология целлюлозных композиционных материалов. Современные тенденции в технологии мелованных видов бумаги и картона: учеб. пособие / Л. Г. Махотина. – Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 76 с. – ISBN 978-5-91646-234-0. – Текст: электронный. – Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/metod/kaftzkm/1618045849.pdf>
9. Носкова, О. А. Обработка и переработка целлюлозы, бумаги и картона: [Текст]: учеб. пособие / О. А. Носкова, Т. Н. Ковтун; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2005. – 106 с.
10. Пузырев, С. А. Технология обработки и переработки бумаги и картона [Текст] / С. А. Пузырев. – М.: ЛП, 1985. – 312 с.
11. Технология обработки и переработки бумаги и картона [Текст] / С. А. Пузырев [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1985. – 312 с.
12. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст]: Справочные материалы в 3 томах. Том I. Часть 2: Сырье и производство полуфабрикатов. Производство полуфабрикатов. – СПб.: Политехника, 2003. – 633 с.
13. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст]: Справочные материалы в 3 т. –Т. 2. – СПб.: ЛТА, 2002.
14. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст]: Справочные материалы. Т II. Производство бумаги и картона. Ч. I. Технология производства и обработки бумаги, картона. – СПб: Политехника, 2005. – 423 с.
15. Химия древесины и синтетических полимеров [Текст]: метод. указания к лаб. работам / сост. М. В. Постникова, О. А. Носкова; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2003. – 40 с.

Учебное издание

**Малютина Дарья Игоревна
Смирнова Екатерина Григорьевна**

**Химико-механическая технология
обработки и переработки целлюлозы,
бумаги и картона**

Учебно-методическое пособие

Редактор и корректор Е. О. Тарновская
Техн. редактор Д. А. Романова

Темплан 2022 г., поз. 5089/22

Подписано к печати 24.05.2023

Формат 60x84/16.

Бумага тип № 1.

Печать офсетная.

Печ.л. 7,4.

Уч.-изд. л. 7,4.

Тираж 30 экз.

Изд. № 5089

Цена «С».

Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД,
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.