

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ»**

**А.С.СМОЛИН, В.И.КОМАРОВ,
В.К.ДУБОВЫЙ, В.И.БЕЛОГЛАЗОВ**

ТЕХНОЛОГИЯ ГОФРОКАРТОНА

Учебное пособие

Часть I I

Санкт-Петербург
2014

УДК 676. 6(075)

Смолин А.С., Комаров В.И., Дубовый В.К., Белоглазов В.И. Технология гофрокартона: учебное пособие/ СПбГТУРП. – СПб., 2014. Ч. I – 98 с.

В части два учебного пособия представлены материалы по теории гофрообразования, устройство гофрирующего пресса и гофровалов, характеристики клеевых составов, работа клеевой машины.

Учебное пособие имеет целевую аудиторию пользователей: студенты, аспиранты, преподаватели и научная общественность, чьи интересы связаны с гофроиндустрией, а также специалисты фирм и организаций, производящих исходные материалы, гофрокартон и гофротару.

Рецензенты: директор сертификационного центра «Бумикс», канд. техн. наук
П.С. Осипов;
начальник отдела тароупаковочных и технических видов бумаги
и картона ОАО «ВНИИБ», канд. техн. наук В.И. Крупин.

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия.

© Смолин А.С., Комаров В.И., Дубовый В.К.,
Белоглазов В.И., 2014

© Санкт-Петербургский государственный
технологический университет растительных
полимеров, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Трудно представить современный товарооборот без упаковки. Как правило, стоимость упаковки крайне незначительна в сравнении с упакованным товаром. Однако барьерная, информационная и эстетическая роли упаковки весьма велики, поэтому функциональные характеристики упаковки требуют тщательного изучения и искусного воспроизведения.

Бумага и картон имеют многолетнюю историю использования для упаковки. Следует признать, что бумага как оберточно-упаковочный материал проигрывает конкурентную борьбу полимерным материалам. Полимеры легче, технологичнее в создании упаковки. Их лучшие барьерные свойства связаны, главным образом, с минимальной гигроскопичностью, воздухопроницаемостью, ароматосохранностью и гидростойкостью. Современные достижения полиграфии позволяют достигнуть уровня информации и эстетического восприятия по крайней мере не хуже, чем при использовании бумажной основы. Главный недостаток полимерной упаковки – экологическая уязвимость. Эта проблема пока не имеет удовлетворительного решения, но весомое преимущество полимеров по сравнению с традиционными материалами розничной упаковки – бумагой и стеклом – позволяет полимерам выигрывать конкурентную борьбу. Иные «взаимоотношения» с полимерными материалами у картонной упаковки, основу которой составляет гофрокартон. Гофрокартон – должен быть высшего качества, полностью подходящий для современных условий своим совершенством, экологической безопасностью, практичностью, сравнительной дешевизной, при этом используются возобновляемые ресурсы при рециркуляции большей части отходов для производства множества высококачественных защитных и каркасных ящиков с многокрасочной печатью.

Результатом конкурентной борьбы с полимерными материалами является отнюдь не вытеснение гофрокартона из упаковочной индустрии,

а скорее, в ряде случаев, симбиоз картонной и полимерной упаковок, сочетающий преимущества обоих материалов. Хотелось бы надеяться, что материалы этого учебного пособия помогут развитию гофроиндустрии, увеличению успешности и доходности промышленных предприятий, будут способствовать их функционированию с должным коммерческим успехом.

В учебном пособии содержатся материалы по технологии и оборудованию процессов производства материалов для гофрокартона, изготовлению гофрокартона на гофроагрегатах. Учебное пособие имеет целевую аудиторию пользователей: студенты, аспиранты, преподаватели и научная общественность, чьи интересы связаны с предметом изложения, специалисты фирм и организаций, производящих исходные материалы, гофрокартон и гофротару.

Настоящее учебное пособие во многом составлено по материалам переведенной на русский язык книги Т. Пиннингтона «Гофроиндустрия». В поисках совершенства Т. Pinnington «The Corrugated Industry. In Pursuit of Excellence». Книга Т. Пиннингтона о гофрокартоне – вероятно, лучшая за последние годы. К сожалению, из-за высокой цены это издание малодоступно и не адаптировано для студентов и, естественно, не рассматривается как учебное пособие. Пособие необходимо для подготовки специалистов, работающих в гофропроизводстве, дефицит которых уже сейчас ощущается, так как гофроиндустрия – одна из наиболее динамично развивающихся отраслей ЦБП. По материалам книги Т. Пиннингтона составлены также главы 1-4 и 7-15.

Эти материалы адаптированы для студентов профильных вузов, изучающих процессы переработки бумаги и картона.

ГЛАВА 6. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГОФРООБРАЗОВАНИЯ

Процесс гофрообразования – один из основных в производстве гофрокартона. Организация этого процесса определяет основные характеристики готового материала – сопротивление плоскостному и торцевому сжатию, продавливанию, амортизационные свойства, жесткость и другие показатели. Нарушения процесса гофрообразования приводят к снижению прочности гофр и их устойчивости, влияют на прочность адгезионного шва, могут привести к короблению различных типов.

В процессе гофрирования бумага для гофрирования – флютинг подвергается жестким механическим, термическим и физико-химическим воздействиям, в результате которых могут возникнуть как обратимые, так и необратимые деформации, причем деформации приводят к невозможности производства кондиционного продукта.

Термическое и механическое воздействие на флютинг при взаимодействии его с гофровалами приводит к пластификации бумаги для гофрирования и образованию гофр, которые при снятии напряжения фиксируются, являясь основой гофрослоя в гофрокартоне. На вершины гофр в клеенаносящих устройствах наносится адгезив, который склеивает гофрослой и плоские слои картона. Дальнейшая сушка удаляет влагу, принятую с адгезивом, и окончательно формирует гофрокартон.

Таким образом, основными объектами процесса производства гофрированного картона являются: картон для плоских слоев – лайнер, бумага для гофрирования – флютинг, а также адгезив – клеящий состав, как правило, на водной основе.

Картон для плоских слоев гофрокартона или картон-лайнер – это плоский жесткий рулонный материал, состоящий преимущественно из растительных волокон. Помимо волокна, в состав картона-лайнера входит проклеивающие, связующие вещества, а также химические вспомогательные

реагенты. Структурно-деформационные и физико-механические показатели картона-лайнера обеспечиваются, главным образом, растительными волокнами и межволоконными связями.

По принципу изготовления картон-лайнер выпускается, как правило, многослойным (два или более слоев), гораздо реже выпускается однослойный картон, что отрицательно сказывается на качестве материала. Однако такие виды картона-лайнера (90 - 125 г/м²) из 100 % -ной крафт-целлюлозы как правило выпускаются однослойными. При этом их качество не уступает многослойным картонам.

По композиционному составу картон-лайнер производится либо на основе свежего первичного волокна (крафт-лайнер), либо на основе макулатурного вторичного волокна (тест-лайнер). В некоторых случаях в композиции могут присутствовать и первичные и вторичные волокна, при этом первичное волокно составляет отдельные слои, чаще верхний, иногда верхний и нижний наружные слои.

Крафт-лайнер содержит, главным образом, сульфатную небеленую хвойную целлюлозу (60 - 100 %). Остальная часть - полуфабрикаты высокого выхода, а именно:

- полуцеллюлоза из лиственных, либо хвойных пород древесины или их смеси с выходом 65 - 75 %;
- различные виды механической массы: термомеханическая, химико-термомеханическая, древесная и т.д. на основе лиственных, хвойных пород, либо их смесей с выходом 75 - 95 %. Крафт-лайнер из 100 % -ной крафт-целлюлозы называется топ-лайнером.

К этому же виду картона-лайнера следует отнести белый топ-лайнер, т.е. картон для плоских слоев гофрокартона с белым верхним слоем. Этот картон используется в качестве верхнего слоя многослойного (трех- и пятислойного) гофрокартона. Основное преимущество белого верхнего слоя этого картона значительно лучшие по сравнению с небелеными слоями печатные свойства поверхности. Лучшие сорта белого

топ-лайнера имеют мелованную поверхность, что позволяет наносить многоцветную печать. Композиция белого топ-лайнера зачастую имеет достаточно сложную многослойную конструкцию (рис.6.1).

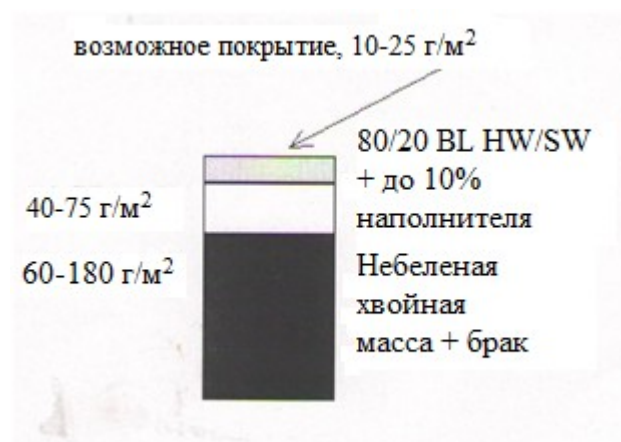


Рис. 6.1. Структура белого топ-лайнера

Картон для плоских слоев на основе макулатуры или тест-лайнер содержит от 60 до 100% вторичного волокна, главным образом, ящичной макулатуры. В состав тест-лайнера могут входить полуцеллюлоза, различные виды механической массы, а также

сульфатная небеленая целлюлоза.

Бумага для гофрирования – флютинг – также может производиться как из свежего, так и из вторичного волокна. Флютинг на основе первичных растительных волокон содержит в композиции, главным образом, полуцеллюлозу с выходом 65 - 75 %. Также в состав флютинга на основе свежего волокна может входить механическая масса различных видов и в качестве упрочняющей добавки – сульфатная хвойная небеленая целлюлоза 15 - 30 %.

Флютинг на основе вторичного волокна содержит, главным образом, ящичную макулатуру (до 100 %). Флютинг выпускается, чаще всего, в однослойном виде, но может производиться с использованием многослойного формования.

В процессе производства гофрокартона необходим адгезив – клеящий состав для соединения вершин гофр с плоскими слоями картона. В качестве адгезива в настоящее время используются, главным образом, составы на основе нативного крахмала. Композиционно-клеящие составы на основе крахмала состоят из водного раствора с суспензированными в нем зернами набухшего крахмала. Поверхностные характеристики лайнера и флютинга – впитывающая способность, пористость, сорбционные характеристики

поверхности – должны быть на уровне, обеспечивающем прочное соединение гофрослоя лайнера в момент контакта с последующей фиксацией и образованием прочного клеевого шва при удалении влаги из адгезива в сушильной части гофроагрегата.

Таким образом, композиционный состав лайнера и флутинга является сложным образованием, содержащим растительные волокна с различной степенью делигнификации и полидисперсной углеводной частью. Растительное волокно представляет собой стенку клетки древесины, главным образом, вторичный слой клеточной стенки. Этот слой отличается большой мощностью и, в среднем, содержит 50 % целлюлозы, 20 % гемицеллюлоз и 30 % лигнина. Они расположены в клеточной стенке неравномерно, состав клеточной стенки гетерогенен.

Для выяснения механизма физико-химических явлений, возникающих при воздействиях сил различного характера на растительные волокна, связанные в бумажное полотно, необходима информация о взаиморасположении и взаимовлиянии составных частей растительного волокна и бумаги и картона в целом. Наличие в стенке клетки лигноцеллюлозного комплекса – сложного полимерного образования с высокой вероятностью химической связи между составными частями древесины является наиболее распространенным. При этом целлюлоза - высокомолекулярный природный полимер со степенью полимеризации в выделенном полуфабрикате для бумаги и картона от 300 до 1 000 – имеет аморфно-кристаллическую структуру с содержанием упорядоченной части до 50 %. Присутствие кристаллитов в надмолекулярных образованиях макромолекул целлюлозы обеспечивает прочность волокон и препятствует неограниченному набуханию (растворению) целлюлозы в воде и большинстве водных растворов.

Аморфные части целлюлозы ответственны за процессы гидратации волокна, получение химических производных целлюлозы, взаимодействие

целлюлозы с проклеивающими, связывающими, фиксирующими и другими химическими реагентами в процессе производства бумаги и картона.

Кристаллическая структура целлюлозы образуется в результате возникновения прочных регулярных межмолекулярных водородных связей. Водородные связи в целлюлозе имеют очень большое значение. Они определяют форму макромолекул, фазовые и релаксационные состояния, надмолекулярную структуру и оказывают существенное влияние на все свойства целлюлозы – физические, физико-химические и химическую реакционную способность.

У целлюлозы в сухом состоянии энергия межмолекулярного взаимодействия определяется водородными связями и превышает прочность ковалентных связей в макромолекулах, поэтому у целлюлозы невозможно плавление и при нагревании происходит деструкция.

Прочностные характеристики бумаги и картона определяются межволоконными связями, возникающими в результате образования водородных связей между макромолекулами целлюлозы на поверхностях фибрилл и волокон.

Другая составная часть лигноцеллюлозного комплекса – лигнин – представляет собой полимер, обладающий трехмерной сетчатой структурой. Лигнин как полимер состоит из фенилпропановых единиц. В структурных единицах лигнина содержатся полярные группы – фенольные гидроксилы, карбоксильные группы, вследствие чего лигнин проявляет свойства полиэлектролитов.

Современные воззрения на строение лигноцеллюлозного комплекса позволяют предположить, что лигнин связан химической связью с гемицеллюлозными структурами волокна. Предложена модель лигнин-гемицеллюлозной матрицы типа взаимопроникающих сеток нескольких сетчатых структур – самого лигнина, лигнина, химически связанного с гемицеллюлозами и сетки, образованной межмолекулярными водородными связями в лигнине, гемицеллюлозах и между ними.

Лигнин классифицируется как термопластичный полимер, т.е. при нагревании он размягчается и переходит из стеклообразного релаксационного состояния в высокоэластическое, а иногда в вязкотекучее. Термопластичность лигнинов имеет значение при переработке лигноуглеводных материалов.

Поскольку целлюлоза представляет собой аморфно-кристаллический полимер, ее релаксационное состояние при воздействии различных факторов может изменяться. У сухого волокна аморфная фаза находится в стеклообразном состоянии. Температура стеклования целлюлозы (T_c – 220 °С) выше температуры деструкции, поэтому ее переход в высокоэластическое состояние путем нагревания невозможен. Однако пластификация целлюлозы благодаря ее гидропластичности водой, а также глицерином, этиленгликолем, ледяной уксусной кислотой и другими реагентами снижает температуру перехода и обеспечивает изменение релаксационного состояния из стеклообразного в высокоэластическое. Для влажной целлюлозы T_c составляет 45 °С, т.е. при комнатной температуре влажная целлюлоза находится в высокоэластическом состоянии.

В целлюлозе, находящейся в стеклообразном состоянии, гидроксильные группы связаны водородными связями и целлюлозные волокна достаточно жесткие. В результате пластификации целлюлозы пластификатор (вода) проникает внутрь волокна через аморфные области. При этом ослабляется межволоконное и межмолекулярное взаимодействие, увеличивается пластичность и гибкость волокон, внутренняя поверхность целлюлозы, становятся возможными конформационные превращения, возникает сегментальная подвижность. При сушке целлюлозы происходит обратный переход из высокоэластического в стеклообразное состояние благодаря стеклованию аморфных областей.

Температура стеклования (T_c) лигнина в зависимости от породы древесины и метода делигнификации колеблется от 130 °С до 190 °С для сухих образцов с малоизмененной природной структурой. Температура стеклования снижается при уменьшении молекулярной массы лигнина.

Вода оказывает на лигнин пластифицирующее действие и снижает T_c до 80 - 130 °С. Этот эффект вызывается небольшим количеством воды, влагосодержание 2 - 4 %, дальнейшее повышение влажности не снижает T_c .

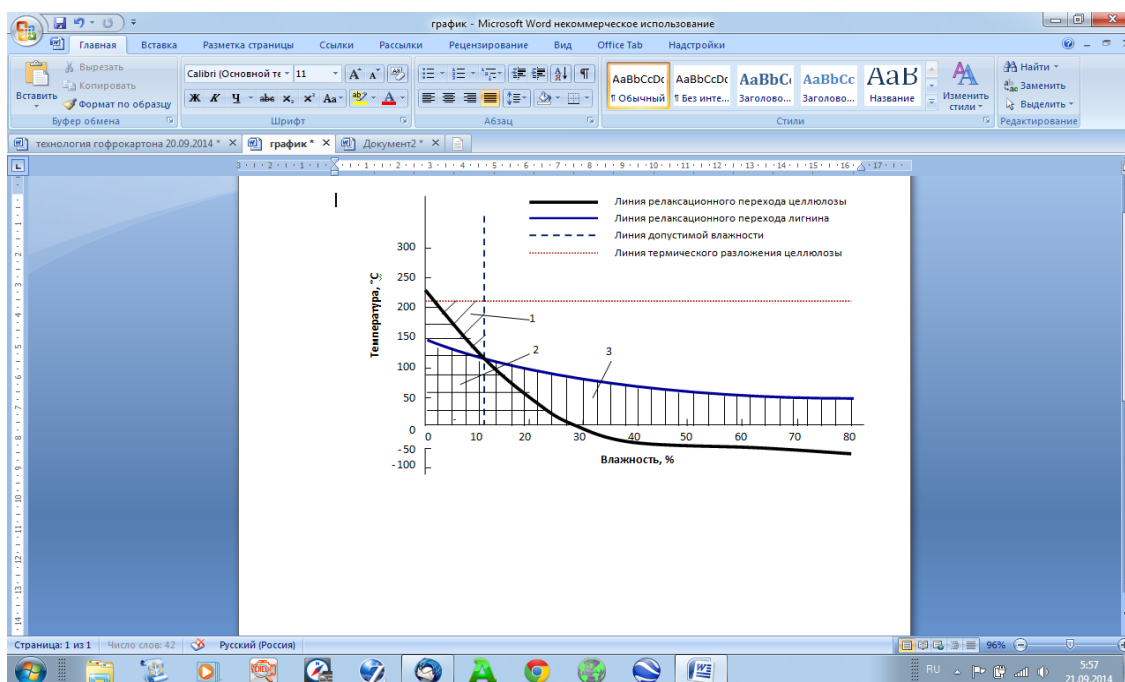


Рис.6.2. Диаграмма состояния целлюлозы и лигнина в присутствии воды

1 - зона оптимального гофрообразования

2- стеклообразное состояние целлюлозы

3- стеклообразное состояние лигнина

Влияние воды на T_c определенным образом свидетельствует о наличии водородных связей в сетчатой структуре лигнина. У щелочного и сульфированного лигнина влага оказывает большее пластифицирующее действие.

Релаксационные переходы в лигноцеллюлозном комплексе представляются более сложными, учитывая взаимодействие лигнина с гемицеллюлозами, а гемицеллюлоз с целлюлозой. Происходит пластифицирующее действие одновременно нагревания и увлажнения (рис.6.2).

Влияние влажности на прочность целлюлозных и целлюлозосодержащих материалов – достаточно исследованная область технологии бумаги и картона. О том, что вода влияет на ослабление водородных связей, видно по частичному набуханию аморфной фазы

целлюлозного полимера и увеличению сегментальной подвижности растительных волокон (рис.6.3).

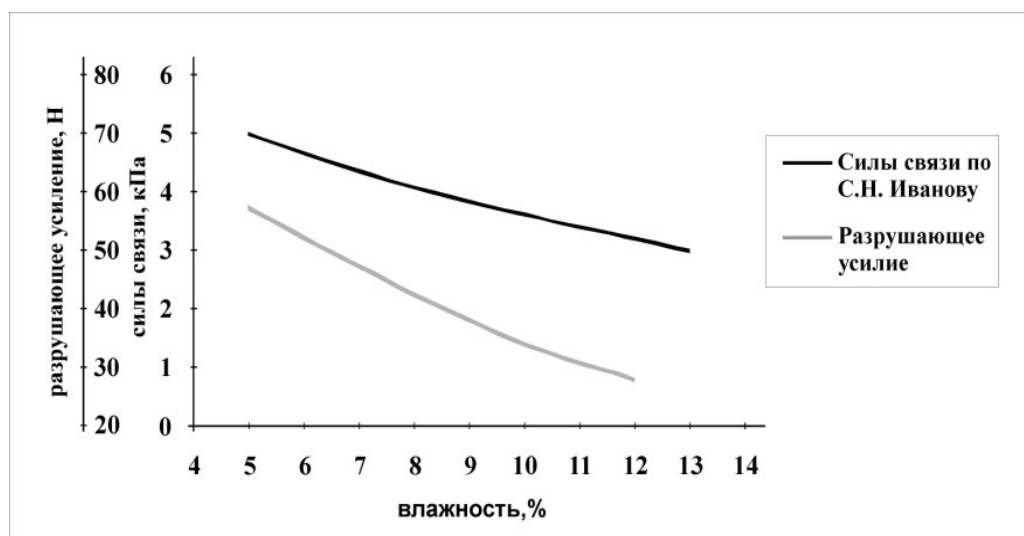


Рис. 6.3. Влияние влажности на прочность бумаги для гофрирования

При повышенной влажности и достаточно высокой температуре, характерных для гофрообразования, не исключен переход гемицеллюлозных фракций и низкомолекулярных фракций лигнина в вязкотекучее состояние. Таким образом, возможно образование так называемого «лигнинового геля», который способствует повышенной пластификации и, предположительно, упрочнению внутренней структуры материала.

Но следует различать влагу, остающуюся в бумаге и картоне после процесса сушки, и воду, внесенную в бумажное либо картонное полотно, путем возможного увлажнения. Влага высушенной бумаги и картона (4 - 6 %) – это, в основном, внутриволоконная прочно связанная вода, расположенная мономолекулярным слоем. Вероятно, эта влага обладает особыми свойствами, например, повышенной плотностью. Ее удаление прямым нагреванием практически невозможно и ведет к увеличению хрупкости волокон, термодеструкции и, в конечном счете, к термическому разложению.

Вторичное увлажнение, например, на холодильном цилиндре спреysами перед суперкаландром, паровым увлажнением перед гофровалами носит характер поверхностной сорбции, т.е. влага располагается, главным образом, на поверхности волокон, в порах и капиллярах.

Такая влага обладает выраженным пластифицирующим действием и способствует повышению гладкости и плотности под давлением. Нагревание интенсифицирует эти процессы. Деформация целлюлозных материалов переходит из упругой в пластическую. Уровень увлажнения необходимо строго контролировать, поскольку возможно необратимое разрушение материала в условиях жесткой нагрузки. Естественно, это зависит от структуры и прочности исходных материалов.

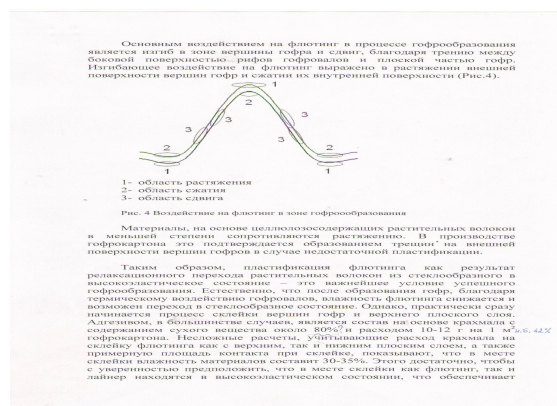


Рис. 6.4. Воздействие на флютинг в зоне гофрообразования:

- 1 - область растяжения
- 2 - область сжатия
- 3 - область сдвига

поверхности (рис.6.4).

Материалы, на основе целлюлозосодержащих растительных волокон меньше сопротивляются растяжению. В производстве гофрокартона это подтверждается образованием трещин на внешней поверхности вершин гофров в случае недостаточной пластификации.

Таким образом, пластификация флютинга как результат релаксационного перехода растительных волокон из стеклообразного в высокоэластическое состояние – это важнейшее условие успешного гофрообразования. Естественно, что после образования гофр, благодаря термическому воздействию гофровалов, влажность флютинга снижается и возможен переход в стеклообразное состояние. Однако, практически сразу начинается процесс склейки вершин гофр и верхнего плоского слоя. В большинстве случаев адгезивом является состав на основе крахмала

Основным воздействием на флютинг в процессе гофрообразования является изгиб в зоне вершины гофра и сдвиг, благодаря трению между боковой поверхностью рифов гофровалов и плоской частью гофр. Изгибающее воздействие на флютинг выражено в растяжении внешней поверхности вершин гофр и сжатии их внутренней

с содержанием сухого вещества около 20 % и расходом 10 - 12 г на 1 м² гофрокартона. Несложные расчеты, учитывающие расход крахмала на склейку флютинга как с верхним, так и нижним плоским слоем, а также примерную площадь контакта при склейке, показывают, что в месте склейки влажность материалов составит 30 - 35 %. Этого достаточно, чтобы предположить, что в месте склейки как флютинг, так и лайнер находятся в высокоэластическом состоянии, что обеспечивает хорошее проникновение адгезива в поверхностные слои флютинга и лайнера.

Таким образом, и в процессе склейки весьма важен релаксационный переход из стеклообразного состояния в высокоэластическое, причем этот переход происходит как при первой, так и при второй склейке. Последующая сушка приводит гофрослой, как и весь картон в стеклообразное состояние, необходимое для формирования требуемых эксплуатационных характеристик гофрокартона.

При большом нанесении клея увеличивается величина усадки картона для плоских слоев, что приводит в значительной степени к короблению гофрированного картона. Меньше нанос клея – меньше влаги необходимо удалить из гофрокартона – меньше величина усадки картона для плоских слоев – меньше величина коробления. В процессе изготовления гофрированного картона необходимо учитывать усадку картона для плоских слоев для получения качественной продукции.

ГЛАВА 7. ГОФРИРУЮЩИЙ ПРЕСС

Производство гофров

Мокрая часть – это один из важных этапов процесса гофрирования, в котором гофрокартон получается путем соединения различных слоев лайнера с флютингом. В настоящей главе описаны различные виды оборудования, его вариации и функции, необходимые условия, а также процесс производства гофрированного картона с использованием бумаги, крахмала, воды и пара. В последующих главах приведено более подробное описание связующих на основе крахмала и гофрирующих валов.

Далее следует обзор видов оборудования и их функций при производстве двухслойного гофрокартона.

Раскат и контроль натяжения бумаги

Раскат – это элемент машины, функция которого – поднимать и зажимать новый рулон бумаги, создавать необходимое натяжение для размотки, затем опускать пустую штангу вниз и выпускать (рис. 7.1).

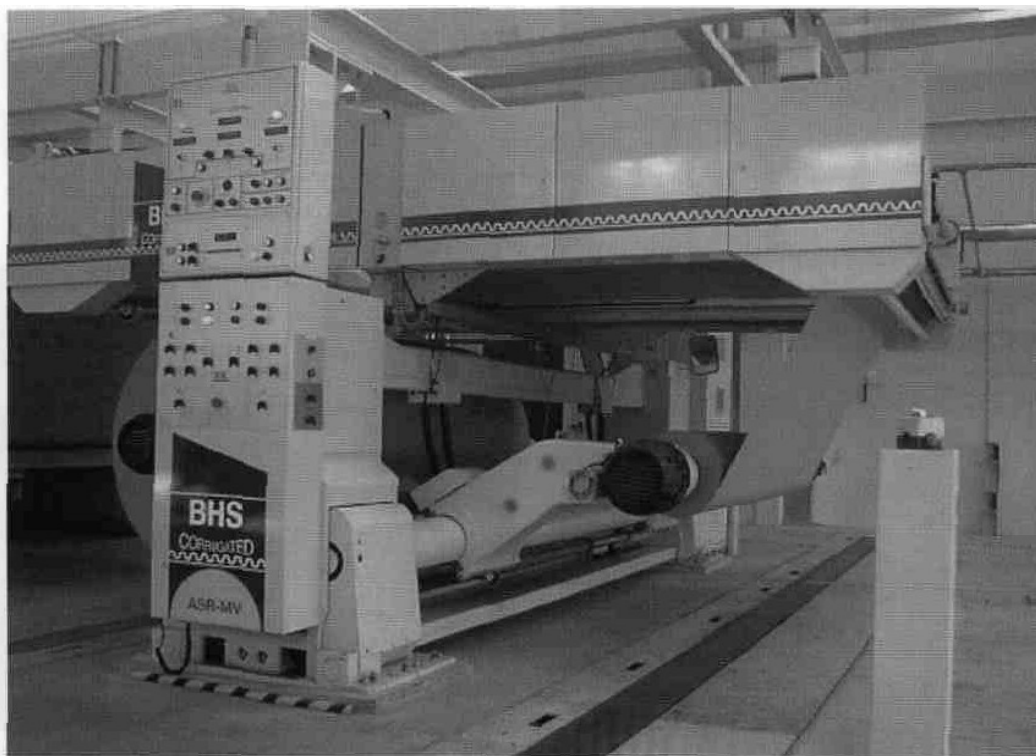


Рис.7.1. Размоточный станок и приспособление для стыковки сверху

При раскате основное – это:

- захват рулона и создание натяжения;
- контроль за натяжением бумаги во время размотки и стыковки;
- удерживание рулона в горизонтальном положении во время размотки;
- возможность горизонтальной корректировки для полотен бумаги;
- вывод части рулона или гильзы.

Перемещение и перевозка материалов

На практике способ поставки рулонов к гофроагрегату различается: это и тележки с прижимными механизмами, конвейеры, передающие устройства и другие транспортные средства. Однако, большинство фабрик используют напольные тележки для доставки рулонов. Подъемные устройства размоточного станка сделаны таким образом, чтобы поднять рулон для размотки с тележки. Оператор решает, где будет это производить. Механизмы должны быть раскрыты достаточно широко, чтобы принять рулон и не повредить рулон при опускании. Подъемные устройства опускаются до уровня гильзы, затем приближаются так, чтобы держатели, захватывающие гильзу, могли захватить ее с обоих концов. Здесь существуют возможные проблемы. Бобина может находиться на тележке не параллельно. Верхушка площадки – это ровная площадка с двумя выступами, проходящими по все длине для предотвращения скатывания рулона. Эти выступы не должны быть слишком натянуты, чтобы держать рулон параллельно, так как появляется вторая проблема, описанная ниже. Значит, рулон может лежать на тележке неровно (*рис. 7.2*).

Так как подъемные устройства вращаются вокруг фиксированного центра на стандартных станках, они описывают окружность (*рис. 7.3*).

Рулоны могут быть любого диаметра от максимального (обычно 1500 мм) до размера патрона (130 мм). Поэтому оператору необходимо перемещать рулон назад или вперед между выступами на тележке для того, чтобы удостовериться в горизонтальном положении

патрона относительно захватов. Сделать это проще с меньшими по диаметру рулонами (рис. 7.4).

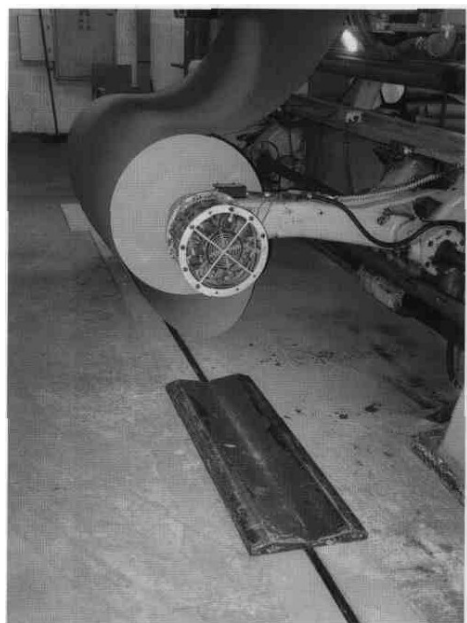


Рис. 7.2. Перевозка вала

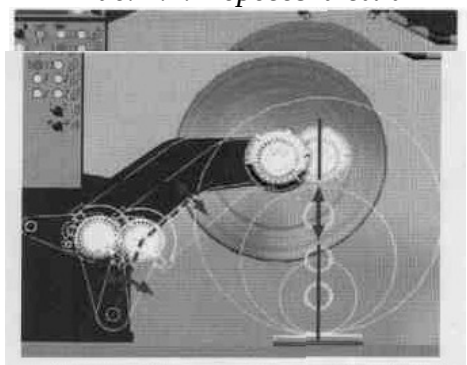


Рис. 7.4. Возможное перемещение рулонов

Натяжение обычно происходит по той же оси, что и захваты.

Некоторые поставщики в настоящее время предлагают размоточные станки, которые оснащены подъемными шарнирными механизмами на двух точках опоры, с системами, позволяющими обнаружить гильзу на каждом конце независимо друг от друга. При более совершенной механике и электронном контроле предполагается высокая цена оборудования, однако, такие системы позволяют сэкономить на перемещении техники и контроле, особенно в условиях ограниченного пространства. Такие станки также компенсируют конические или эксцентрические рулоны. Подъемный механизм может двигаться вертикально,

оставаясь по центру рулона для всех диаметров, способный принимать также деформированные валы.

В обычных безосевых станках используются закрепленные на шпонке конусы для захвата рулона. Они в большей или меньшей степени выходят из употребления из-за того, что рвут конец гильзы при размотке рулона. Если сила захвата уменьшается, они застревают внутри гильзы (рис. 7.5).

Расширяющиеся захваты – сейчас стандартное оборудование. Существуют различные модели, использующие расширяющиеся шпонки или

открывающиеся «лепестки» или



Рис.7.5. Захват рулона

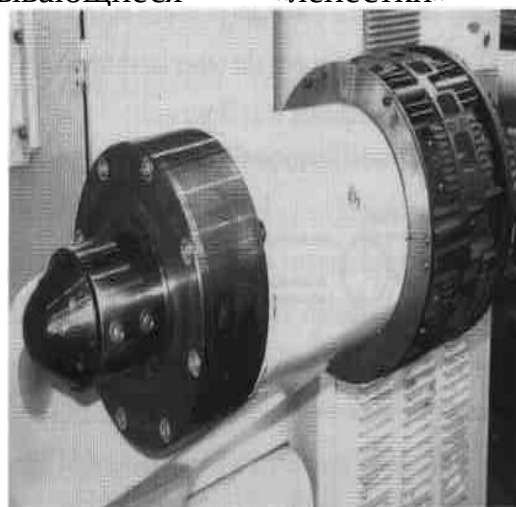


Рис. 7.6. Захватывающий патрон
диаметр отверстия был определен и
выдержан в соответствии с диаметром
захвата и не отклонялся от ± 2 мм.
Попытки сопоставить два диаметра
гильзы с использованием мерного захвата
были признаны неудачными. Так как
захваты становятся длиннее, а открытое
расстояние механизмов лимитируется,



Рис.7.7. Изображение испорченной
гильзы

они могут уменьшать максимальную рабочую ширину гофроагрегата. Контактная длина захватов и гильз также взаимосвязаны.

Горизонтальный захват должен использоваться для предотвращения повреждений внутри отверстия по мере размотки рулона (рис. 7.7).

Контроль натяжения бумаги при размотке и стыковке

Наиболее распространенными тормозными устройствами, использовавшимися для вращающего момента при обоих захватах (чтобы контролировать натяжение бумаги), были пневматические дисковые тормоза, использовались также и электрические. Вращающий момент, приложенный к полному диаметру рулона, необходимо удвоить так, чтобы приложенный к половине диаметра рулона, он вызывал такое же натяжение бумаги. Наиболее эффективный способ удостовериться, что при размотке поддерживается постоянное натяжение – измерить натяжение бумажного полотна до его входа в машину и после того, как оно пройдет валы предварительного нагрева и кондиционирования, которые могут повлиять на натяжение. Измеренный показатель сравнивается с установленным значением и автоматически устанавливается как необходимый.

Также при склейке необходим прибор, контролирующий натяжение и вращающий момент (который будет описан ниже).

Измерительное устройство для натяжения обычно выдает электронный сигнал, который необходимо преобразить в изменение пневматического давления в тормозной системе станка.

Удерживание рулона в горизонтальном положении во время размотки

В зависимости от ширины гофроагрегата и размера разматываемых рулонов масса рулонов бумаги от 3 - 4 т до нескольких килограммов в конце размотки. Размоточный станок должен быть удобен и надежен: ведь подъемные устройства на каждом конце рулона делят массу поровну и отклоняются тоже одинаково. Если, к примеру, подъемный (опускающий) механизм находится только на одном конце, они должны быть связаны посредством достаточно сильного дополнительного устройства, чтобы противостоять перекашиванию при подъеме тяжелой части.

Устройство для горизонтального выравнивания бумажного полотна

Для того чтобы быть уверенным, что флутинг и лайнер выровнены в гофроагрегате и что нижний слой лайнера выровнен с бумажным полотном в клеющем станке, в размоточный станок должно быть установлено дополнительное устройство. В настоящее время разработаны машины с автоматическим контролем, заменяющие оператора при загрузке нового рулона или рулона новой ширины.

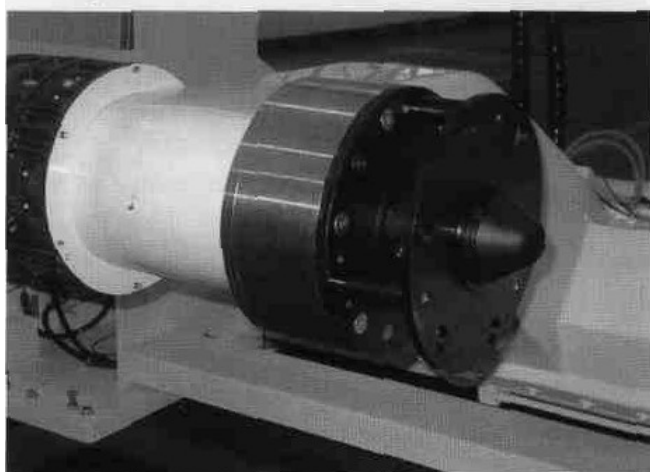


Рис.7.8. Выталкивающие кольца удаляют гильзу или часть рулона

Выбраковывание части рулона или гильзы

На удаление испорченной гильзы или части рулона из захвата, который за них цепляется, затрачивается много усилий, здоровья и безопасности людей.

Необходимо полностью автоматизировать смены рулонов выталкивающими кольцами, удаляющими гильзу или часть рулона, не привлекая при этом людей (рис. 7.8).

Состыковка

Стыковка заключается в том, чтобы соединить старый и новый рулоны вместе, пока машина продолжает работать. Склейка стыков была изначально внедрена с названием «летающее устройство для склейки» для улучшения надежности стыковки.

Современные устройства стыковки имеют электронный контроль натяжения с постоянным откликом в течение процесса стыковки. Это означает контроль двух типов остановки: 1 – для выходящей бумаги, 2 – для нового рулона. Типичная последовательность действий устройства приведена на *рис. 7.9*:

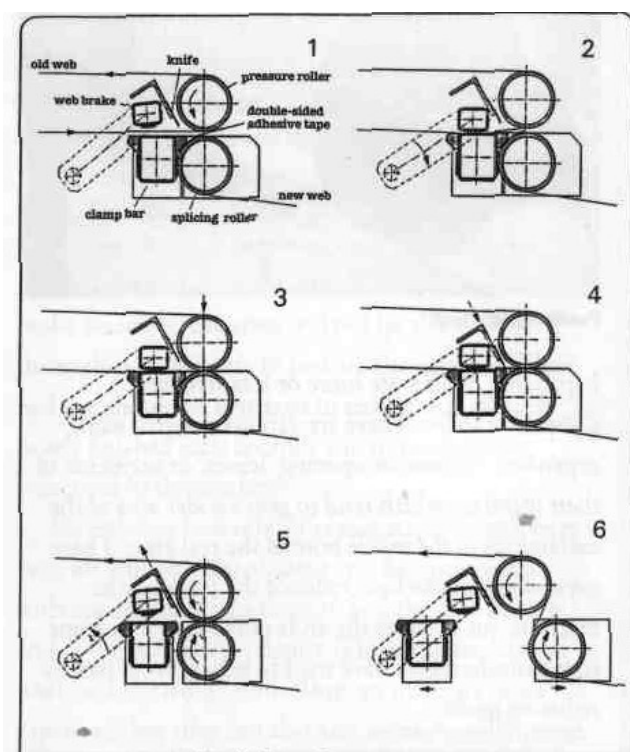


Рис.7.9. Последовательность действий

- Сначала оператор отрезает переднюю кромку нового рулона от края до края, прикладывает двухстороннюю стыковочную (склеивающую) ленту, удаляет покровный слой и поправляет область с лентой, чтобы ликвидировать незахваченные участки.
- Начало стыковки или predetermined в соответствии с диаметром гильзы или автоматически (к примеру, системой синхронизации стыковки), или вручную оператором.
- Выходящий рулон останавливается, бумага зажимается и к ней приклеивается (прижимается) новый подготовленный край.
- Выходящая бумага отрезается по краю стыковки.
- Тем временем машина начинает выходить на ровную скорость.
- Новая бумага ускоряется от точки стыка.

Контроль за всеми элементами должен быть точным, технический уход за системой контроля натяжения, тормозными подушками, лезвиями, режущими опорами, параллельностью рулонов, смазкой звеньев точек опоры очень важны для хорошей работы.

Предварительный нагрев и кондиционирование

При возникновении связей и формировании гофров может быть сохранена значительная энергия, если поднять температуру бумаги, таким образом поднимая термическую энергию. Наиболее эффективным и практичным способом сделать это – контакт с высоко проводящими стальными барабанами. Высокая температура также открывает поры, делая их более восприимчивыми для проникновения крахмального раствора и, как следствие, лучше создаются связи с бумагой.

Предварительный нагрев

Обычно в мокрой части стоят несколько нагревателей, некоторые из них располагаются свободно, а некоторые встроены в гофроагрегат, клеильный пресс и при входе в гофроагрегат для трехслойного картона. Это может облегчить прохождение влаги с другой стороны бумажного полотна. Свободно стоящие нагреватели имеют барабаны диаметром 900 или 1100 мм (в зависимости от массы бумаги и рабочей скорости) с регулируемым оберточным механизмом, с помощью которого можно регулировать количество поступающего тепла в зависимости от скорости полотна и линейной скорости машины (*рис. 7.10*).

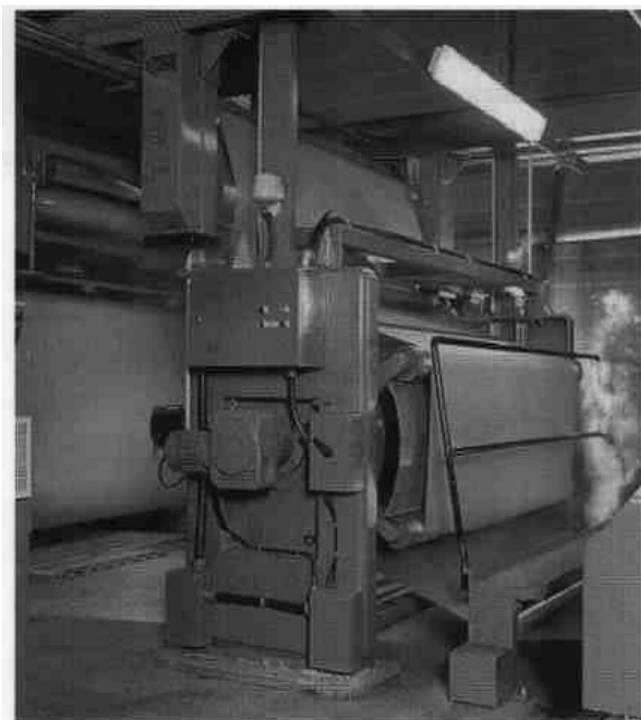


Рис.7.10. Отдельно стоящая секция предварительного нагрева

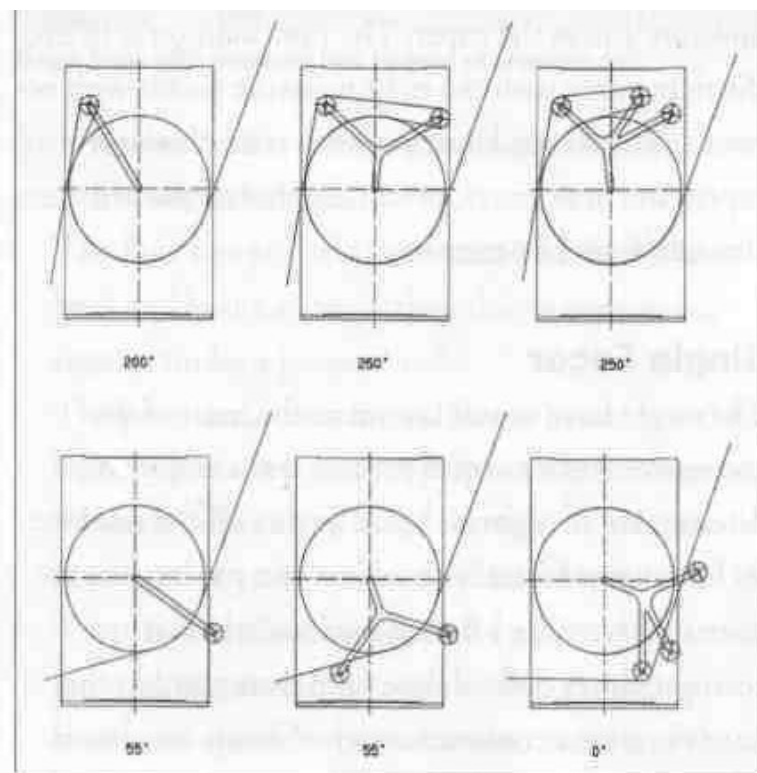


Рис.7.11. Устройство валов для достижения углов от 0 до 250 °

Для двойных регулируемых роликов возможно увеличение и варьирование угла оборота. Цель – достигнуть 270° на наиболее нагретых барабанах (рис. 7.11).

Другая проблема при проектировании (особенно для большинства барабанов предварительного нагрева перед клеильным прессом) – это возможность заменить подшипники барабанов без их демонтажа. Большинство современных машин будут предлагаться с роликами, работа которых зависит от скорости.

Если для одного определенного вида бумаги найден подходящий ролик, то будет включена автоматическая функция, определяющая время контакта бумаги с барабаном независимо от скорости, основываясь на физических пределах бумаги.

Предварительное кондиционирование

Изначально было внедрено для подачи пара для пластификации достаточно жесткого флютинга на основе полуцеллюлозы лиственных пород

путем временного размягчения связей лигнина. Пар также использовался для облегчения пропуска флютинга между двумя гофрирующими валами и уменьшал износ валов. Наличие пара не является необходимым при использовании флютинга, сделанного большей частью на основе макулатуры, исключая те виды флютинга, произведенные на БДМ с увеличенной зоной прессования, или со значительным добавлением крахмального клея чтобы конкурировать с полуцеллюлозным флютингом.

Пар и тепло помогают поверхности, которую необходимо подвергнуть воздействию клея, быть более восприимчивой к адгезиву для улучшения связей.

Как предварительное нагревание, так и предварительное кондиционирование играют важную роль в контроле коробления, хотя, как указано выше, оба процесса могут больше обострять, чем уменьшать мокрые потеки на бумаге, идущей в гофроагрегат. Особенно при использовании пара очень сложно (если вообще возможно определить), какое количество влаги находится в бумаге. Наилучшим решением будет использование стандартной бумаги с необходимой влажностью, чтобы избежать использования дополнительного пара. Однако, с использованием полуцеллюлозного флютинга и крафт-лайнеров пар практически всегда будет необходим.

Гофроагрегат для изготовления двухслойного картона

Гофроагрегат является важнейшей частью машины для гофрирования и весь процесс является главной операцией для картона, выходящего из машины. Его функции: приклеить флютинг к лайнеру, который отгофрирован до получения желаемой формы гофры, тем самым создать полотно двухслойного гофрокартона. Однако, будучи хорошо автоматизированным устройством, он составляет элемент совместно с клеильным процессом и гофроагрегатом для изготовления трехслойного картона, который требует практического навыка и смекалки от человека-оператора.

В простом описании гофроагрегат для двухслойного картона состоит из пяти валов:

- два подогреваемых гофрирующих вала, в точке контакта между которыми формируется гофра при пропускании бумаги между валами под давлением;
- один подогреваемый вал для прессования, который также может служить как зона предварительного нагрева, главная функция его состоит в припрессовке лайнера к клею на флютинге;
- один клеильный вал для передачи порции клея на флютинг;
- один шаберный валик, лезвия которого удаляют излишки клея

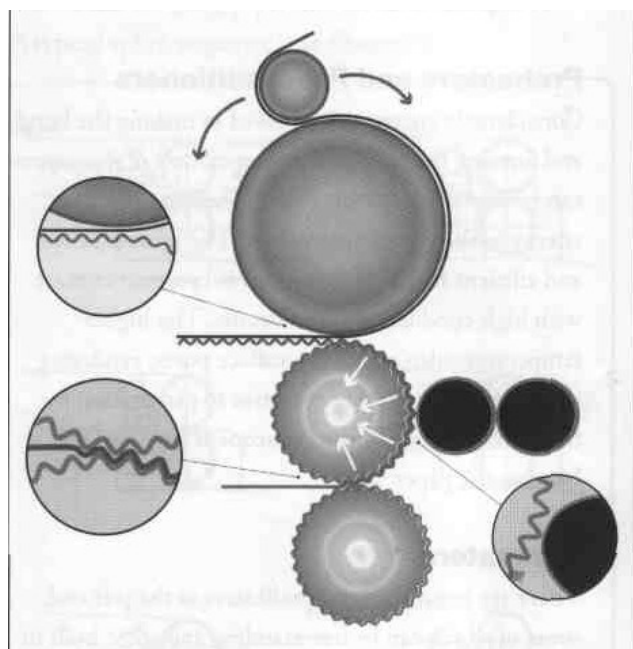


Рис.7.12. Типичное устройство гофрирующего пресса

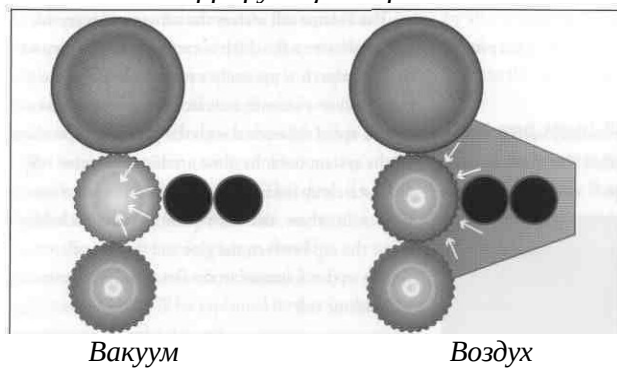


Рис.7.13. Иллюстрация беспальцевого принципа

с клеильного вала, оставляя пленку точно контролируемой толщины

(рис. 7.12).

Гофрирующие валы – это очень точно используемые инструменты. Их износ зависит от истирания бумагой. О гофрирующих валах см. главу 8. Они разогреты паром до 180 °С (температура поверхности) для изменения формы флютинга. Время, в течение которого валы меняют форму бумаги, очень мало. Для примера с рулоном диаметром 375 мм при скорости 300 м/мин время между формированием гофры и контакта с валом прессования составляет 118

миллисекунд.

Гофрированный флютинг крепко прижимается к верхнему гофровалу (сопротивляясь падению с увеличением скорости) или вакуумом, или давлением воздуха, поступающего снизу и сверху через валы подачи клея (рис. 7.13).

Точка связи по линии контакта между прижимным валом и верхним гофрировальным валом критическая. Давление контакта должно быть одинаковым, и линия контакта должна быть прямой и горизонтальной, в противном случае картон не получится ровным. В этом состоит причина того, что нижний гофрирующий вал имеет малую выпуклость поверхности. Необходимое давление прилагается к концам прижимного вала и нижнего гофрирующего вала для создания ровной линии контакта по всей ширине разматываемой бумаги. При проектировании машины была учтена необходимость верхнего гофрирующего вала оставаться без каких-либо повреждений по линии контакта с валиком подачи клея, так как должна быть абсолютно прямая линия, для того чтобы удостовериться в ровном нанесении клея по всей ширине. Три вала (два гофрирующих и один прижимной) нагружаются сверху и снизу – обычно используются гидравлические цилиндры. В гидравлической системе следует использовать инертный газ (например, азот) в аккумуляторах, чтобы обеспечивать «спружинивание» при случайном проходе через валы посторонних предметов, таким образом, предотвращая или, хотя бы, уменьшая до минимума риск поломки.

Поломка всех прижимных валов в гофроагрегатах для производства двухслойного картона происходит из-за частотного резонанса, когда частота вибраций, полученных при контакте прижимного и гофрирующего валов, находится во взаимодействии с частотой колебаний гофропресса. Она может варьироваться в зависимости от гофры, но практически всегда встречается на скоростях между 100 - 130 м/мин, затем увеличивается на скоростях 230 - 350 м/мин. Необходимо запускать машину выше или ниже области резонанса, при условии, что скорость данного картона совпадает с ним,

в противном случае шум создает урон окружающей среде и произведенный картон может треснуть.

Недавние разработки лежали в области исключения прижимного вала, так как он имеет некоторые оперативные и экологические недостатки, особенно на быстрых машинах. Таким образом, последние изменения происходят так (рис. 7.14):

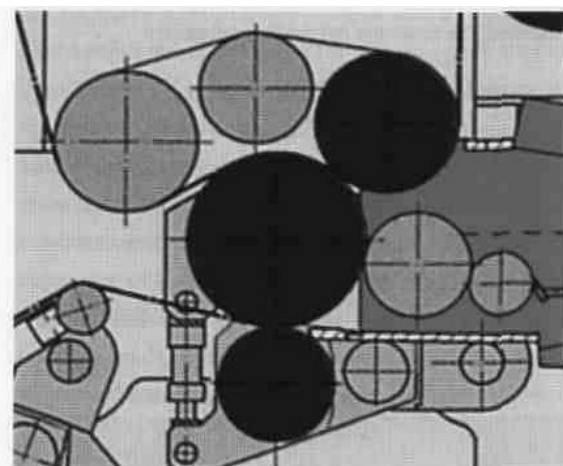


Рис.7.14. Гофроагрегат с прижимным ремнем вместо прижимного вала

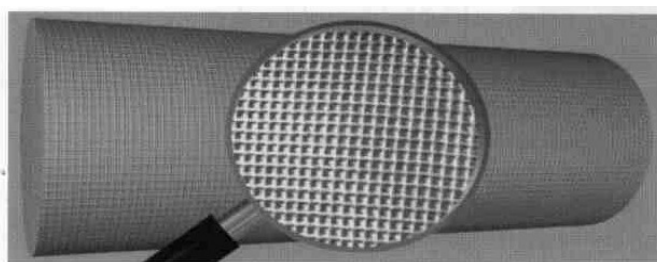


Рис.7.15. Гравированный вал подачи клея с клеточной структурой

В некоторых машинах замена прижимного вала дает следующее:

- верхушки гофров удерживаются в контакте с лайнером и нагревом большее время, чем с использованием прижимного вала;
- возникает меньшая вибрация в точке контакта, таким образом, работа становится менее шумной, нет критического разброса резонансных скоростей, которые могли повлечь повреждение бумаги;
- износ гофрирующего вала снижается –увеличивается срок его службы;
- двухслойный картон получается суше;
- полная теоретическая толщина картона выдерживается;
- снижается тенденция к образованию волнистой поверхности;
- лайнер представляет собой очень хорошую поверхность для печати.

Вал подачи клея – поверхность, предназначенная для нанесения строго контролируемой пленки адгезива на гофры.

Обычно поверхность гравирована 10 - 12 клеток/см на каждом листе из закаленной стали с покрытием из хрома или нержавеющей стали. Более выгравированная форма (16 - 18 клеток/см) используется для микрогофрокартона для снижения подаваемого количества клея. Если между клеящим валом и гофрирующим валом есть зазор, он должен быть аккуратно снижен до 0,1 мм, желательно иметь постоянное измерение данного зазора между ними (рис. 7.15).

Зазор от регулируемого двигателя, хотя и проще, но недостаточно подходящий, так как при таком зазоре имеется много ошибок в передаче. Валы должны останавливаться для предотвращения трения металла о металл, которое происходит в случае отсутствия бумаги в рабочей зоне, так как это может повлечь повреждение точной и тонкой поверхности клеильного вала. Некоторые производители надевают на концы подающего клей вала кольца большего диаметра как дополнительное средство для безопасной остановки. Обычно имеется небольшой скоростной дифференциал поверхности чуть выше 3 % для помощи в удалении клея.

Сейчас существуют машины, которые могут работать при контакте между подающим валом и гофрирующим валом. Чувствительные датчики на каждом конце подающего клей вала опознают контакт с бумагой, так как бумага начинает испытывать давление. Эта система сразу же регулирует положение вала до толщины бумаги. Другими словами – это саморегулируемая система.

При использовании бумаги с массой 70 - 90 г/м² с толщиной около 0,08 мм саморегулируемая система является единственно пригодной.

Шаберный валик измеряет пленку адгезива на ролике подачи клея, который контактирует с верхушками гофров. Обычно это вал с гладкой поверхностью, покрытый хромом или керамикой, имеющий различие в скорости с валом подачи клея, в зависимости от используемой системы. В некоторых машинах клеильный вал забирает крахмальный клей, погружаясь в емкость с клеем. В других – некоторое количество крахмала

содержится в зазоре между клеильным и шаберным валами, это схоже с флексографской печатью с шаберным валиком (рис. 7.16).

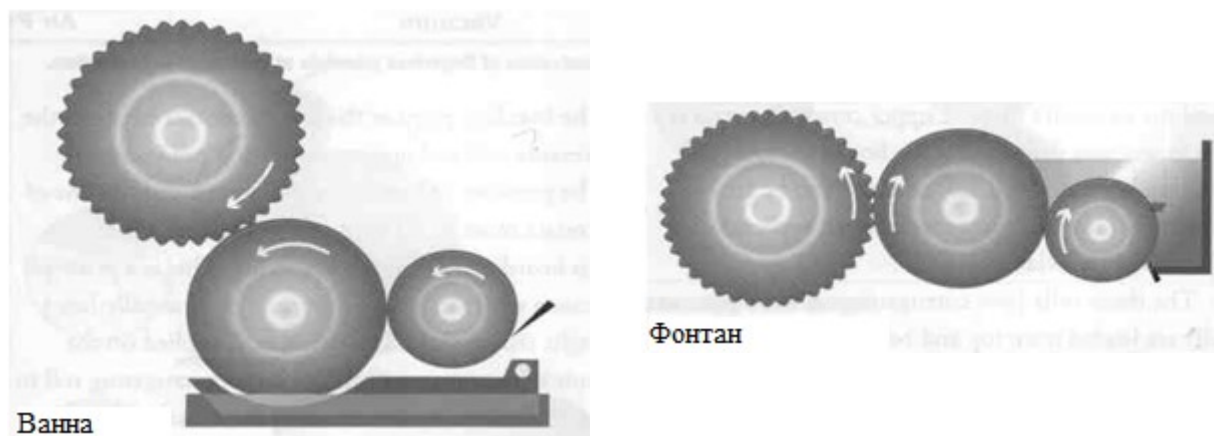


Рис.7.16. Эскизы системы подачи клея

Однако зазор между этими двумя валами около 0,1 мм должен быть тщательно вымерен и параллелен. Среднее потребление клея на гофрокартон марок В и С на гофроагрегате для производства двухслойного картона должен быть 3 - 4 г/м².

Также следует установить «клеевые ловушки», чтобы быть уверенным, что клей не попадет на гофрирующий вал. Они должны быть автоматически настроены на несколько миллиметров от каждого края бумаги, а когда

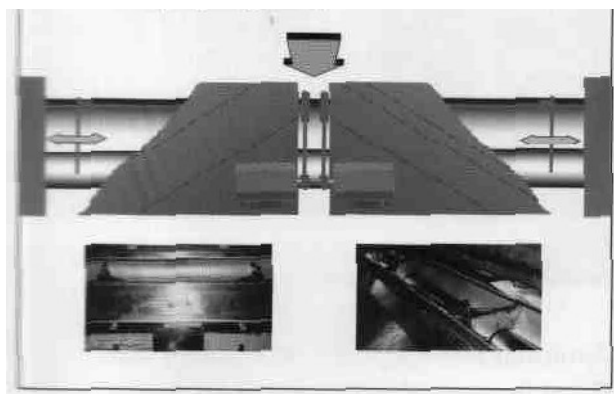


Рис.7.17. Автоматическое устройство задержки клея в направлении хода бумаги

ширина изменяется, «клеевые ловушки» должны быстро перепрограммироваться так, чтобы клей не попал на внешнюю сторону бумаги. Клеевой резервуар должен быть сделан таким образом,

чтобы при смене ширины полотна подача клея продолжала осуществляться, а ролик подачи клея не был пустым (рис.7.17).

Это лимитирует ширину полотна, смена которых может происходить при высоких скоростях. Однако существуют и другие параметры машины, которые накладывают подобные ограничения, к примеру, диаметр лотка для

отрезков бумаги. Поэтому, если требуется бóльшая смена ширины, чем 120 и 150 мм на сторону, то порядок смены должен быть автоматически возвращен к условной смене с зазорами.

Это будет разъяснено **в главе** , описывающей сухую часть.

На практике в дополнение к пяти ключевым валам, описанным выше, в гофроагрегате для производства двухслойного картона применяются валы предварительного нагрева, парообразователь и валы предварительного кондиционирования, направляющие валики и планки для начальной заправки и контроля направления бумаги. Некоторые из них могут перемещаться, чтобы получить регулируемые ролики на составных секциях предварительного нагрева. Свободно стоящие валы предварительного нагрева и предварительного кондиционирования дополняются барабанами, включенными в зону гофроагрегата в современных машинах, так как наиболее целесообразно проводить эти процессы как можно ближе к зоне формирования гофров как для избежания потери тепла, так и для уменьшения сферы действия разрывов полотна. Так как флютинг используется для получения гофрированной бумаги, то в машину входит флютинга больше по длине, чем длина произведенного картона. Отношение между длиной бумаги и длиной картона известно как коэффициент компенсации или фактор тяги. Чтобы снизить напряжение на низкорастяжимом флютинге при проходе в зоне гофрирования, он обычно заталкивается в зазор с помощью вала, вращающегося с большей скоростью, принимая во внимание коэффициент компенсации.

Сдвоенные и мультигофрирующие прессы

Относительно недавнее увеличение профилей гофры и необходимость в быстрой смене профилей реализованы в следующих типах гофроагрегатов:

Машина (кассетного типа) – в которой гофрирующие валы смонтированы в удаляемой кассете (заменяемой при поломке). Для этого требуются один или два оператора для замены и транспортировки одной

кассеты в цех, установки новой в машину и заправки бумаги. Валы могут быть предварительно нагреты паром в цеху, однако, все еще нужна холостая работа машины с паром в течение нескольких минут для стабилизации перед тем, как начать работу с картоном. Среднее время от остановки до выхода

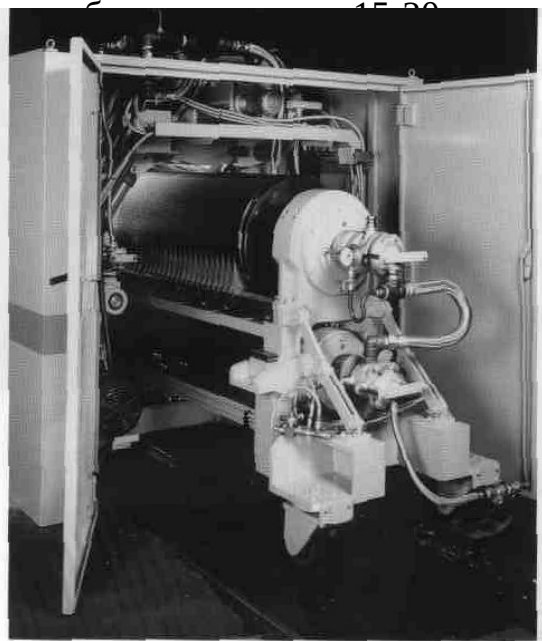


Рис.7.18. Смена кассеты в гофроагрегате

Машина кассетного типа может работать с сет (рис. 7.18).

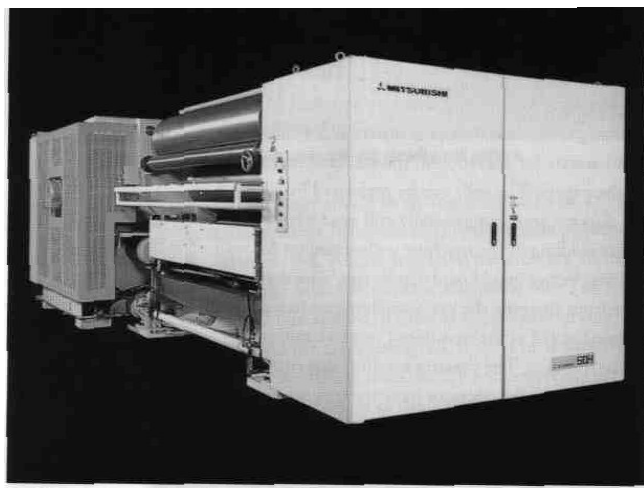
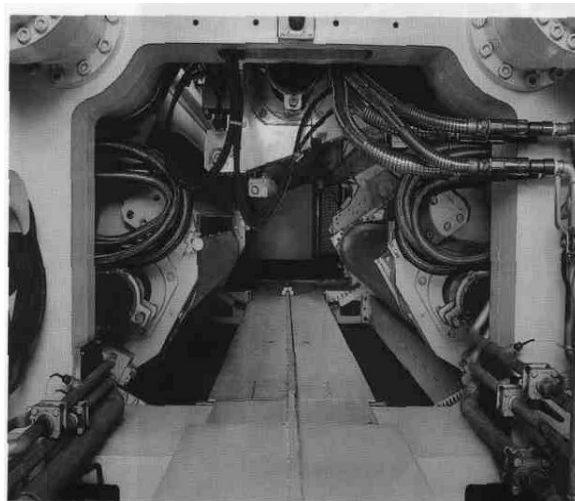


Рис.7.19. Двойной гофроагрегат с комплектом двойной гофры

Рис.7.20. Комбинированный гофроагрегат с двойным комплектом валов и сменными кассетами

Сдвоенный гофрирующий пресс представляет собой гофроагрегат для производства двухслойного картона, снабженный двумя комплектами гофрирующих валов. Смена между ними происходит с помощью кнопки запуска оператором или же без его участия. Существует предел по износу, который должен быть меньше чем у машины кассетного типа. Время смены

от остановки до набора рабочей скорости пять минут с возможностью вращать и нагревать запасной вал перед его сменой (рис. 7.19).

В комбинированном гофрирующем прессе имеется двойная гофрирующая машина и кассета используется так же, как и каждый из комплектов гофровалов. Таким образом, **объединяются преимущества быстрой смены двух наиболее часто используемых гофров с мультигофрирующей способностью** (рис. 7.20).

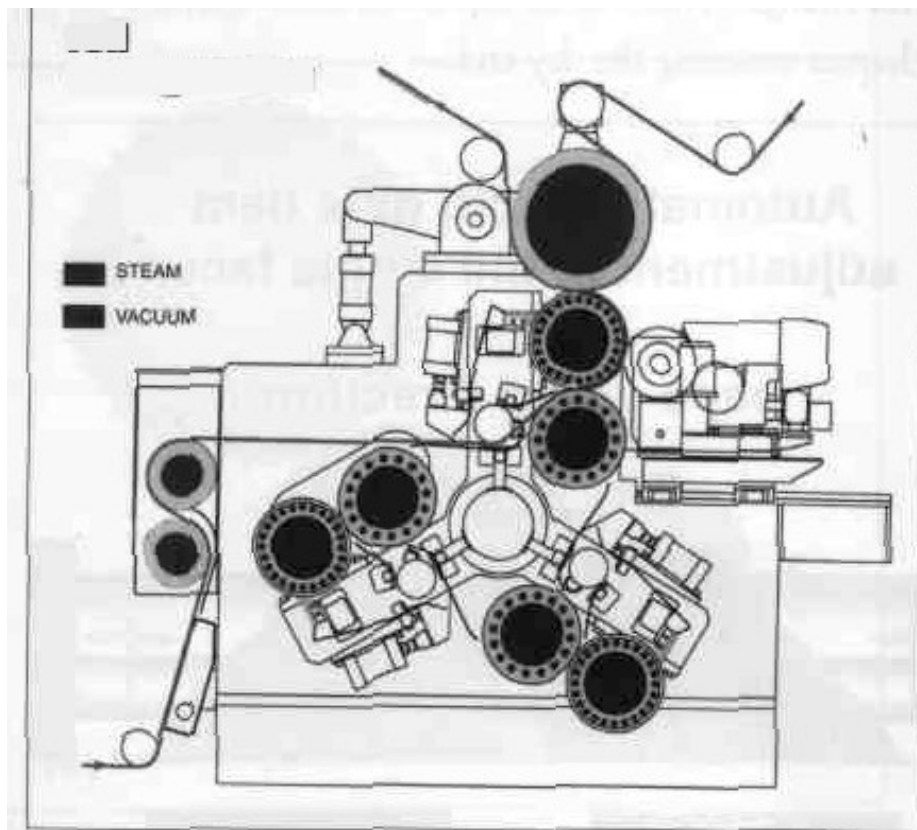


Рис.7.21. Эволюционный гофроагрегат с тремя видами профиля (фирма Terdec)

Здесь следует отметить, что фирма Terdec сделала тройную гофрирующую машину «MRF-Evolution» с быстрой сменой по трем видам гофры (рис. 7.21).

ГЛАВА 8. ГОФРИРУЮЩИЕ ВАЛЫ

Устройство для подачи листов имеет определенное число гофрирующих валов с возможностью смены профилей гофрирования, число валов зависит от того, какая работа экономически наиболее выгодна. Расширение числа операций, выполняемых без привлечения людей, юридические изменения, влияние цены на исходное сырье – все эти факторы играют роль в развитии современных валов для гофрирования.

Специалисты, ответственные за процесс гофрирования, должны знать пути развития новейшей технологии валов для гофрирования. Более высокие производственные скорости, переход к использованию в материалах гофрокартона вторичного волокна, бумаги с меньшей массой m^2 , увеличение стоимости энергии, рост требований покупателей, новые различные профили гофрокартона сыграли свою роль в изменении гофровалов. Для этого необходимо:

- повысить уровень специалистов по работе вала для гофрирования;
- знать основную терминологию;
- уметь исследовать параметры, связанные с производством гофры;
- уметь детализировать влияние тепла и давления на процессы гофрирования;
- уметь четко сформулировать рекомендации по техническому обслуживанию валов для гофрирования.

Руководство по работе вала для гофрирования

Цель любой системы гофровалов – сформировать на флутинге необходимый профиль, удержать его, пока наносится клей и приклеивается лайнер. Однако, если все так просто на словах, тогда почему имеются сложности в получении продукта постоянного качества, не производя отходы? Почему валы для гофрирования так дороги? Почему на определенных машинах некоторые рабочие скорости вызывают вибрацию и шум? И как производство флутинга изнашивает стальные валы?

В этой главе рассматриваются механические процессы, которые определяют стоимость и технические характеристики валов для гофрирования.

Проектирование и производство валов для гофрирования

Гофрирующие валы – жизненно важная часть всего процесса гофрирования. Методики, используемые при производстве, используемые материалы, дизайн профиля – все это имеет значительное влияние на стоимость и технические характеристики валов в обслуживании. Рассмотрим различные стадии производства вала.

Выбор материала

По соотношению цена-качество сталь остается наиболее предпочтительным материалом для гофрирующих валов. Сталь – это сплав железа и углерода, но его можно далее сплавить с другими элементами, такими как марганец, хром, молибден, кремний и никель, чтобы получить различные свойства. Конечные свойства стали будут зависеть от выбранного критерия для каждого компонента. Производство стали включает в себя плавление железа в печи и добавление других элементов. Получающаяся в результате расплавленная сталь выливается в форму, в которой затвердевает в форме слитка и весит около 50 тонн. Слиток затем нагревается и выковывается (грубо обрезается) для получения цилиндрической болванки, которая затем используется как сырье при производстве гофрирующих валов.

Лучшие по качеству гофрирующие валы сделаны из твердых выковок. Процесс ковки, который включает в себя ковку стальной болванки, пока она горячая, имеет эффект рафинирования натуральной зерновой структуры стали, таким образом повышая её плотность, прочность и улучшая стабильность. Стабильность важна для того, чтобы при последующих операциях, например при горячей обработке, валы не будут перекашиваться.

Хотя все стали выковываются при превращении слитка в болванку, последующие процессы часто включают в себя прокатку стали до конечной формы. Под влиянием этого все нерастворимые примеси, присутствующие в

стали (они перемещаются к центру бруска во время начальной отливки), сохраняются и становятся частью конечного продукта. Продукт можно сравнить с волокнистой структурой древесины. У древесины лиственных пород – узкослойная и плотная структура, у древесины хвойных пород – открытая крупноволокнистая структура. Узкослойная и плотная структура возникает в стали при ковке – такая сталь лучшего качества.

Механическая обработка вала

Кованая цилиндрическая болванка помещается в токарный станок так, чтобы внешний диаметр и концы были обработаны, и получился единообразный цилиндр с параллельными концами. Обработанная выковка помещается в другую машину для удаления сердцевины. Цилиндр крепко удерживается за один конец с поддержкой по всей длине с помощью роликов. Сердцевина удаляется единой частью (больше похоже на удаление сердцевины яблока) вместе с примесями. На этой стадии многие производители оставляют болванку на несколько недель, чтобы внутренние возникшие напряжения сошли «на нет». Отношение между внутренним и внешним диаметрами вала будет определяться толщиной стенки – это влияет на характеристики передачи тепла. При этом масса вала и жесткость будут изменяться, что, в свою очередь, повлияет на частоту или ответную вибрацию вала. Концы валов высверлены для входа шейки вала, часто на этом этапе производства происходит проверка качества. Концы шейки (также изготовлены из кованой стали) обработаны, все измерения оставлены с допуском, который будет убран до завершения процесса. Концы нормализуют для смягчения напряжений, которые могли произойти в стали (процесс горячей обработки). Концы шейки вала готовы для монтажа в болванку вала. Концы болванки нагреваются для растяжения, либо концы шейки вала быстро замораживаются в жидком азоте. Смонтированные вместе и достигшие нормальной температуры, детали скрепляются друг с другом сильной связью, которая довершается предварительным нагревом и сваркой (или болтами). Большое внимание уделяется процессу соединения.

В конце процесса валы будут работать при повышенной температуре и внутреннем давлении пара и будут классифицированы как паровые котлы. Соединение должно пройти проверку давлением пара и сертифицироваться как подходящее для устройств высокого давления.

Смонтированный вал возвращается в токарный станок, все диаметры снова обрабатываются (все диаметры были изменены в течение одной операции), остается лишь небольшой допуск. На этой стадии для достижения хорошего вращения в гофроагрегате очень важна концентричность валов. После этого валы снова проверяются. В осмотр входит магнитное исследование на наличие трещин, также как и тестирование паром.

Следующая стадия – помещение валов в рейсмусовый станок, который сделает грубую нарезку на валу. Для этого одноточечный резец перемещается по длине вала, нарезая борозду. Вал затем помечается необходимое число раз, равное тому, с каким шагом необходимо сделать нарезку гофры, и процесс повторяется. После того как на вал нанесена одна борозда по всей окружности, резец устанавливается на большее время прохождения по валу, таким образом, каждая следующая борозда получается глубже. Есть альтернативный процесс, он более распространен – нарезание фрезой. Во время этого процесса все гофры по окружности создаются одновременно, что достигается комбинированными действиями фрезы, которая перемещается параллельно оси вала, в то время как он вращается. Эти процессы представляют собой грубые операции, производящие достаточно точную форму гофры. Окончательная форма будет сделана позже шлифованием.

Валы готовы к закаливанию, это достигается путем серии нагревов, которые придают износоустойчивость, прочность поверхности валов. За закаливанием следует прорезывание щелей для создания вакуума, они прорезаются периферически в валах с интервалом, соответствующим кромке бумаги и (или) форме гофры, используемой покупателем, или по стандартному проекту. Щели обычно располагаются вблизи от внешних кромок вала для большей поддержки бумаги (вакуум

или давление) рядом с кромкой бумаги. Эти щели утоплены в вале с использованием алмазного диска. Некоторые производители делают щели в валах до их закаливания из-за относительной легкости обработки мягкого материала. Теоретически это может вызвать трудности при дальнейшем процессе тепловой обработки, что может дать различную твердость на кромках щелей.

Процесс производства почти завершен. После тепловой обработки вал устанавливается в шлифовальную машину, которая завершает обработку гофр. Необходимый профиль вырезается с помощью шлифовального колеса с использованием алмазной насечки. Каждый раз, когда колесо завершает определенное число проходов по длине вала, оно может быть насечено для аккуратной обработки гофров. Такой процесс имеет два ограничения:

- 1 - устройства с алмазной насечкой очень дороги и не все производители могут предложить профили, соответствующие таким устройствам;
- 2 - каждое такое устройство было сделано, чтобы соответствовать точному диаметру вала и последующему шагу (соответственно со спецификацией определенного гофроагрегата для производства двухслойного гофрокартона для диаметра вала).

При новой модификации шлифовки валов до уменьшенного диаметра происходит изменение профиля гофры и увеличение себестоимости. В качестве альтернативы для профилирования шлифовального колеса предложено использование контролируемого устройства с алмазной резкой, **с целью профилировать шлифовальное колесо для придания большого числа опций для профилей**. При работе этой системы радиус верхушки гофры может быть изменен для уменьшения или устранения вредного влияния эффекта натяжения (выравнивания) на переделанных валах.

Некоторые валы пойдут на дальнейшую обработку поверхностей, например, такие как покрытие хромом или карбидом вольфрама. Последняя проверка перед отправкой валов варьируется в зависимости от производителя. Измерительные проверки следует сочетать с тестами

на твердость и, если возможно, запустить вал во вращение, чтобы полностью удостовериться в его возможностях на гофроагрегате. **Полный протокол** должен быть отправлен с каждой партией валов для ссылки от производителя и покупателя в случае дальнейшего возврата для восстановления.

Износ гофрирующего вала

Пройдя через процессы производства, закаливания или покрытия поверхность гофрирующих валов становится очень устойчивой к воздействию абразивов. Если пробовать пилить валы, то на поверхности останутся только маленькие отметки, но, несмотря на это, при использовании гофрирующие валы будут изнашиваться от контакта с бумагой.

Необходимо проследить, как бумага движется по валам в процессе производства, какова природа бумаги и механизмы истирания, действующие на валы. Если бы мы измеряли относительные скорости бумаги, входящей в гофроагрегат, мы бы получили следующее: скорость лайнера будет равна линейной скорости гофроагрегата. Скорость флютинга будет равна скорости гофроагрегата, умноженной на коэффициент компенсации гофрирующих валов. Из-за разницы в относительных скоростях флютинг буквально скользит по вершинам гофров гофрирующих валов при движении между ними. Во время этого движения крошечные частички материала удаляются с вершечек гофров. Этот процесс называется истиранием и является причиной износа валов.

Для того чтобы продлить срок использования валов, нужно сократить присадку вала, при которой материал удаляется с вершечек гофров. Для этого необходимо, чтобы производители выделили первичные факторы,

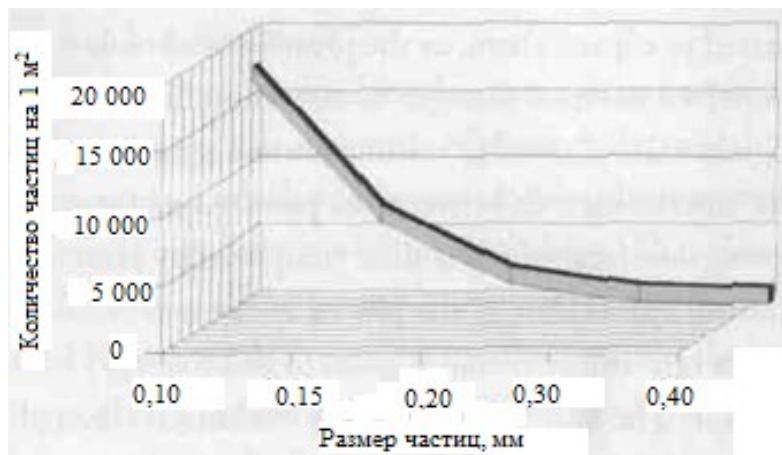


Рис.8.1. Содержание абразивных частиц (переработанная бумага)

которые влияют на износоустойчивость.

Состояние флютинга

Качество бумаги оказывает большое

влияние на срок службы гофрирующих валов. При этом необходимо обратить внимание

на минеральное или другое наполнение бумаги. Эти минеральные составляющие могут отличаться в зависимости от происхождения бумаги, но песок, кремний, кварц и оксид алюминия будут общими для всех. Из-за высокой твердости этих составляющих они могут действовать как режущие инструменты, будут очень эффективно удалять материал с вершушек гофров. Это главное. Второе – сопротивление деформации бумаги и коэффициент трения между бумагой и поверхностью вала (рис. 8.1).

Коэффициент компенсации

Разницу относительных скоростей между флутингом и вершушками гофров составляет коэффициент **компенсации**, который напрямую соответствует скольжению бумаги по гофрам и, следовательно, скорости, с которой вал будет изнашиваться.

Влияние других факторов

Остальные факторы включают в себя натяжение бумаги при движении между валами и более значительным фактором является то, как напряжение возрастает по мере прохождения бумаги (оно увеличивает абразивный эффект волочения бумаги по гофрам вала).

Уровень предварительного кондиционирования бумаги может повлиять на легкость, с которой она деформируется на валах и, следовательно, может повлиять на срок их службы.

Грязь или большие включения в бумаге (примеси), размеры которых превышают толщину флутинга, испытывают сжатие в зазоре, могут разрушать поверхность вала и содействовать ускорению износа. На это также влияет высокое механическое давление между вершушками гофров и желобом. Линейное давление на валах – от 25 до 50 кг/см в зависимости от конфигурации гофроагрегата. Под влиянием этого давления крупные примеси в бумаге проникают в вершушки гофров и деформируют сталь, оставляя эффект воронки

или кольца. Последствие этого – уменьшение ширины щелей вала, что часто делает удаление или перемещение клеевых полосок затруднительным.

Улучшение износоустойчивости

Для улучшения износоустойчивости и уменьшения истирания необходимо, чтобы поверхности валов были как твердыми, так и прочными. Твердость без прочности повлечет механические повреждения (отслаивание) поверхности вала. Такое повреждение быстро увеличит скорость износа вала. Чтобы избежать этого производители разработали различные закаливающие и покрывающие процессы, которые будут описаны ниже в этой главе. Другие условия для увеличения срока службы вала, включают в себя **оптимизацию** радиуса вертушки для получения наилучшего соотношения между факторами износа и улучшением поверхности, в конце концов, придя к минимальному коэффициенту трения и натяжения между бумагой и валами. Последний фактор, влияющий на износ вала – это возможность валов вращаться плавно при всех рабочих скоростях. Валы, которые вибрируют или вращаются рывками, будут увеличивать эффект шелушения на вертушках кофров вала, что приведет к преждевременным повреждениям валов и сильно сократит срок службы.

Вибрация гофрирующего вала

Чтобы лучше понять характеристики вибрации гофроагрегата, приведем некоторые основные положения. Камертон при ударе будет вибрировать на заданной частоте, производя определенный шаг. Такая частота известна как природная (естественная) частота колебания и является функцией массы и твердости камертона. Как и камертон, все (включая гофроагрегат с валами) обладает естественной частотой и зависит от массы и твердости.

В пределах гофроагрегата ударный эффект создается действием нагрузки вала по мере того, как он выбивает каждую вертушку гофрирующего вала по очереди. При изменении скорости гофроагрегата

частота меняется. Если в какой-то момент скорость удара вала совпадает с природной частотой одного из основных компонентов гофроагрегата (к примеру, одного из валов), тогда эти компоненты будут вибрировать на своей частоте и возникнет очень сильный резонанс. Скорости, при которых происходят такие эффекты, называются критическими и изменяются от машины к машине, от профиля к профилю.

Для любого описания гофрирующих валов наиболее важным фактором, связанным с вибрацией, будет естественная частота колебаний и амплитуда вибрации. При проектировании хорошего вала необходимо минимизировать вибрацию путем улучшения прочности вала, дизайна профиля и расчетов. Необходим баланс для оптимизации естественной частоты валов, чтобы избежать резонанс частоты машины, на которую они будут установлены. Это особенно важно на более старых машинах с меньшей структурной жесткостью, несовпадающие характеристики прочности могут негативно повлиять на ответную вибрацию из-за высокого резонанса машины. И наоборот, на новых, более прочных и тяжелых машинах резонанс вала может быть поглощен без «неприятного» влияния вибрационных характеристик гофроагрегата. Однако, при увеличении прочности вала путем увеличения толщины стенок возникает побочный эффект – увеличение массы вала: пространство для пара внутри вала становится меньше с последующим снижением передачи тепла через стенки вала к бумаге.

Повышенное давление и диаметр вала увеличивают стабильность, а **исключение прижимного вала было бы недопустимо.**

Остановка прижимного вала также снижает вибрацию из-за того, что увеличенное давление прикладывается к корпусу вала (без ухудшения качества картона). Таким был эффект снижения движения прижимного вала, что обеспечивало уменьшение проникновения в желоб между верхушками гофры на гофрирующем валу. Остановки также позволяют больше амортизировать вибрации прижимного вала непосредственно машиной. Дальнейшее влияние на вибрационные характеристики для конкретного

гофроагрегата осуществляется амортизацией, произведенной другими элементами машины, такими как точки фиксации вала, элементами конструкции машины, специальными основаниями и другими амортизационными системами, которые могут быть установлены на машину. Гофроагрегаты без прижимного вала с сильно пониженными показателями шума и вибрации имеют более долгий срок службы с меньшим износом.

Параметры гофрирующего вала

Каждый параметр имеет определенное влияние на профиль производимого картона и на динамику гофроагрегата, на который установлены валы. При выборе конфигурации гофров нужно обратить внимание, что картон, производимый на валах, должен удовлетворять Британским стандартам (*British Standard Specification*) для данного вида гофры. Британский стандарт 1133/7,5 определяет следующее:

Таблица 8.1

Тип гофры	Приблизительное число гофров на метр	Приблизительная высота гофры, мм	Коэффициент компенсации, %
Тип А	105-125	4,5-4,7	1,55+/-5
Тип В	150-185	2,1-2,9	1,33+/-5
Тип С	120-145	3,5-3,7	1,44+/-5
Тип Е	290-320	1,1-1,2	1,27+/-5

В табл. 8.1 представлен широкий ряд применяемых спецификаций для каждого профиля. Требования для каждой отдельной операции могут быть сбалансированы для того, чтобы удовлетворять оптимальной работе вала.

Ключевые параметры, необходимые для определения спецификации гофрирующего вала и некоторые характеристики, относящиеся к каждому параметру, рассмотрим ниже в этой главе.

Шаг гофров

Определяется расстоянием между верхушками соседних гофров и иногда как число гофров на метр. Уменьшение шага с постоянством остальных характеристик, в общем, улучшит *ECT* и *FCT* картона, качество

поверхности для печати. Увеличится скорость износа вала, вибрация и механический шум снизятся.

Высота гофров

Определяется как расстояние от вершук двух соседних гофров до самой нижней точки в выемке между ними. Уменьшение высоты (с постоянством остальных характеристик) уменьшит *ЕСТ* (испытание на торцевое сжатие) и износ вала.

Верхушка гофров и радиус выемки

Созданные для совместной работы верхушка гофры и выемки сочетаются для придания бумаге особого профиля. В условиях оптимизации радиус верхушки картона теоретически должен быть очень маленьким. В реальных условиях радиус преимущественно зависит от массы и толщины бумаги, которую покупатель заказал пропустить через валы. Уменьшение радиуса верхушки уменьшит уровень вибрации.

Боковой зазор

Для предотвращения контакта между флютингом и краями профиля сделан специальный зазор. Существует много теорий о происхождении и форме зазора, их также много как и производителей.

Изогнутость, выпуклость вала

Для гарантии того, что между тремя валами давление распространяется по всей ширине, один гофрирующий вал и прижимной вал сделаны неправильной формы, т.е. диаметр по центру вала обычно больше, чем на концах. Вал, который удерживает флютинг, параллелен основанию. Подсчет бомбировки вала получается путем оценки напряжений изгиба вала на машине. Ключевые позиции – ширина и прочность вала; более прочным валам требуется меньшая бомбировка, менее прочным (валы либо шире, либо с более тонкими стенками) требуется большая бомбировка. Вдобавок, подсчет должен быть принят во внимание при выборе материала прижимного

вала (сталь или чугун). Целью является достижение прямой линии в точке контакта между прижимным валом и соседним с ним гофрирующим валом, так как в этом месте осуществляется связь между лайнером и флютингом в гофроагрегате с прижимным валом.

Диаметр вала

Диаметр вала оказывает значительное влияние на характеристики гофроагрегата. Большие по диаметру валы являются более прочными и не требуют большой бомбировки, у них большая паровая камера и лучше вибрационные характеристики и, в общем, они более стабильны в работе. Также они находятся в более длительном контакте с флютингом из-за большей окружности, позволяющей тратить больше времени для проникновения тепла на высоких рабочих скоростях. По мере прохождения флютинга по валу он поднимается и, если напряжение будет больше прочности на разрыв бумаги, то бумажное полотно разорвется. Чем больше по диаметру вал, тем больше гофров находится в контакте с бумагой, и тем больше будет возрастать напряжение в бумаге. Это влияние можно сократить путем увеличения поверхности вала, либо покрыть их таким материалом, как хром, который имеет низкий коэффициент трения с бумагой. На *рис. 8.2* показано, как возрастает напряжение на различных по диаметру валах относительно коэффициента трения между бумагой и валом. С другой стороны, также можно запустить вместе с большим валом маленький вал и таким образом уменьшить длину зоны контакта.

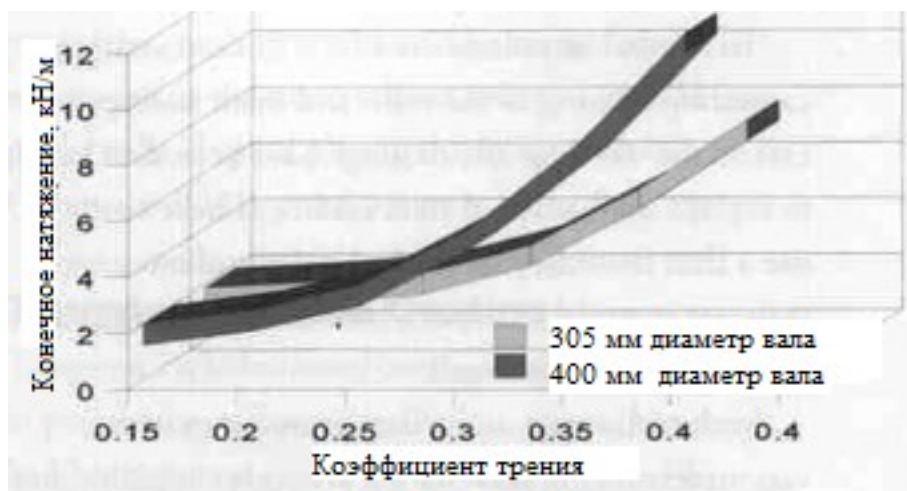


Рис. 8.2. Возрастание напряжения в зоне контакта

Недостатки: сложность в достижении в равной степени износа на различных по диаметру валах, деформация меньшего вала.

Обработка поверхности вала и покрытие

Вступление

За последние годы в индустрии произошел всплеск в использовании специализированных покрытий для улучшения работы валов для гофрирования. Валы без покрытия **в значительной степени зависят** от процесса закаливания, чтобы приобрести такие свойства как прочность и износостойкость стальной поверхности. Закаливание может производиться различными путями, наиболее распространенные будут описаны ниже. Все эти процессы базируются на изменении структуры поверхностного слоя стали, а свойства обработанной поверхности будут зависеть от того, какая сталь используется.

Ограничения традиционной закалки валов: чем дольше они закаливаются, тем более хрупкими становятся. Хрупкие валы более склонны к расслаиванию и растрескиванию во время использования. Следствием этого является наиболее удобная для использования жесткость около 63° по шкале Роквелла. На практике на новых валах она меньше (60 - 61°) – однако, жесткость закаленных валов может увеличиваться во время использования: углерод (сплавленный со сталью для получения большей жесткости) может теряться по поверхности валов при закаливании, следовательно, верхний слой вала может быть чуть менее твердым, чем материал под ним. В результате валы будут изнашиваться с разной скоростью, и этот износ влияет на постепенное ухудшение профиля производимого картона.

Для уменьшения влияния, вызванного износом вала и для продления срока службы, на замену закаливания применяются различные покрытия.

В них используется тонкий слой твердого и более устойчивого

к истиранию материала, который играет роль барьера между бумагой и поверхностью вала. Далее будут приведены некоторые детали различных процессов закаливания и нанесения покрытий, а также достоинства и недостатки каждого.

Индукционное закаливание

Все процессы закаливания базируются на изменении в металлической структуре, которые происходят во время нагрева и последующего охлаждения материала. Традиционное индукционное закаливание проводится с вертикально стоящим валом путем индукции силового магнитного поля на поверхности вала, используя электрическую катушку, которая обмотана вокруг вала. Это быстро нагревает поверхность вала до определенной температуры. Затем происходит немедленное охлаждение маслом для сохранения структурных изменений, произошедших в стали, что дает очень твердый слой (около 68°) глубиной 4 - 5 мм.

Вслед за процессом закаливания валы подвергаются процессу обработки (термическая обработка). Он включает в себя снова нагрев в печи до более низкой температуры (чем та, которая использовалась при закалке и охлаждении), происходящий более медленно. Комбинация этих процессов – прочная поверхность с твердостью не более 63° по Роквеллу.

Индукционное закаливание – быстрый, относительно дешевый и контролируемый процесс со всеми характеристиками и ограничениями для нужной стальной поверхности, износ валов происходит медленнее благодаря защитному барьеру.

Азотирование

Для этого валы должны быть нагреты в атмосфере азота в специальной печи. Так получается твердый верхний слой поверхности вала глубиной около 0,75 мм. Преимуществом азотированных валов является прекрасная износостойкость, полученная в результате структурных изменений в процессе закаливания. Однако относительно тонкий верхний слой

поверхности может изнашиваться, если вал при закаливании испытывает различные деформации. Производитель должен переделать и повторить процесс закаливании для того, чтобы убедиться: валы прослужат достаточно долгое время. Процесс азотирования очень хорошо отработан и широко применяется, стоимость его относительно невысока.

Суперзакаливании с ионным азотированием

Для улучшения характеристик износа и небольшой глубины закаливании, вызванной азотированием, некоторые производители разработали новую процедуру, которая объединяет ионное азотирование и индукционное закаливание. Твердость по-прежнему находится на уровне 63 - 64°, но глубина слоя увеличилась до 1,2 - 1,4 мм.

Покрывание хромом

Покрывание хромом распространилось в течение последних нескольких лет. Например в США, оно стало основным процессом обработки для гофрирующих валов. Хромовое покрытие дает твердый, износостойчивый поверхностный слой на поверхности закаленной стали вала. Для этого используется гальванический процесс. В отношении гофрирующего вала результат таков: верхушки профиля гофры будут иметь более глубокий слой хрома, чем кромки или желоб. Это полезное свойство, так как верхушки гофров – области, наиболее подверженные износу на гофрирующем вале (толщина хромового слоя может колебаться, но в среднем будет составлять 0,1 мм на верхушках гофров). Дополнительный плюс хромового покрытия состоит в низком коэффициенте трения между флютингом и поверхностью вала. Это снизит напряжение в зоне контакта. Валы с тонким хромовым покрытием меньше подходят для высокоабразивных бумаг, чем закаленные валы, однако их лучше использовать для флютинга из чистого волокна. Существует возможность отслаивания, если размер включений в бумаге будет более 0,5 мм.

Такое отслаивание вызывает зацепы флютинга и деформацию гофры. С

использованием подходящих типов бумаги валы с хромовым покрытием дают очень хорошие показатели срока службы по сравнению с закаленными стальными валами. Однако начальная стоимость будет выше и относительную экономию надо будет рассчитывать покупателю самому.

Оценка состояния комплектов валов с хромовым покрытием по мере их износа при работе не так однозначна, как для закаленных стальных валов. Вначале, пока целостность хромового граничного слоя остается нетронутой, износ идет очень медленно, его сложно измерить. По мере его уменьшения износ убыстряется и становится заметным.

Состояние хромового слоя можно проверить, нанося раствор медного купороса на поверхность вала в определенные интервалы срока службы (например, каждые 3 месяца). Сокращение слоя будет заметно, так как медный купорос окрашивает эти места вала в коричневый цвет. Наиболее изношенные области будут в центре вала на краях щелей. Решение о замене вала остается за фабрикой: существует приемлемая практика использовать валы до тех пор, пока хромированный слой не сработается до основного материала. Однако может быть экономичнее заменить валы сразу после того, как медный купорос потерял свой цвет.

Покрытие карбидом вольфрама

Разработано в Европе в конце 90-х гг., но распространилось значительно позже. Покрытие представляет собой очень твердые частички карбида вольфрама, связанные между собой, нанесенные на поверхность вала с помощью матрицы (обычно используют кобальт).

В покрытие можно добавить другие элементы, хром и никель, которые придадут дополнительные свойства, например, коррозионную стойкость.

Покрытия могут быть нанесены на вал различными способами:

- материал покрытия (в форме порошка) добавляется в поток газов, нагретых до температуры выше точки плавления порошка, и распыляется по поверхности вала. По своим свойствам он наилучшим образом подходит,

когда покрытие нужно нанести на поверхность под углом в 90° . Однако относительно хорошим покрытие получается под углом 60° , поэтому такой процесс успешно применяется.

- существуют еще два процесса, в которых нанесение покрытия происходит путем обстрела поверхности крошечными частичками покрытия на очень высокой скорости (760, 900 м/с). При внимательном и осторожном исполнении технологии эти маленькие частички могут создавать очень прочный и стабильный слой покрытия с отличными характеристиками, близкими к идеальным под углом 45° .

Недостатки – необходимость полировки, а также высокая стоимость по сравнению с другими видами обработки.

При применении карбида вольфрама в качестве материала для покрытия необходимо отметить:

- покрытие хорошо связывается с поверхностью;
- покрытие можно наносить равномерно;
- конечная отделка поверхности достаточно гладкая, что позволяет флютингу свободно двигаться в зоне контакта (низкий коэффициент трения).

Улучшения появились в результате хорошей подготовки валов перед покрытием, улучшенной техники покрытия, исследований материалов для покрытий и развития эффективных методов полировки.

Покрытие карбидом вольфрама – относительно дорогой процесс. Преимущества – очень тонкая, очень прочная, износоустойчивая поверхность, увеличенный срок службы вала, высокие постоянные эксплуатационные характеристики. Валы с покрытием карбида вольфрама можно заменить, как только покрытие начнет изнашиваться.

Это означает, что ухудшение, заметное в толщине картона по мере срока службы вала, незначительно. Следовательно, валы могут быть обновлены по минимальной цене.

При обслуживании целостность покрытия проверяется использованием медного купороса, также как и с валами с покрытием хромом. Покрытие

настолько тонкое (0,04 - 0,14 мм), что физическое измерение его на валах очень сложное.

С использованием валов, покрытых карбидом вольфрама, обновление состоит из снятия испорченного покрытия, которое, как мы знаем, очень тонкое, затем легкой заточки профиля, покрытия и финишной обработки. Характеристики восстановления вала абсолютно такие же, как и у нового вала.

Нагрев гофрирующих валов

Необходимость нагрева

Необходимость нагрева на гофрирующих валах происходит из двух основных требований процесса гофрирования. Во-первых, нагрев необходим для достижения температуры клееобразования. Во-вторых, тепло необходимо в процессе гофрирования флютинга.

Если мы попытаемся отгофрировать бумагу с несоответствующей процессу температурой, то получаются бесформенные гофры (из-за природной устойчивости бумаги к деформации). Сохранение формы флютинга является результатом природы и силы электромагнитных (водородных) связей, которые держат волокна вместе и придают бумаге ее прочность. Поэтому, чтобы успешно деформировать бумагу и закрепить ее форму, необходимо ослабить эти связи. Такой пластифицирующий процесс достигается добавлением влаги с помощью пара и тепла в бумагу при предварительном кондиционировании и подаче тепла на гофрирующих валах.

Принцип нагрева

Почти все гофровалы, используемые в промышленности, нагреваются паром, это относительно дешевый и высокоэффективный процесс.

Для производства пара в котле при атмосферном давлении (1 бар) вода нагревается до 100 °С, при которой закипает. Если продолжить нагревать воду, она превратится в пар, но температура не поднимется выше 100 °С

до тех пор, пока вся вода не испарится. Это «сухой» пар. Если мы взглянем на энергию, которая необходима для перевода всей воды в сухой пар, она будет равна 5,4, умноженное на энергию нагрева воды от 0 °С до точки кипения. Эта энергия называется «скрытой» теплотой. Нагревая пар дальше, получим увеличение температуры пара, что называется «супернагрев».

Если попытаться запустить гофроагрегат на «сухом» паре при атмосферном давлении, то максимум температуры будет 100 °С. В то же время температура для производства хорошего гофрокартона будет зависеть от многих факторов. Температура поверхности вала от 140 до 180 °С необходима. Для достижения этого можно сжать пар. При повышении давления температура кипения (или парообразования) продолжает расти, если переместить этот процесс на бумагу, то получится кривая (рис. 8.3).

При 13 бар температура парообразования 191,5 °С, при 15 бар – 201,45 °С. Из-за разницы в температурах между внешней и внутренней поверхностью гофровала многие фабрики (в зависимости от вида машины и достигаемых скоростей) будут использовать давление пара в этой области. Хотя очень горячий, супернагретый пар не принесет свою термическую энергию также быстро, как сухой пар, который производит большую энергию при конденсации. Для более эффективного использования пара паровая система должна выдавать сухой пар при высоком давлении (обычно 13 - 15 бар) к гофроагрегату и использовать скрытую энергию (которая образуется при обратном переходе пара в воду) для передачи тепла к валам; пар будет конденсироваться по мере выхода энергии, и этот переход будет происходить при постоянной температуре. Для оптимизации конденсат необходимо быстро удалять из валов, что можно сделать несколькими способами, которые будут описаны позже.

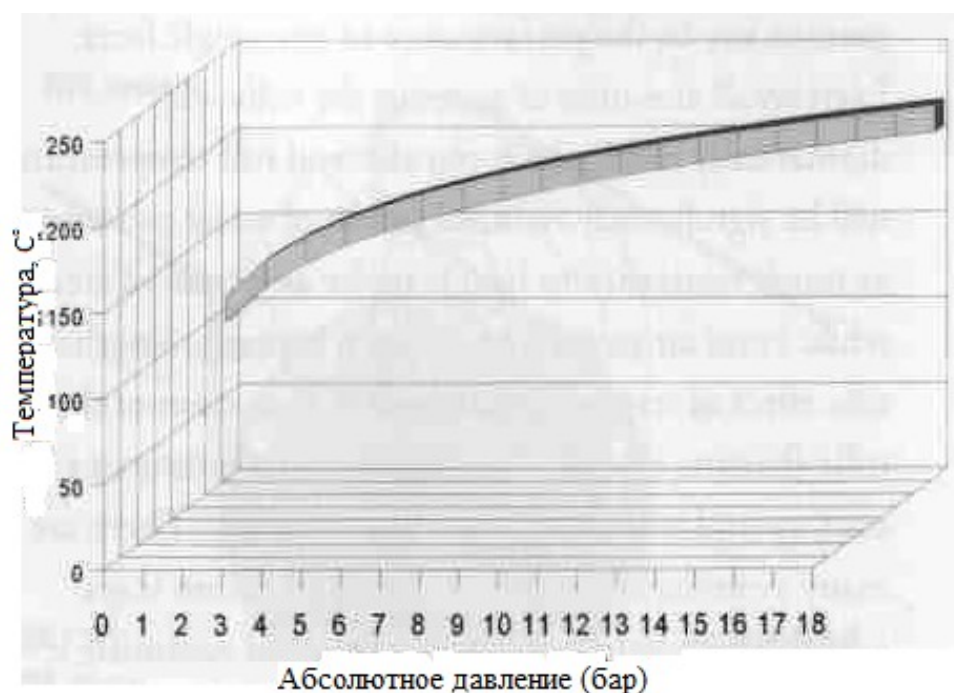


Рис. 8.3. Давление и температура воды и пара

Общие проблемы с распространением пара к гофроагрегату возрастают обычно от «линии потерь», или потерь пара по мере его движения от нагревателя к гофроагрегату. В результате долгих переходов или плохо заизолированных труб происходят потери давления (следовательно, температуры) и ухудшение состояния пара, также часть скрытой энергии теряется через стенки труб. Пар под влиянием этих обстоятельств начинает конденсироваться, приходя к гофроагрегату в «мокрое» виде (частично использованном).

Также необходимо отметить, что получают пар при более высоком давлении, чем необходимо для процесса гофрирования и снижают давление на машине. Это снижение вызывает искусственный супернагрев пара и супернагретый пар необходимо охладить в валах, прежде чем он выделит свою «скрытую» энергию. Это приносит большой ущерб процессу гофрирования. На некоторых производствах давление снижается на гофроагрегате, чтобы устранить влияние длинных переходов и плохой изоляции (снижение давления мокрого пара может вызвать уход конденсата и очистить пар перед его использованием на гофроагрегате), но это дорогой способ.

Системы удаления конденсата

Эффективное удаление конденсата и газов, его не образующих, способствует хорошей работе любого гофроагрегата. Даже малое количество воды в валах чрезмерно снижает передачу тепла и температуру вала (1 мм воды дает такое же сопротивление, как 55 мм стали, в то время как 1 мм воздуха приравнивается к 550 мм меди), другое влияние конденсата – перекашивание вала. Это будет заметно при начале работы и плохо скажется на качестве картона. Многие годы одна система (сифон) доминировала в этой области, в недавнее время были предложены новые решения для улучшения проведения этой операции.

Сифон

Сифон – наиболее часто применяемый метод удаления. Он прост, дешев и он работает. Но на быстрых гофроагрегатах и из-за более жестких требований к качеству возникли ограничения его применения.

Сифон всегда был нечто вроде компромисса в вопросах размера зазора между концом трубки и стенкой вала. Однажды установленный в вале зазор невозможно увидеть. Если он слишком мал, трубка будет контактировать со стенкой вала, ограничивая поток конденсата. Если зазор слишком большой, то большое количество конденсата останется внутри вала, что снизит температуру вала и способствует перекашиванию.

Когда валы развивают высокую скорость вращения, центробежная сила вызывает образование кольца конденсата по внутренней окружности вала. Это кольцо значительно снижает передачу тепла от пара к валу, и температура поверхности вала снижается.

Таким образом, если сифон имеет такие ограничения, какие существуют альтернативы и как решаются подобные проблемы?

Система контроля конденсата и система термовала

Система термовала включает в себя гофрирующие валы, в которых были сделаны продольные щели и которые действуют как каналы

для движения конденсата по валу до резервуара. Вода потом удаляется из резервуара с помощью системы контроля конденсата, которая включает в себя специально сделанный короткий сифон, который вмонтирован в графитовый подшипник и может быть размещен внутри вала.

Преимущества системы в том, что конденсат (даже на высоких вращательных скоростях) идет в щели, а сифон, который сделан более коротким и аккуратно размещен внутри вала, делает вал более сухим, чем обычный сифон. Эти преимущества отражаются в постоянстве температуры вала и минимальном искривлении. Дополнительно в системе есть возможность менять сифон на обычный, если потребуется. Обычно для использования системы контроля конденсата не требуется никаких модернизаций. Принципиальные недостатки – это дополнительная начальная стоимость и в то время как система контроля конденсата может быть установлена на существующие валы, система термовала нуждается в установке до начала эксплуатации.

Система Баумана

Диск Баумана – другое решение, которое устанавливается в вал при производстве. Пар может свободно войти в вал, но вал не оснащен сифоном для конденсата. Взамен этого вал содержит диск, расположенный на одном конце вала, с маленькими (1 - 1,5 мм) зазорами между его внешней кромкой и внутренней стенкой вала.

Эти зазоры позволяют определенному количеству как конденсата, так и пара выйти из вала. При точном контроле разницы давлений между входной и конденсирующей сторонами системы диск Баумана позволит удалить из валов конденсат быстрым, непрерывным и эффективным способом. Валы, оснащенные диском Баумана и подходящей системой пара, позволяют оптимизировать рабочие температуры и работать с минимальным отклонением.

Недостатками являются начальная стоимость и объем модернизации, которую необходимо произвести.

Система динамического слива

Работает по похожему на диск Баумана принципу, но используется конусообразный внутренний канал для движения конденсата к одному концу вала. Вместо диска в системе используется серия трубок, похожих на спицы, которые включают специально сделанные клапаны, позволяющие конденсату и пару выходить из вала по постоянному принципу. Преимущества и недостатки схожи с теми, что есть в системе Баумана.

Периферическая система нагрева

Это не влагоудаляющая система, она представляет собой полностью

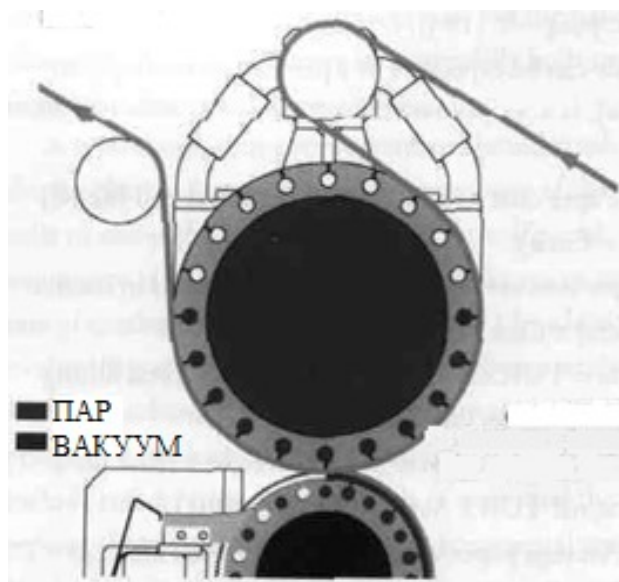


Рис. 8.4. RVL система

другую новую систему парового нагрева гофрирующих валов.

В системе RVL используются отверстия маленького диаметра, просверленные в гофровалах вблизи от внешней окружности (рис.8.4). Эти отверстия попарно совпадают. Первая пара проводит пар по валу от входного отверстия до другой стороны вала, вторая пара

возвращает пар по валу до выходного отверстия. В системе в любое время содержится пар. Он движется с большой скоростью, таким образом, конденсат проходит через вал, но не остается внутри вала. После прохода через первый вал (центральный вал) пар может пойти каскадом через второй гофровал, и после этого – в другой узел (прижимной вал и предварительный нагрев) для извлечения остатков своей скрытой энергии. Преимущества:

- эффективный нагрев валов (они могут быть нагреты от холодного состояния за несколько минут);
- постоянные температуры и минимальные отклонения при пуске;

- возможность установки на любой гофроагрегат и запуска при пониженных давлениях пара;
- паровая камера настолько мала, что на нее не распространяются правила для сосудов под давлением.

Дополнительные преимущества – **дружественный** интерфейс и небольшие требования к техобслуживанию. Для установки системы необходимо сделать незначительные модификации в паровой системе, существующие валы можно использовать на других гофроагрегатах.

Приобретение и техобслуживание гофрирующих валов

Существуют два основных принципа покупки гофровалов.

Первый – заключение соглашения о прямой покупке, что является наиболее общим условием. Второе – платить за использование гофровалов как части арендной программы. В обоих случаях основные экономические рассуждения – это отношение между оборотным капиталом, стоимостью, профилем гофры и сроком службы вала.

При обсуждении покупки вала это прежде всего – профиль и гофры. Совместно с известными стандартами для каждого из наиболее распространенных профилей (тип *B*, тип *C*, тип *E* и т.д.) существует много опций для профиля гофры. Высота, шаг гофры, радиус вершины могут быть отражены, чтобы обозначать различные характеристики для производимого на валах картона.

Программы по обслуживанию валов

Для многих компаний, занимающихся гофроагрегатами, услуга технической поддержки включена в договор покупки и уже доказала свою полезность. Программа может быть индивидуальной в зависимости от требований покупателя, но основные элементы построены на основе мониторинга состояния.

Обычно в программу включена периодическая проверка поставщиком валов для оценки уровня и скорости изнашивания (для мониторинга

покрытия из карбида вольфрама измерение его толщины требует специального оборудования). Вдобавок, система может информировать о механических повреждениях. Программа может включать в себя новое покрытие на определенных уровнях износа, а отчеты должны заранее предупредить о наиболее экономически выгодном времени для этого. Преимущества программы в том, что срок службы вала может быть увеличен, и запасные валы всегда будут приходить вовремя, система качества будет использовать отчеты программы, а собственную техническую службу можно использовать для других целей. Дополнительные услуги включают в себя: доступ к складу, запасные валы (или кассеты), предоставляемые на время обновления существующих валов или в аварийных случаях и общие стандарты.

Как увеличить и оценить полезный срок службы?

Существует несколько простых измерений, которые следует производить, чтобы избежать уменьшения срока службы.

Поверхность вала

По мере износа на поверхности вала износ будет больше в центре вала, со следами, как у кромок бумаги для каждого полотна. Это повлечет образование линий давления в зазоре прижимного вала и неправильное распределение клея. Часто думают, что валы нужно менять, когда влияние износа на качество картона будет неблагоприятным, хотя толщина все еще находится в допустимых рамках. Для преодоления этого есть возможность прочистить и удалить алмазной пастой мелкие (0,05 мм) частички материала с вершушек гофров на концах валов. Это сложный процесс и требует умения, чтобы не испортить гофры. Следует понемногу и часто чистить таким образом валы. На некоторых фабриках есть зажимные приспособления, подходящие гофроагрегату для того, чтобы провести работу по очистке валов более аккуратно. Полезный срок службы вала может быть значительно увеличен тщательным использованием программы по уходу за поверхностью валов без покрытия.

Регулировка гофрирующих валов

Известно, что давление гофрирующего вала должно регулироваться с изменением ширины бумажного полотна или сорта флютинга (давление нужно снизить, чтобы предотвратить контакт металла об металл на концах валов). Сделав правильные регулировки, можно помочь продлить срок службы и избежать повреждений краев вала. Также важно убедиться, что валы установлены параллельно друг другу. Это можно сделать с помощью копировальной бумаги, пропустив ее через зону контакта. Она даст изображение позиций верхнего и нижнего валов. Однажды установленные валы должны оставаться параллельными в течение всего срока службы. Любое смещение, зафиксированное позже при проверке, усложнит работу машины.

Очистка гофрирующих валов

Повреждения, которые могут причинить валам минеральные частички свыше 0,05 мм, уже были описаны. И валы, и гофроагрегат должны содержаться в чистоте, достаточной, чтобы избежать попадания больших частиц в зону контакта.

Внутренний мониторинг износа валов

Для закаленных стальных валов, которые изнашиваются со скоростью, близкой к линейной, можно проводить периодические измерения высоты гофры и проводить аккуратную оценку срока службы и даты замены.

Измерения можно проводить, используя измеритель со шкалой микрометр-глубиномер вместе с маленьким штифтом (радиус его меньше, чем радиус желоба в гофре). Измерения следует проводить в разные интервалы по всему валу для оценки уровня износа. Если все сосчитать и сделать аккуратно, то относительные уровни износа на стальных закаленных валах должны соответствовать процентному соотношению каждого формата, идущего по валу.

Для валов с покрытием (хром или карбид вольфрама) измерения

другие. Скорость износа покрытия намного меньше, чем на стальных валах, и результат этого износа мал, его трудно измерить точно без специального оборудования. Это означает, что для более длительного срока службы вала – важна целостность покрытия. Она может быть проверена с применением медного купороса на поверхности вала. Если покрытие не повреждено, раствор останется синим, если есть проявления стали – раствор изменит цвет на коричневый. Быстрее всего покрытие разрушается на краях щелей и в центре вала.

ГЛАВА 9. КРАХМАЛ И КЛЕИ

Крахмальные клеи для гофроагрегата

Степень влияния крахмала на производительность гофроагрегата и качество произведенного картона часто недооцениваются.

До недавнего времени у каждой из главных производящих гофрокартон компаний была своя собственная экспертиза крахмала в лаборатории завода или группы предприятий. Численность сотрудников теперь уменьшается, и они заменяются сотрудниками главных поставщиков крахмала. В настоящей главе дается оценка технических и исторических причин для составления клеев, использующихся сегодня.

Важность **правильного** понимания крахмала и способности произвести партии подходящей консистенции клея и в необходимое время является главной в любом бизнесе со стремлениями высокого качества и обслуживания.

Термины, использующиеся в этой главе:

- реология – наука о свойствах вязкой жидкости или пасты в нашей промышленности, крахмальные клеи и типографские краски. Для гофрирования это такие свойства как истечение, липкость, способность к отвердеванию и переносимость;
- рН фактор - мера уровня кислотности. рН = 7 характеризует нейтральную среду, ниже все более и более кислая среда, и при рН выше 7 среда является все более и более щелочной до максимального уровня рН = 14;
- липкость обычно подразумевается влажная клейкость, которая является мерой способности слоя скрепить две поверхности. Часто используется в гофрировании, где понятие «структура» было бы более правильным;
- текстура – это характеристика когезионной способности или тенденции клеевых частиц скрепляться между собой. Клей с высокой когезионной способностью обладает длинной текстурой. Когда две поверхности с таким

клеем между ними отделяются, частицы клея выглядят волокнистыми. При длинной текстуре крахмала происходят нежелательное натяжение в области вспомогательного вала, разбрызгивание крахмала по бумаге и окружающим машинам. Короткая текстура не должна быть меньше той, которая обеспечивает передачу крахмала от вала к бумаге.

Крахмал

Крахмал – природный углевод, который можно найти в растениях, содержащих хлорофилл в форме плотно упакованных, крошечных гранул, особенно в хлебных злаках, таких, как кукуруза и пшеница. Он может также быть извлечен из картофеля, у которого большие гранулы. Гранулы содержат смесь двух полимеров углевода: амилоза, линейная молекула и амилопектин с разветвленной структурой. Крахмал используется во многих отраслях промышленности как адгезив, так как имеет преимущество в стоимости, разлагается микроорганизмами и доступен из возобновляемых источников. При этом возможно повторное использование гофрированного картона.

Виды крахмала

Крахмал может быть извлечен из многих растений (кукуруза, пшеница, рис, картофель, тапиока, саго, горох и даже бананы). Крахмал кукурузы традиционно был наиболее широко используемым в подготовке адгезивов в промышленности гофрокартона. Однако пшеничный крахмал недавно стал более популярным благодаря более низкой цене. В связи с этим предполагается значительное увеличение использования пшеницы пользователями. Картофельный крахмал еще имеет применение в промышленности, в частности, в производстве твердых картонов.

Относительные свойства разных видов крахмала

Наиболее применяемые виды крахмала, используемые в промышленности гофрокартона – кукурузный и пшеничный. Свойствами, которые определяют их пригодность для использования в качестве клеев, являются скорость желатинизации, текстура клея и его стабильность

в использовании. Свойства этих природных клеев приведены в *табл. 9.1*:

Таблица 9.1

Тип крахмала	Стабильность	Текстура	Скорость гелеобразования
Кукуруза	Очень высокая	Длинная	Медленная, умеренные температуры
Пшеница	Более чувствительна к температуре по сравнению с кукурузой	Длинная (немного короче, чем кукуруза)	Медленная, более низкие температуры
Картофель	Низкая	Очень длинная	Медленная, очень низкая температура

Идеальный клей для высокоскоростного гофроагрегата должен обладать высокой стабильностью с низкой температурой гелеобразования и короткой текстурой. Это дало бы высокие производственные скорости с низким энергопотреблением и хорошее удержание с низким уровнем разбрызгивания.

Элементы клея

Использование природных крахмалов в качестве клеев зависит от совместного объединения ряда элементов при определенных условиях для производства работоспособного и практичного адгезива. При управлении этим процессом состав клеев может быть изменен, чтобы ответить изменяющимся требованиям гофроагрегата для производства специфических видов картона, преодолеть трудности в соединении, достигнуть больших рабочих скоростей или оптимизировать потребление. Прежде чем мы сможем сделать это, сначала необходимо понять роль каждого элемента, используемого в подготовке клея.

Вода

У воды есть две основных функции в системе клея. Во-первых, вода действует как транспортная среда для клея, позволяя ему физически быть переданным сначала на вал и затем в среду, которая будет преобразована.

Во-вторых, вода необходима для процесса набухания гранул крахмала, который дает составу его клейкие свойства. Любая избыточная вода должна быть удалена поглощением или испарением для образования связей. Испаренная вода нуждается в непрерывном запасном выходе или через поры картона или вдоль гофр к краю, где срез должен быть достаточно жестким, чтобы не препятствовать выходу пара.

Высокая температура

Нагрев используется в процессе варки, чтобы приготовить главную часть соединения в процессе *Stein Hall* или ускорить частичное набухание крахмал в *No-carrier* процессе (см. ниже). Высокая температура также используется для ускорения гелеобразования крахмала в процессе сцепления и для удаления лишней воды, чтобы закрепить склейку.

Едкий натр (каустическая сода)

Едкий натр используется, чтобы уменьшить температуру гелеобразования сырого крахмала, позволяющего формировать связи при более низкой температуре. При производстве более устойчивого клея едкий натр также действует как увлажняющий агент и таким образом ускоряет проникновение клея в среду, которая будет связана. В *Stein Hall* процессе сода используется для гелеобразования первичного крахмала, чтобы обеспечить вязкость. В *No-carrier* процессе набухание крахмала с помощью соды также обеспечивает вязкость.

Перемешивание

Перемешивание стабилизирует вязкость в стадии подготовки, чтобы избежать любых перепадов при перекачивании клея насосом к пунктам использования или местных завихрений потока.

Бура или борная кислота

Поскольку крахмал загустевает, бура ускоряет поперечное соединение молекул крахмала, которое увеличивает вязкость клея и приводит к более

быстрому сцеплению. Она также реагирует с приготовленным крахмалом и изменяет структуру клея, которая в свою очередь, изменяет свойства потока и проникновение. Бура обычно используется в *Stein Hall* процессе. Борная кислота используется в подготовке клеев *No-carrier* процесса для прекращения реакции во время набухания, когда уже достигнута желательная вязкость. Она также объединяется с едким натром для образования буры, улучшающей начальную липкость и стабильность.

Биоцид

Приготовленные пасты крахмала и набухшие гранулы крахмала склонны к разрушению бактериями. Биоциды часто используются в качестве консерванта, чтобы избежать загрязнения и предотвратить любое уменьшение вязкости из-за присутствия бактерий в композиции. Традиционно использовались биоциды, такие как формальдегид. Однако в последние годы эти относительно опасные вещества были постепенно заменены продуктами более нейтральными.

Приготовление крахмальных клеев

Самая простая форма клеев на основе крахмала – это смесь гранул крахмала в воде. Практически этот клей был бы мало полезен в промышленности, поскольку сам по себе крахмал не будет оставаться в суспензии, а оседает, если непрерывно не перемешивать. Вязкость этого клея сделала бы очень трудным его применение, и точка гелеобразования будет очень высокой, что требует для образования связей медленной скорости и высокой энергии на нагрев. Со временем процессы были развиты, улучшены особенности клея. В промышленности гофрокартона используются много процессов, но два являются самыми распространенными. Они могут быть представлены следующим образом:

Stein Hall процесс

Разработанные приблизительно в 1936 году, *Stein Hall* клеи состоят из носителя, которым является приготовленный крахмал, и вторичной сырой

смесью. Приготовление *Stein Hall* клея состоит из операций:

- суспензия крахмала нагрета при перемешивании до определенной температуры;
- затем добавляется едкий натр, что вызывает варку крахмала при данной температуре;
- срезающее действие перемешивания используется для получения устойчивой вязкости;
- после чего первичный раствор разбавляется водой перед введением вторичного (сырого) крахмала;
- добавляется бура для обеспечения лучшего образования связей и лучшей стабильности;
- может быть добавлен биоцид для защиты от микробного разрушения клея;
- затем используется перемешивание для снижения вязкости смеси до необходимого уровня.

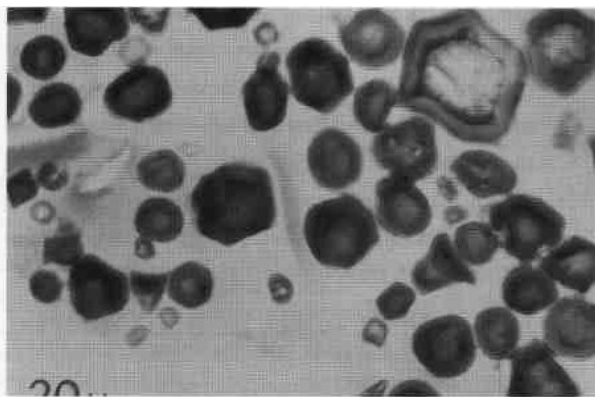


Рис. 9.1. Набухание частиц

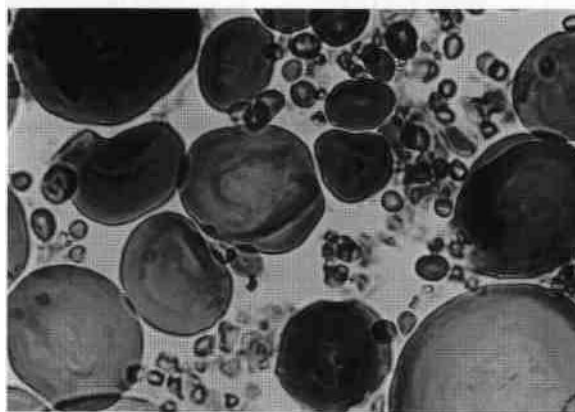


Рис. 9.2. Разрывание гранул

В *Stein Hall* клеях проводящая часть или часть носителя используются, чтобы сохранить сырой или необработанный крахмал суспендируемым в растворе, придавать клею свою вязкость, удерживать воду для гелеобразования вторичного крахмала, влиять на смачиваемость или абсорбцию в бумаге и способствовать прочности сырых связей (рис.9.1).

Количество носителя обычно около 15 - 20 % от всей смеси. Функция вторичного крахмала – образовать гель, так как на вершинах гофров клей

испытывает давление и нагрев, в результате резко меняется вязкость и образуются связи (рис. 9.2).

Существует множество разновидностей *Stein Hall* процесса, включая *one-bag mix* – (смешивание в одном мешке), и специальные клеи, выставляемые на продажу главными производителями крахмала для специфического применения в промышленности.

No-carrier процесс

Клей без носителей содержит только одну фазу, которая состоит из частично набухших гранул крахмала, которые обеспечивают достаточную вязкость смеси, предотвращая осаждение. Приготовление клея без носителя состоит из операций:

- в баке каустической соды сода разбавляется до концентрации в воде 3 - 5 % и затем нагревается до необходимой температуры;
- крахмальная суспензия готовится в смесителе с перемешиванием и снова нагревается до необходимой температуры;
- раствор каустической соды добавляется к крахмальной суспензии в смесителе для набухания крахмальных зерен, но не для варки или их разрыва;
- когда достигается заданная вязкость, добавляется борная кислота для фиксации набухания. Борная кислота реагирует с каустической содой, образуя буру, которая улучшает связи и сопротивление сдвигу;
- может быть добавлен биоцид для предохранения от разрушения бактериями;
- затем используется срезывающее действие перемешивания для повышения вязкости до необходимого уровня.

No-carrier системы часто используются в Европе, поскольку необходимо только одно добавление крахмала. Потребность в более высоких машинных скоростях и тяжелых продуктах привела к разработке специальных *no-carrier* клеев. Они включают высокосолевыми смеси с низкой температурой гелеобразования и другие новые изделия с более короткой

текстурой и специфическими реологическими характеристиками, которые способствуют лучшему применению клея.

Управление процессом образования связей

- *Содержание сухого вещества.* Как правило, в пределах 18 - 32 % в расчете на товарный продукт или 16 - 28 % в расчете на сухую массу. Обычно крахмал содержит 11 - 13 % воды, таким образом содержание твердых веществ в растворе составило бы приблизительно 88 %. Фактически трудно вычислить содержание сухого вещества физическим измерением. Поэтому проверки могут проводиться с помощью этикеток, напечатанных **автоматическими системами весов**, определяя количество твердых веществ при помощи сушильного шкафа (два часа) или проверкой гидрометром Боме (после калибровки).
- *Вязкость.* Вязкость вещества может быть определена как его сопротивление течению.



Рис. 9.3. Stein Hall чашка

Это свойство может быть измерено с использованием чаши вязкости (обычно используются типы *Stein Hall* или *Lory*). Они состоят из металлической чаши с вертикальным маркером и точно высверленным отверстием в основе

чаши (рис. 9.3). Полная чаша извлекается из бака с крахмалом и замеряется время течения крахмала между маркерами. Промежуточный объем составляет 10 см³. Вязкость измеряется в секундах. Значения располагаются от 30 до 80 с *Stein Hall*. Необходимо отметить, что у некоторых автоматических систем есть свой собственный встроенный вискозиметр.

Поскольку уровни вязкости меняются в зависимости от температуры, при измерениях вязкости должна всегда отмечаться температура, при которой отсчет был произведен, особенно после длительного останова.

Вязкость – ключ к степени адгезии, вязкообразование ухудшится, если вязкость упадет слишком низко.

- *Температура гелеобразования.* Рассматривается температура, при которой начинается набухание крахмальных гранул и будут допустимы видимые признаки загустевания. Типичные значения в диапазоне 54 – 64 °C, и это значение может быть измерено при нагревании образца крахмала до появления центров загустевания. Устойчивый рост температуры имеет тенденцию делать паузу в этой точке, и эта температура может рассматриваться как температура гелеобразования. Если точка гелеобразования будет слишком высока, тогда гелеобразование приостановится и клей не закрепится и производительности упадут. Если температура геля - слишком низкая, может произойти преждевременное набухание крахмала, и в результате – слабое закрепление, сопровождающееся образованием геля в крахмальных емкостях, лотках и распределительной системе.
- *Температура хранения или циркуляции.* Качество образующихся связей может быть поддержано при правильном выборе температуры хранения, зависящего от типа и состава используемого клея и его температуры гелеобразования.

Таблица устранения неисправностей

В табл. 9.2 указаны возможные причины и меры устранения ухудшения качества крахмального клейстера. Важно помнить, что измерения содержания сухого вещества, вязкости и температуры гелеобразования должны быть проведены в соответствии с необходимыми требованиями.

Таблица 9.2

Свойство	Проблема	Возможная причина	Устранение в <i>Stein Hall</i> процессе	Устранение в <i>No-carrier</i> процессе
Сухие вещества	Повышенное содержание	Большое количество крахмала Низкое количество пара Низкое количество воды	Снизить количество вторично используемого крахмала Увеличить количество вторично используемой воды Проверить счетчик	Уменьшить количество крахмала Увеличить добавление воды
Сухие вещества	Низкое содержание	Низкое количество крахмала Большое количество пара Большое количество воды Последующее разбавление	Повысить количество вторично используемого крахмала Уменьшить количество вторично используемой воды Проверить счетчик Проверить, нет ли утечек воды или пара на гофроагрегате	Увеличить подачу крахмала Снизить подачу воды
Температура гелеобразования	Слишком высокая	Низкое содержание соды Низкое содержание сухих веществ Низкая вязкость	Повысить содержание соды до 3 %	Повысить содержание соды до 3 %
Температура гелеобразования	Слишком низкая	Высокое содержание соды Высокое содержание сухих веществ Повышенная вязкость	Снизить содержание соды до 3 %	Снизить содержание соды до 3 %
Вязкость	Высокие значения	Большое количество крахмала Высокое содержание соды Высокое содержание буры Мало пара Низкая температура Мало добавлена вода Высокая конечная вязкость	Снизить подачу первичного крахмала до 3 % Снизить подачу соды до 3 % Снизить содержание буры до 10 % Проверить температуру и количество подаваемого пара	Снизить подачу соды до 3 % Снизить содержание буры до 10 % Уменьшить добавление воды если необходимо Уменьшить конечную вязкость

Свойство	Проблема	Возможная причина	Устранение в <i>Stein Hall</i> процессе	Устранение в <i>No-carrier</i> процессе
Вязкость	Низкие значения	Низкое количество крахмала Низкое содержание соды Низкое содержание буры Избыток пара Высокая температура Много добавлено воды Низкая конечная вязкость Остаточное разбавление Избыточное укорочение Микробиологическая атака	Увеличить подачу первичного крахмала до 3 % Увеличить подачу соды до 3 % Увеличить содержание буры до 10 % Проверить температуру и количество подаваемого пара Проверить, нет ли утечек воды или пара на гофроагрегате Проверить насосы Проверить уровень антисептика	Увеличить подачу соды до 3 % Увеличить содержание буры до 10 % Проверить температуру и количество подаваемого пара Снизить по необходимости добавку воды Снизить конечную вязкость Проверить насосы Проверить уровень антисептика

Процесс соединения слоев

Окончательное решение в подготовке и применении крахмала – процесс соединения. Важно понять некоторые основы техники приклеивания для определения необходимых характеристик оптимального клея. В основном, процесс приклеивания - функция следующих элементов:

Нанесение клея

Первая ступень соединения - нанесение клея к вершинам гофр. Успешное нанесение зависит от равномерности и поддержания постоянной толщины пленки клея. Сам клей должен быть нанесен в правильном количестве к вершине гофр, нанесение и качество клея должны остаться постоянными при всех скоростях гофроагрегата. Чем короче текстура связующего элемента, тем менее растянутым будет режим его использования.

Проникновение клея

Для хорошего соединения слоев необходимо, чтобы связующий элемент достиг необходимой степени проникновения в бумагу; глубокое проникновение может быть столь же плохим, как и недостаточное проникновение. Факторы, воздействующие на проникновение связующего

элемента, являются достаточно разнообразными и зависят от pH клея, влажности и пористости бумаги. На проникновение связующего элемента влияет время приготовления клея, необходим контроль используемых химикатов. Повышение количества каустической соды улучшает проникновение, но также понижает точку гелеобразования. Бура также помогает проникновению, но слишком большое количество будет воздействовать на скорость адгезии клея, поддерживая быстрое набухание крахмала во время гелеобразования. Самая простая форма управления проникновением - стабилизация режима работы агрегатов и узлов машины, чтобы открыть поры бумаги и увеличить восприимчивость к влаге.

Гелеобразование

Гелеобразование - быстрое набухание крахмальных зерен, поскольку они абсорбируют воду, и это важно для хорошего сцепления и сил связи. Гелеобразование крахмала обуславливает его клеящий режим. На точку гелеобразования влияет преимущественно количество каустической соды, добавленной к смеси. Фактически возможно добавлением достаточного количества каустической соды установить точку гелеобразования равной температуре среды.

Промежуточные и конечные связи

Промежуточная связь формируется после гелеобразования и представляет прочное, но пока еще закрепившееся соединение. Картон не должен быть подвержен любому чрезмерному разрушительному воздействию во время этой фазы, поскольку он недостаточно прочен, чтобы выдержать их, пока он не высушен и не сформировал полностью закрепленную связь.

Типичные проблемы при склейке

Авторы ограничили этот раздел задачами, которые или связаны с составом крахмала или с внешними факторами, воздействующими на процесс приклеивания. Основные из них следующие:

- Расслаивание типа *ZIP* (или *zipperboard*) – общий симптом недостаточного проникновения связующего элемента и может иметь различные причины: чтобы клей не остался жидкостью достаточно долго, чтобы проникнуть через бумагу должным образом, таким образом, связи не закрепились в волокнах бумаги, и следовательно, слои картона отделяются при небольшом приложенном усилии к волокнам. Возможные причины такого расслаивания включают предшествующее перегревание бумаги, неправильное содержание или каустической соды или буры в клее (проверить вязкость и точку гелеобразования), или недостаточное количество связующего элемента.
- Белая связь, характеризующаяся появлением белых крахмальных полос, когда отделяется картон. Это вызывается неправильной варкой крахмала. В основном, вода в клее впитывается в бумагу, оставляя недостаточно воды, необходимой для полного гелеобразования крахмальных зерен. Возможные причины белой связи – низкие уровни теплопередачи (особенно на гофроагрегате для изготовления трехслойного гофрированного картона), низкая вязкость клея и чрезмерные уровни влажность бумаги.
- Кристаллизованные связи – недостаточные силы связи при пузырении или кристаллизации связи связующего элемента. Это происходит при плохом контакте между бумагой и картоном в точке объединения. Видимые признаки – стеклообразный клеевой шов. Обычно такие швы образуются на гофроагрегатах для изготовления трехслойного гофрированного картона, и их причинами могут быть различные механические неполадки на машине, но обычно сначала следует проверить состояние системы загрузки на гофроагрегате.

Кристаллизованная связь маловероятна на гофроагрегате для изготовления двухслойного гофрированного картона.

Такие связи вызываются при колебании сеток на входе в гофроагрегат для изготовления трехслойного гофрокартона. Кристаллизованная связь исчезает при увеличении натяжения бумаги или при вставлении

направляющих стержней или валов между клеевой машиной и гофроагрегатом для изготовления трехслойного гофрокартона.

Добавки

Добавки для увеличения влагопрочности

Некоторые области применения картона требуют прочных водостойчивых клеевых соединений. Это упаковка, которая требуется для сохранения продукции в охлажденном или замороженном состоянии. Этот тип связи достигается при добавлении смолы к клею. Роль смол - сделать крахмал нерастворимым после клейстеризации на бумаге. Водостойчивость таких связей, может быть оценена, используя тест *FEFCO* номер 9.

Некоторые рекомендации должны быть учтены для увеличения прочности во влажном состоянии:

- всегда готовить свежие пакеты клея и добавлять смолу перед нанесением;
- избегать чрезмерного подогрева и предкондиционирования бумаги;
- увеличить нанесение клея на всех стадиях;
- картон из гофроагрегата выгружать с более высокой влажностью, чем обычно, остаточная влага при этом дает возможность смоле продолжить свое усиливающее действие на крахмал в стопе;
- повышать по возможности уровень концентрации в клее до 28 – 30 % сухих веществ.

Закрепляющие добавки

Доступно большое разнообразие различных закрепляющих добавок от главных поставщиков крахмала. Эти добавки обычно используются, чтобы улучшить качество связи, достигнутой с клеем. При нормальных обстоятельствах закрепляющие добавки не являются необходимыми, и не должны использоваться прежде, чем выяснена неудовлетворительная склейка и установлено, что это не из-за состава или неполадки на машине.

Закрепители обычно используются в особых случаях (семислойный картон), или когда используются сложные бумаги (например, мелованные).

Стабилизатор клея

Стабилизатор клея может использоваться для корректировки потери вязкости клея. Это может произойти в связи с чрезмерным перемешиванием, последующим разбавлением или микробиологической атакой. Стабилизаторы восстанавливают вязкость приблизительно в течение пяти - десяти минут после их введения в клей и поддерживают вязкость клея на стабильном уровне в течение 24 часов. Они должны использоваться в особых случаях, а не постоянно и первопричина потери вязкости должна быть исследована.

Системы приготовления крахмала

Ручной способ

Оборудование включает приготовительный бак, весы и расходомер на водопроводе. Оператор должен дозировать каждую непосредственную составляющую в резервуар после тщательного взвешивания и вручную готовить клей заданного состава. Преимущества системы ручного управления - гибкость и низкие капитальные затраты. Однако, правила охраны труда и безопасности, а также ручная обработка делали этот метод трудным для безопасного функционирования.

Полуавтоматический способ

Есть различные степени автоматизации, которые можно применить к системе ручного управления, чтобы дать возможность в полуавтоматическом режиме приготовить крахмал. Как правило, это подключение компьютера для управления процессом и автоматическим дозированием некоторых из составляющих. Дозирование непосредственно крахмала и любого биоцида или добавок обычно проводилось бы вручную. Полуавтоматические системы сохраняют приемлемый уровень капитальных

затрат, но качество и консистенция производимого клея находятся в значительной степени в руках оператора.

Автоматический способ

Автоматические системы включают в себя бункер крахмала и полное компьютерное управление процессом дозирования и смешивания (рис.9.4).



Рис. 9.4. Крахмальная варочная установка

Несмотря на то, что капитальные затраты такой системы являются высокими, преимущества ее системы следующие:

- соответствующее качество консистенции клея;
- изменения в рецептуре делаются просто;
- устранение ручной обработки мешков – чистота на предприятии;
- отчеты управления уровнем запаса;
- отчеты управления процессом;
- модное оборудование.

Большие или маленькие партии

В последние годы считается оптимальным применение малых, свежих партий клея. Это придает гибкость использования в технологическом процессе и оптимизацию склейки картонов и бумаг с различной композицией.

Охрана труда и техника безопасности в системах приготовления клея

Из-за природы систем, связанных с химикатами различной формы и силы, используемых на подготовке крахмала, невозможно сформулировать информацию об охране труда и безопасности на производстве, которая удовлетворила бы все потребности. Есть некоторые основные рекомендации, чтобы помочь в установлении успешной стратегии **охраны труда и техники безопасности (ОТ и ТБ)** для приготовления клея:

- гарантия, что необходимый уровень обучения дается всему персоналу (а также временных работников и штатных сотрудников техобслуживания);
- выявление и обзор рисков, связанных с использованием любых опасных химикатов, используемых в процессе;
- ведение записей системы безопасности для любого задания, включающего физическое вмешательство, чистку или техобслуживание;
- оценка риска ручной обработки (если есть), которая может появиться в результате обрабатывания сыпучих химикатов, например, буры, биоцида или добавок;
- обеспечение уборки пыли, которая может образовываться в процессе.

Использование рециркуляции воды в приготовлении клея

В последние годы стоимость закупки воды, а затем избавления от нее после использования, значительно повысилась, что сосредоточило внимание на водопотреблении и возможности утилизации отходов промывочной воды процесса фиксации в приготовлении клея.

Состояние оборотной воды

Типичная вода неочищенных сточных вод от предприятия, изготавливающего гофрированный картон, будет содержать относительно высокий процент твердых взвесей, включающих тяжелые металлы, неустойчивость показателя pH, возможное бактериальное заражение и высокие уровни ХПК и БПК. Некоторые заводы используют очистные сооружения, чтобы нейтрализовать уровни pH и восстановить уровни взвешенных веществ.

Существуют средства дополнительной обработки, чтобы увеличить чистоту жидкости для повторного использования на заводе. В то время как у каждого предприятия есть свой собственный специфический набор мероприятий, возможно в некоторых случаях повторно использовать воду, а не сбрасывать по соглашению с местными или государственными властями, что становится все более и более дорогостоящим.

Использование оборотной воды в Stein Hall клеях

Обычно использование необработанных сточных вод не рекомендуется для подготовки клея этого типа. Изменчивость состояния воды делает подготовку качественных порций крахмала очень трудной (у автоматических систем в особенности). Нет никакой возможности компенсировать переменное качество воды даже в ручных или полуавтоматических системах, качество воды может играть существенную роль в достижении стабильных параметров склейки.

Очищенная вода может при определенных условиях использоваться в *Stein Hall* клеях. Строго рекомендуется, чтобы ее использование было ограничено только повторным применением.

Большая осторожность должна соблюдаться при использовании оборотной воды, чтобы гарантировать, что бактериальное заражение не распространится от воды в клей. Использование эффективных биоцидов может помочь предотвратить это.

Использование оборотной воды в No-carrier клеях

No-carrier клеи, вязкостью которых управляют во время смешивания, менее восприимчивы к использованию оборотной воды, чем в методе *Stein Hall*. Однако при использовании неочищенных сточных вод могут быть вредные воздействия и на производительность и на качество клея. С использованием очищенной воды меньше проблем, но как и с *Stein Hall*, должны быть приняты меры, чтобы избежать бактериального загрязнения.

ГЛАВА 10. СОЕДИНЕНИЕ

Накопительный мост

Двухслойный картон, выходящий из гофрирующего пресса, подается на мост наклонным конвейером, работающим на чуть большей скорости, натягивающем слабые связи в картоне, чтобы избежать деформации гофров, которые присоединены только с одной стороны лайнера.

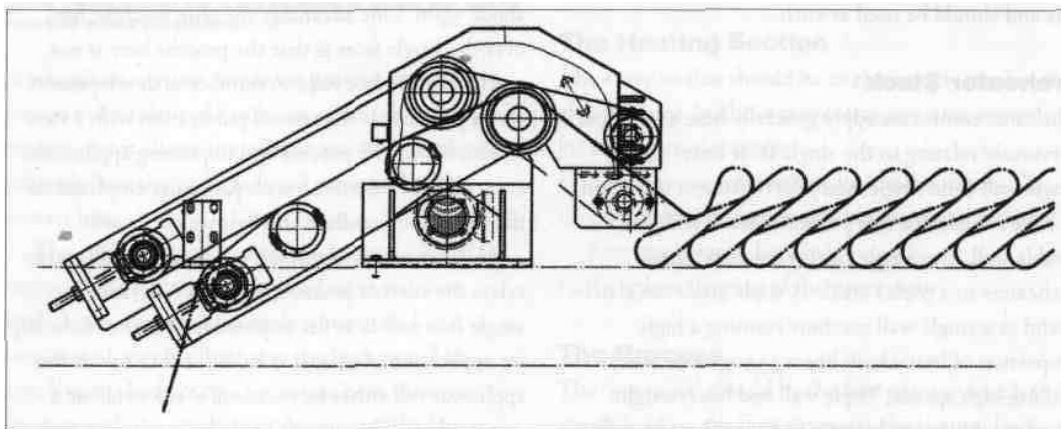


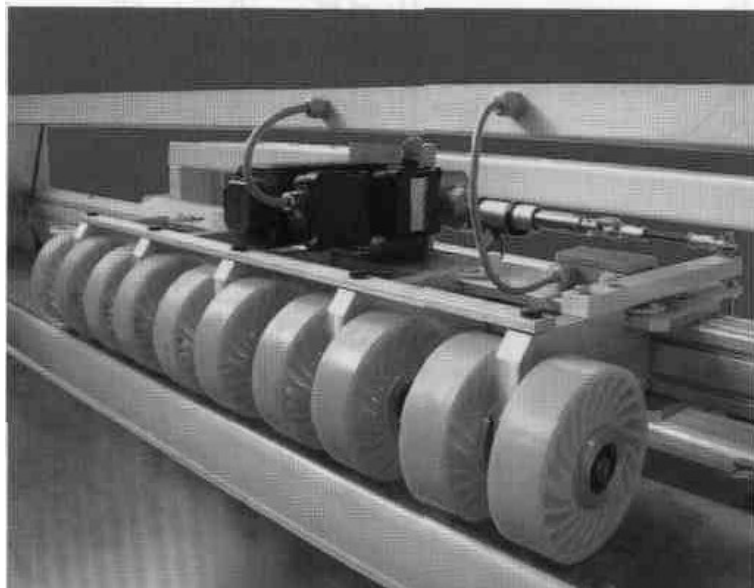
Рис.10.1. Наклонный ленточный конвейер подает двухслойный картон на мост

Двухслойный картон - гибкий материал в машинном направлении, но жесткий в поперечном. После наклонного конвейера он должен двигаться на горизонтальном мостовом конвейере контролируемым способом для того, чтобы обеспечить равные циклы или «фестоны» на горизонтальном конвейере, который работает на более низкой скорости, обычно между $1/10$ и $1/7$ линейной скорости. Цель моста - обеспечить буферный запас двухслойного картона, чтобы обеспечить непрерывную работу линии при случайных изменениях в скорости между гофрирующим прессом и гофроагрегатом для изготовления трехслойного гофрированного картона (рис.10.1).

Накопление на мосту обычно поддерживается на постоянном минимальном уровне, поскольку окружающая среда на мосту теплая и влажная, с более высокой влажностью на приводной стороне машины, если она расположена рядом со стеной, так как там снижена циркуляция воздуха. Свежепроизведенный картон может быть восприимчивым к такой влажности,

поэтому, чем меньше времени он проводит в такой среде, тем лучше. Большинство машин имеет электронное управление «регулированием уровня моста», которое может также быть отменено, чтобы позволить временное увеличение, например до промежуточной склейки, из-за которой может замедлиться гофрирующий пресс. Но обычно соблюдается баланс скоростей гофрирующего пресса и гофроагрегата для изготовления трехслойного гофрированного картона, чтобы поддерживать уровень запаса моста между выбранными максимальными и минимальными пределами.

Перед тем как картон от моста входит в преднагреватель и клеенаносную машину, он вытягивается из фестонов, затем проходит через машину к месту соединения с нижним слоем с точностью до нескольких миллиметров. Стальные боковины могут повреждать края бумаги и здесь не реально достигнуть заданной точности наведения. Они могут



также создавать неточности из-за колебаний. Большинство современных машин имеют один или несколько мягких направляющих валиков с большой поверхностью трения, которые катятся по лайнеру и могут быть перемещены под углом так, чтобы направить картон в заданном направлении без любого контакта или повреждения краев бумаги (рис.10.2).

После выравнивания двухслойное полотно проходит через другую поверхность трения – на тормозящем барабане, который окончательно сглаживает любую неровность, образованную в фестолах последующего прохождения по подогревателям и через

клеенаносящую машину. Если имеется слишком большое различие в движении между двухслойным полотном и нижним слоем, может иметь место деформация в машинном направлении (известная как «длинная основа»). Таким образом, этот тормоз и тормоза вала лайнера – эффективные приспособления для контроля и должны использоваться в таком качестве.

Подогреватель

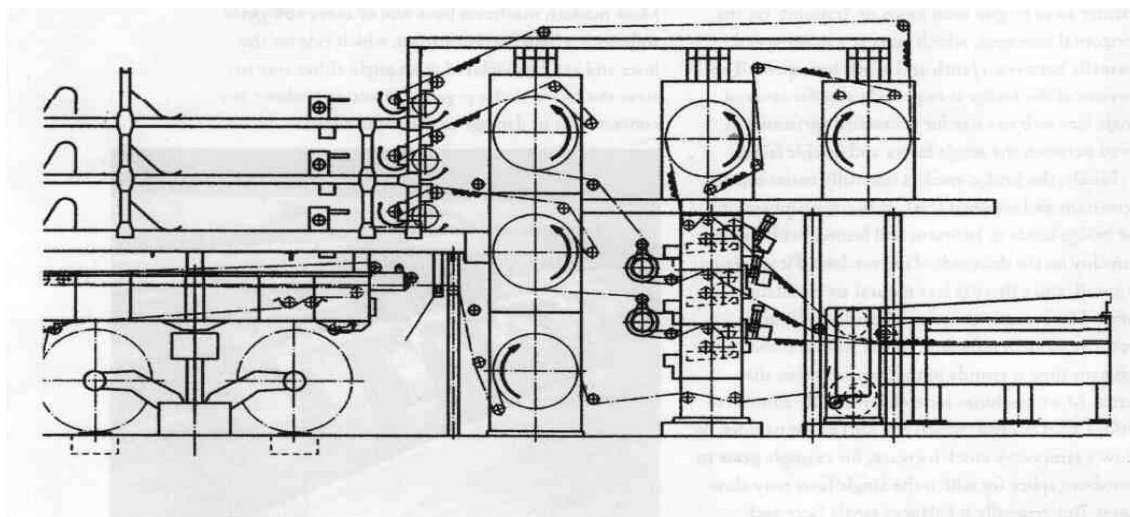


Рис.10.3 Пример встроенного подогревателя для семислойных и тяжелых картонов с широким выбором опций охвата

Здесь применяются условия, аналогичные ранее указанным рекомендациям для двухслойного картона. На гофроагрегате для производства двухслойного картона считается нормальным иметь дуплекс (или два подогревателя), а на агрегатах, производящих трехслойные картоны (два гофрирующих пресса) - три подогревателя в установке. Тройной подогреватель может также быть полезным в машине, использующей **большие количества тяжелых** крафт-лайнеров (350 г/м^2 и выше), работающей на высоких скоростях. Машины, производящие семислойные или тяжелые картоны, могут иметь пять подогревателей (рис.10.3), что предполагает широкий выбор конфигураций оборудования.

Стандартные конфигурации движения для одно- и двухслойных картонов показаны на рисунке, но для некоторых видов бумаг и при плохом склеивании необходимы более сложные конфигурации.

Клеенаносящая машина

Нанесение крахмала на вершины гофров двухслойного картона сходно с аналогичным в обычном гофрирующем прессе – используется клеенаносящий и прижимной вал. Средний расход должен быть около 5 г/м^2 . Преимущество, которое клеенаносящая машина имеет по отношению к гофрирующему прессу, состоит в том, что в процессе склеивания горячие валы не участвуют. В настоящее время проводятся разработки для упрощения процесса и улучшения управления прикладными процессами, особое внимание уделяется микрогофрам и картонам с низкой массой м^2 .



Рис.10.4. Контактная планка с пружинной фиксацией является самонастраивающейся к толщине картона и обеспечивает равномерную нагрузку

На практике полотно двухслойного картона должно быть особенно ровным перед входом в зону нанесения клея. Полотно находится в контакте с клеенаносящим валом или с прижимным валом или посредством «контактной планки». Контактная планка менее дорога и требует меньшего техобслуживания. Она полностью соответствует большинству нанесений, но для экстремальных случаев, например, микрогофров, линейное давление прижимного вала может быть преимуществом, а также позволит уменьшить зону захвата клеенаносящего вала вершин гофров по сравнению с контактной планкой.

Поверхность клеенаносящего вала может быть обработана струей песка

или гравирована, часто хромирована или изготовлена из нержавеющей стали для того, чтобы нанести контролируемую ровную пленку крахмального клея к вершинам гофров. Крахмал находится на вершинах гофров дольше, чем в гофрирующем прессе, из-за большего расстояния до точки соединения. У некоторых гофроагрегатов есть две схемы подачи крахмала так, чтобы клей с более высоким содержанием сухого вещества мог использоваться в клеенаносащей машине. Скорость наносащего вала клеенаносащей машины должна быть на приблизительно три процента ниже скорости протягивания бумажной ленты для обеспечения перехода линии крахмала на вершины гофров.

У прижимных валов простая отделка с хромированием или керамическим покрытием. Система лотка для крахмала почти повсеместно используется в клеенаносащей машине – она проста и доступна и имеет более прохладную среду (нежели в гофрирующем прессе), как правило, меньше проблем с гелеобразованием в лотке. Автоматически корректируемые ограничители подачи клея как связующего элемента являются столь же необходимыми на клеенаносащей машине, как и в гофроагрегате для изготовления двухслойного гофрированного картона. Они должны быть подогнаны приблизительно до 3 - 4 мм снаружи кромок нижнего лайнера. Это необходимо, чтобы избежать отжимания крахмала на нагревательные плитки в гофроагрегате для изготовления трехслойного гофрированного картона. Такие линии крахмала быстрее затвердевают и затем формируют режущую кромку, которая повреждает более широкий картон, изготавливаемый позже или дорогую ленту, если последующие операции связаны с более узкими бумагами. Отсутствие ограничителей клея сказывается **на многих лентах** в процессе.

Пресс для изготовления трехслойного гофрированного картона

Его задача – присоединить нижний слой картона и завершить процесс производства плоского картона. Это последний модуль в мокрой части гофроагрегата. Картон как бы перемещается по серии плоских нагретых

поверхностей. Есть две секции – нагревающаяся и транспортирующая. Продукция прессы для изготовления трехслойного гофрированного картона – жесткий картон и в машинном, и в поперечном направлениях, являющийся сырьем для изготовления коробок.

Нагревательная секция

Вход в нее должен быть также закрыт как и в клеенаносящую машину (без доступа оператора), чтобы:

- минимизировать потерю тепла в бумаге;
- предотвратить слишком большую пропитку крахмалом вершин гофров до соединения;
- уменьшить колебания бумажного полотна.

Процесс

Точка сжатия должна быть первой точкой, в которой слой крахмала на вершине гофр встречается нижний слой. Начиная с этой точки и на протяжении всей сушки, они должны держаться твердо вместе с минимальным сдвигом или усадкой.

Рассмотрим сначала двухслойный картон, который охватывает более чем 80 % продукции. Теплота передается вверх от верхней поверхности нагревательных плит через нижний слой к новой клеевой связи для ее закрепления. Вода удаляется тремя способами:

- абсорбцией в бумаге;
- некоторые способы требуют набухания и варки молекул крахмала вместе с нагреванием;
- парообразованием и испарением под действием температуры.

С того момента, как теплота подается снизу картона, пар может выходить вверх через верхний слой лайнера и через сушильное сукно или вдоль каналов гофров к кромкам картона; температура падает, а также увеличивается влажность. Другими словами, процесс может прийти

в неустойчивое положение.

Следует отметить, что бумага расширяется, поскольку она больше увлажняется поперек полотна, чем вдоль него из-за ориентации волокон. В процессе сушки высыхает нижний слой и перемещается влага к верхнему слою поверхности картона до образования связей. Когда плоский картон выходит из сушки, может возникнуть деформация вверх в столе, поскольку влага перемещается от верхнего лайнера к нижнему слою листа под ним, таким образом вызывая расширение нижнего слоя и сжатие верхнего. Поэтому важно, чтобы сукно сохранялось достаточно проницаемым и гигроскопичным для свободного пропуска пара через него и подбор конденсата.

Для пятислойных картонов присоединение основы завершается таким же образом, как для трехслойных. Средняя связь берет необходимое тепло от пара, образованного при присоединении нижнего слоя. Далее должно быть приложено давление в секции нагревательных плит для стабилизации этого соединения.

Нагревательные плиты

Традиционная нагревательная плита способна деформироваться вверх. Причина достаточно проста. Картон постоянно вытягивает тепло из верхней поверхности, в то время как нижняя поверхность остается относительно устойчивой. Поэтому верхняя сторона дает усадку относительно основы, и это вызывает деформацию; таким образом, концы плиты могут разрушать картон, находящийся над ними. Коэффициент теплового расширения стали не линейный, но для наших целей 1×10^{-5} – достаточное приближение. Разница удлинения при перепаде температур 10°C при 2,5 - метровой рабочей ширине составляет 0,25 мм. Использовались различные средства, чтобы предотвратить или ограничить этот эффект деформирования нагревательной плиты, например, фиксацию середины и концов нагревательных плит (рис. 10.5).

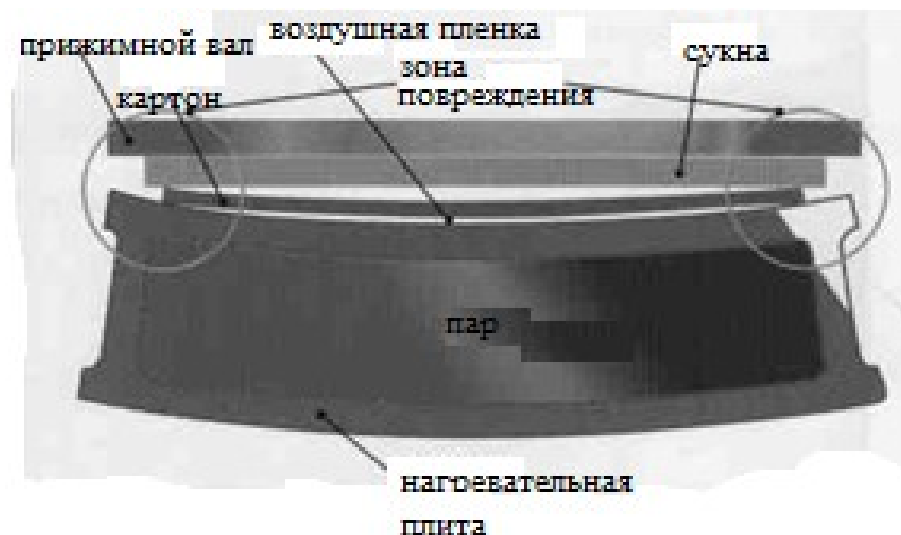


Рис.10.5. Если верхняя сторона нагревательной плиты не плоская, кромки картона разрушатся под тяжестью валов, и теплопередача в центре ухудшится из-за плохого контакта

Современные нагревательные плиты делаются из твердой стали, просверленной по всей ширине машины таким же образом как периферически нагревающиеся рифленые валы. У них есть следующие преимущества:

- низкая тепловая инерция, т.е. быстрый нагрев и охлаждение;
- меньшая тепловая деформация (как упомянуто) гладкой поверхности;
- они не классифицируются как сосуды давления, поэтому не требуется сертификации.

Уровень нагревательных плит как абсолютный, так и относительно друг друга должен регулярно проверяться поиском темных или неотполированных областей.

Система прижима

Традиционно использовались стальные тяжелые валы для нагружения картона путем приложения линейного давления на картон, которое распределяется через толщину сушильного сукна суши. Это все еще эффективное и полезное средство нагрузки, и оно особенно интенсивно используется для тяжелых картонов, пяти- и семислойных и часто для микрофров, так как создается относительно высокая

и концентрированная линейная нагрузка. Однако, запросы техобслуживания могут быть весьма сложны для систем нагрузки валов (рис.10.6).

Различные пневматические системы дают равномерную нагрузку более высокого давления, обеспечивая хорошие результаты на обычных гофрах и картонах, особенно трехслойных. Намного большие нагрузки могут быть применены для удержания картона на нагревательных плитах без разрушения картона. Они, однако, выдвигают еще более строгие требования к техобслуживанию, чем валы и могут замедлять восходящий поток пара через картон и сукна при обработке более влажных картонов (гофр *E* и более тонкий, или пятислойный).

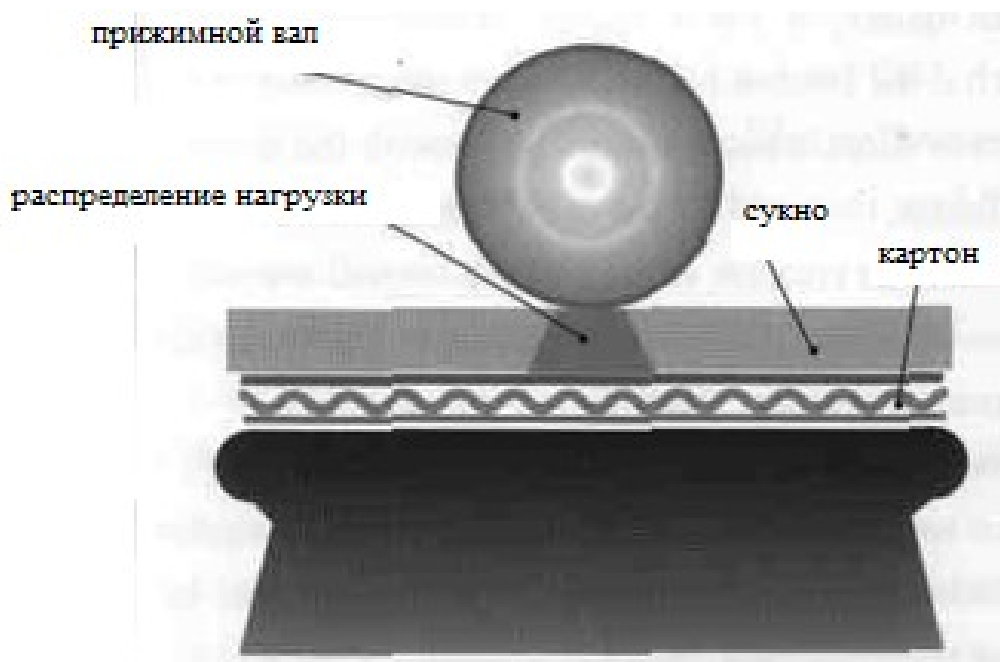


Рис.10.6. Сукно сушильной части распространяет нагрузку тяжелого вала на картон

Статичные планки или прижимные пластины стали более популярными в конце двадцатого столетия и утвердили более эффективный подход, требующий меньшего техобслуживания. Причина износа сукон из-за трения и блокировкой выходов для влаги были преодолены усовершенствованиями конструкции башмачного пресса и сукон. Тем не менее наиболее приемлема конструкция, которая позволяет в широких пределах регулировать ширину ленты согласно ширине вырабатываемой бумаги, чтобы лента не прижималась к нагревательным плитам вне бумаги, что замедляет удаление

влаги вдоль гофров и кромок ленты.

Итак, есть широкий выбор, и возникает вопрос определенного оптимального метода нагрузки для выпускаемого картона.

Нагревательные плиты обычно делятся на три группы по каждой группе контролируется температура с возможностью корректировать давление и количество пара, который может проходить через нее. Стандартная практика – подача пара каскадом от начала в конец, таким образом, пар с более высоким давлением (а значит, более горячий) подается в первую группу, в которой должно быть завершено приклеивание нижнего слоя. Пар от первой группы отделяется от его конденсата, затем поступает во вторую группу и так далее. Таким образом, контролируется температура нагревательных плит по ходу прохождения картона по машине.

Эта система доказала свою хорошую применимость для большинства стандартных картонов до приемлемо высоких скоростей. Однако, для картона, предназначенного для высококачественной печати, например, мелованного картона или лайнера для предварительной печати, особенно лакированного, начальный тепловой «удар» в сушке должен быть уменьшен. Теоретически гофроагрегат для изготовления двухслойного гофрированного картона с прижимной лентой позволяет внешнему лайнеру проходить через гофроагрегат сверху и удовлетворяет требованиям таких картонов, но практически это делается нечасто.

Следует помнить, что традиционно наружная поверхность коробки – нижний слой. Это – поверхность, которую проводят по стальным нагревательным плитам. По мере работы поверхности нагревательных плит шлифуются бумагой, но если, например, кромки плиты смещены, или крахмал вытек из кромок предыдущего картона, то это может повредить поверхность высококачественного или мелованного картона, что недопустимо для товарной коробки. Таким образом, нагревательные плиты должны чиститься и тщательно проверяться, прежде, чем вырабатывать такой материал. Также необходимо удалить загрязнения

верхней части планок и гарантировать, что они располагаются полностью ниже поверхности нагревательных плит.

Когда часто изготавливается такой картон, первые несколько нагревательных плит обычно устанавливаются с отдельной подачей пара, который может быть с более низкой температурой, чем остальные в сушильной части. На некоторых современных машинах это осуществляется так, чтобы температуры нагревательных плит повышались по мере прохождения картона по нагревательной секции. Другими словами, острый пар подается в дальний конец и возвращается каскадом в направлении, противоположном потоку картона. Необходимо стремиться в максимально возможной степени обеспечивать небольшой постоянный перепад между температурой поверхности нагревательной плиты и температурой нижнего слоя, таким образом, минимизируя внутренние напряжения структуры и, следовательно, склонность к деформированию.

Пяти- и семислойные картоны меньше деформируются, чем двух- и трехслойные. Бумага и воздух – превосходные изоляторы и быстрая передача теплоты к верхним токам склейки невозможна при столь сложной структуре. При теплопередаче в сушке рассчитывают главным образом на расход пара и скрытую теплоту картона плюс малое количество конвективной теплоты. При передаче скрытой теплоты пар конденсируется в воду, которая поглощается в бумагу и позже высыхает. Более грубые гофры обычно находятся в верхних слоях картона при сушке, таким образом, здесь есть двойное преимущество – меньше клеевых линий и больше каналов вентиляции.

Но это подчеркивает значение подогревательной установки в получении высокого теплосодержания в верхних слоях картона и подъем температур настолько, насколько возможно перед подачей в сушильную часть. Тяжелые картоны и микрогофры будут описаны **далее более** подробно.

Поскольку существует некоторый интервал между подогревательной установкой и входом в сушку, во время которого слои картона могут терять

тепло, у некоторых современных гофроагрегатов для изготовления трехслойного гофрированного картона при входе есть встроенный подогреватель для нижнего слоя. Это хорошее решение, поскольку при установке барабана подогревателя под клеенаносящей машиной вводится нежелательное тепло к этому модулю и это происходит на некотором отдалении от точки присоединения слоев.

Передающая секция

Так называемый «главный привод гофроагрегата» располагается в хвостовом конце сушильной части и приводится в действие главным ременным шкивом. Функция передающей секции – переместить картон через нагревающую секцию. Он перемещается при сопротивлении:

- тормозов рулона нижнего слоя;
- тормозных устройств на накопительном мосту;
- трения преднагревателей;
- трения между нагревательными плитками и загружаемым картоном.

С сукном: T_s - натяжение двухслойного картона;

TL - натяжение лайнера;

$$T1 = T_s + TL + t - fb$$

$$Tn = T_s + TL + nt - nfb,$$

где

nt – натяжение, добавленное за счет трения на нагревательной плите;

nfb – напряжение за счет трения сукна на нагревательной плите.

Без сукна (рис.10.7):

$$Tn = T_s + TL + nt.$$

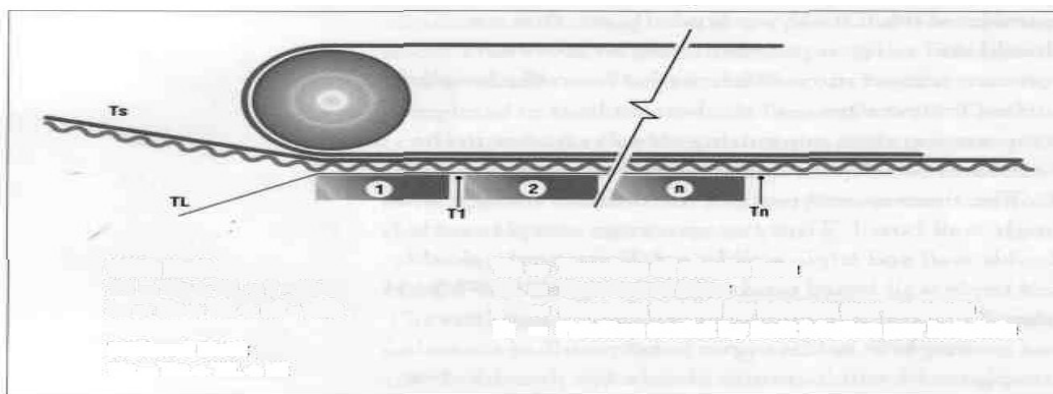


Рис.10.7. Повышение трения в начале сушки с сукнами и без сукон

Перемещение достигается главным образом использованием верхних и нижних сукон, вращающихся на синхронизированных скоростях. Коэффициент трения между сукном и лайнером важен, чтобы гарантировать приемлемое натяжение как на верхнем, так и нижнем слое картона. Если верхняя поверхность перемещается быстрее нижней, то в результате будут почти всегда наклонные гофры (вызывающие более низкие значения плоскостного сжатия, или «более мягкий» картон). При этом не имеет особого значения, если нижний слой движется быстрее, так как большая часть усилия не передается через гофры.

Simon, предшественник *BHS*, представил вакуумную секцию транспортировки ленты, которая вызывает перемещение путем вакуумирования через перфорированный резиновый ремень только на нижнем слое. Это значительно укорачивает нагревательную секцию и дает пространство для средств автоматизации сухой части. Это устройство работало хорошо, но было слишком передовым для своего времени. В некоторых случаях картон не был достаточно прочным для резки или дальнейшего хранения. Сукно требовало сложного изготовления, чтобы исключить внезапные обрывы.

Улучшенная модель используется на более поздних «безсуконных» нагревательных частях.

В обычных сушильных частях с верхним и нижним сукном синхронная частота вращения ленты может гарантироваться, только если поверхностные скорости верхних и нижних барабанов главного привода одинаковы и если

нет никакого скольжения между барабанной поверхностью и сукном, им вращаемым. Поэтому важна правильная толщина устойчивой к трению обшивки и регулярное обслуживание цилиндров. Как только есть проскальзывание ремня, снова возникает опасность наклонных гофров.

Хороший индикатор работы – пишущий амперметр. Он эффективно измеряет работу, чтобы преодолеть нагрузки, о которых говорилось выше. Когда ток получается слишком высоким, необходимо проверить натяжения тормоза нижнего слоя. Но обычно это трение между нагревательными плитами и лайнером. Много машин смонтировано с антистатическим эмульсионным аэрозолем, который автоматически включают, чтобы распылить на обратную сторону нижнего слоя на входе в секцию, когда сила тока в амперах повышается свыше заданного уровня.

Нужны или нет сукна

Хотя бессуконные нагревательные секции предлагались на протяжении нескольких лет, большинство гофроагрегатов для изготовления трехслойного гофрированного картона все еще оснащается сукнами. Описываются функциональные и необходимые свойства традиционного сукна, почему машина без сукон может вытеснить сукна, затем отмечаются главные преимущества и недостатки обеих систем и рассматриваются возможные способы развития.

С сукном

Верхний и нижний конвейер были традиционными средствами выполнения следующих функций:

- в качестве передающей среды для захвата и перемещения картона в передающей секции;
- распределение по поверхности нагрузки традиционного тяжелого вала, чтобы избежать разрушения картона;
- обеспечение прохождения через поры небольшого количества пара и абсорбции остальной части влаги;

- помощь в перемещении картона по нагревательным плитам через контакт с верхним слоем.

У сукна должны также быть следующие свойства:

- устойчивость к клеящему действию крахмала;
- высокая гигроскопичность;
- поверхность должна эффективно чиститься без повреждения непосредственно сукна;
- жесткость в поперечном направлении, чтобы избежать запечатывания кромок гофр при изготовлении картона шириной менее стандартной;
- устойчивость к абразивному износу, особенно около кромок, где сукно может часто работать в контакте с нагревательными плитами;
- безусадочность (никаких неровных вытяжек или сокращений) и работа по прямой (никакой боковой курсовой неустойчивости);
- длинный ресурс работы (по крайней мере 60 млн м);
- хорошая масса квадратного метра, чтобы дать ровную загрузку картона, требуя меньшей механической нагрузки на нагревательных плитах.

Почти все существующие сукна являются синтетическими, но есть два основных вида конструкции – шерстяные и тканые.

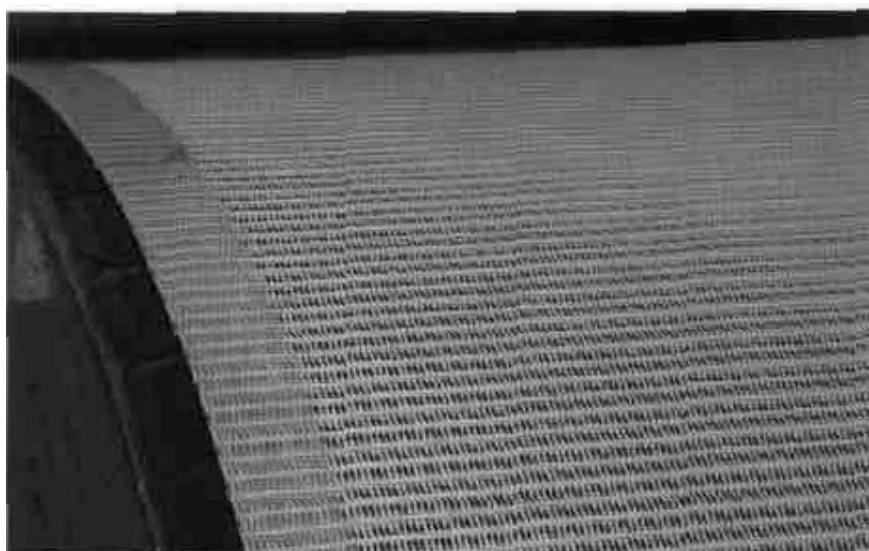


Рис.10.8. Открытые сукна обеспечивают распределение давления

Недавно появились сукна с открытыми отверстиями. Преимущество –

поддержка чистого выхода пара, что особенно полезно для микрогофрированного картона. Однако они не всегда подходят для секций с нагружением тяжелыми валами (рис.10.8).

Без сукон

Начиная с разработки воздушной, башмачной или пластинчатой систем нагрузки, которые передают давление на площадь, стало логичным удалить верхнее сукно из нагревательной секции. *Marquip* и *SHS* установили несколько традиционных и новых прессов для изготовления трехслойного гофрированного картона, используя этот принцип. *Marquip* используют традиционное двойное сукно в передающей секции, в то время как *SHS* используют вакуумный конвейер на нижнем слое.

Начальные результаты были смешанные, но дальнейшее усовершенствование покажет преимущества или недостатки сушильной части без сукон или с сукнами с редким переплетением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Пиннингтон Т. Гофроиндустрия. В поисках совершенства. - Киев: ТМТ Медиа Групп, 2012. – 493 с. (Т. Pinnington “The Corrugated Industry. In Pursuit of Excellence”).

Комаров В.И. Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов. – Архангельск: АГТУ, 2002. – 440 с.

Кирван М. Дж. Упаковка на основе бумаги и картона.- СПб.: Профессия, 2008. - 488 с.

Технология целлюлозно-бумажного производства. Т.І. Часть 1. Сырье и производство полуфабрикатов: справочные материалы. – СПб.: Политехника, 2002. – 432 с.

Технология целлюлозно-бумажного производства. Т.І. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч.2. Производство полуфабрикатов: справочные материалы. – СПб.: Политехника, 2003. – 633 с.

Технология целлюлозно-бумажного производства. Т.ІІ. Производство бумаги и картона. Ч.1. Технология производства и обработки бумаги и картона. – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с.

Фляте Д.М. Свойства бумаги. - Изд. 4-е, испр. и доп. - СПб.: НПО «Мир и семья-95», ООО «Интерлайн», 1999. – 384 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 6. [ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГОФРООБРАЗОВАНИЯ](#)5

ГЛАВА 7. [ГОФРИРУЮЩИЙ ПРЕСС](#)15

ГЛАВА 8. [ГОФРИРУЮЩИЕ ВАЛЫ](#)33

ГЛАВА 9. [КРАХМАЛ И КЛЕИ](#)60

ГЛАВА 10. [СОЕДИНЕНИЕ](#)79

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК95

Учебное издани

Состояние флютинга.....	40
Рис. 8.2. Возрастание напряжения в зоне контакта.....	47
Виды крахмала.....	63
Относительные свойства разных видов крахмала.....	63
Элементы клея.....	64
Вода.....	64
Перемешивание.....	65
Бура или борная кислота.....	65
Приготовление крахмальных клеев.....	66
Stein Hall процесс.....	66
No-carrier процесс.....	68
Управление процессом образования связей.....	69
Таблица устранения неисправностей.....	70
Процесс соединения слоев.....	72
Проникновение клея.....	72
Гелеобразование.....	73
Промежуточные и конечные связи.....	73
Типичные проблемы при склейке.....	73
Закрепляющие добавки.....	75
Стабилизатор клея.....	76
Полуавтоматический способ.....	76
Автоматический способ.....	77
Большие или маленькие партии.....	78
Охрана труда и техника безопасности в системах приготовления клея.....	78
Состояние оборотной воды.....	79
Накопительный мост.....	81
Подогреватель.....	83
Клеенаносящая машина.....	84
Пресс для изготовления трехслойного гофрированного картона.....	85
Нагревательная секция.....	86
Процесс.....	86
Нагревательные плиты.....	87
Система прижима.....	88

Передающая секция.....	92
С сукном.....	94
Без сукон.....	96
ОГЛАВЛЕНИЕ.....	98

Александр Семенович Смолин
Валерий Иванович Комаров
Владимир Климентьевич Дубовый
Владимир Иванович Белоглазов

ТЕХНОЛОГИЯ ГОФРОКАРТОНА

Учебное пособие

Редактор и корректор Т.А. Смирнова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2014, поз. 48

Подп. к печати 30.04.14.

Формат 60 × 84/16.

Бумага тип №1.

Печать офсетная.

Уч.- изд.л. 6,25.

Усл.- печ.л. 6,25.

Тираж 300 экз.

Изд. №48. Цена «С».

Заказ

Ризограф Санкт-Петербургского государственного
технологического университета растительных
полимеров, 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4