

УДК 686.1

И. В. Марченко, магистр технических наук, старший преподаватель (БГТУ);
Т. А. Долгова, кандидат физико-математических наук, доцент, заместитель декана (БГТУ)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПОСЛЕПЕЧАТНОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БУМАГИ

В статье рассматриваются влияния операций фальцовки и прессования тетрадей на изменение прочностных характеристик бумаги. В результате эксперимента получены данные растяжения при разрыве, усилия при разрыве и сопротивления разрыву. Проанализированы изменения показателей в зависимости от технологической операции.

In article the analysis of operations of bending and pressing of sheets of paper on variation of strength characteristics of a paper is given. As a result of experiment have been obtained the given stretching's at break, effort at break and resistance to break. Variations of parameters depending on technological operation are analyzed.

Введение. Качество полиграфической продукции во многом зависит от технических показателей бумаги, которые в свою очередь определяются ее структурой. Для обеспечения оптимальных режимов использования полиграфического оборудования и достижения заданного качества продукции к бумаге предъявляется ряд технологических требований, таких как правильное расположение листа с учетом машинного направления, определенные толщина или масса 1 м^2 и жесткость поверхности и т. д. Существует множество факторов, например способ печати, тип печатной машины или вариант фальцовки, которые определяют эти требования [1].

Использование малоизученных видов бумаги, несоблюдение режимных параметров микроклимата в цехе и связанное с ним изменение свойств бумаги крайне затрудняют выполнение фальцовки и прессование тетрадей.

Для получения качественного изделия нужно максимально четко сформулировать требования к материалу, чтобы удовлетворить условиям обработки или задать их в соответствии с параметрами материала и требованиями к изделию.

В послепечатное производство поступают печатные оттиски, которые различаются по свойствам от исходной бумаги. Процесс печати и наносимые на ее поверхность печатные краски и увлажняющие растворы, а также процесс сушки изменяют их. Поэтому рассматривать влияние свойств бумаги на послепечатные операции следует с учетом изменения этих свойств в процессе печати.

Наибольшее воздействие на структуру бумаги оказывает традиционная офсетная печать с увлажнением. Увлажнение с последующим высушиванием изменяет и деформационные свойства бумаги. Происходит усадка бумажного полотна (особенно в направлении, перпендикулярном

преимущественной ориентации волокон в нем). Повышается гидрофобность, т. е. уменьшается восприимчивость по отношению к воде.

Все указанное свидетельствует о том, что на послепечатные операции поступают оттиски, представляющие собой материал, который может значительно отличаться свойствами от исходного [1].

Основная часть. Процессы деформирования волокнистых материалов (бумаги, картона, ткани) при приложении механического поля в общем цикле обработки книг и брошюр занимают одно из основных мест. Эти процессы подчиняются законам механики. Имея много общего, процессы деформирования специфичны и зависят от вида полуфабриката, подвергающегося обработке, и назначения технологической операции.

Бумага должна обладать определенными механическими и деформационными свойствами, чтобы пройти через все технологические операции полиграфического производства.

Механические свойства бумаги — это свойства, характеризующие прочность бумаги и стойкость ее к деформации. Практически все технологические операции в полиграфии сопровождаются значительным деформирующим воздействием на бумагу: растяжением и сжатием, изгибом, скручиванием и т. д. От данных свойств бумаги зависит, насколько возможно, нормальное осуществление технологических процессов печатания и послепечатной обработки [2].

Прочность бумаги, в зависимости от природы воздействующей на бумагу силы, выражают различными показателями, характеризующими сопротивление бумаги разрыву, излому, продавливанию, надрыву, ударной нагрузке и пр.

Все эти показатели в комплексе характеризуют процессы, которые приводят к нарушению целостности и необратимому изменению структуры бумаги.

Нередко более правильно оценку свойств бумаги в условиях практического применения можно получить при использовании показателей деформационных свойств бумаги, проявляющихся в условиях сохранения целостности бумаги, когда изменяются только (обратимо или необратимо) форма и размеры применяемого образца без его разрушения. Таким деформационным показателем бумаги является удлинение ее до разрыва (растяжимость).

Сопrotивление бумаги излому больше зависит от длины волокон, их гибкости и прочности, нежели от сил связи между ними. На показатель сопротивления бумаги раздиранию в значительной степени влияют длина и прочность составляющих бумагу волокон, чем величина сил связи между этими волокнами.

С повышением удельного давления прессования механическая прочность бумаги, выражаемая показателем разрывной длины, увеличивается, воздухопроницаемость бумаги при этом резко снижается.

В любом варианте фальцовки при получении первого сгиба бумага, представляющая собой тонкий листовый твердый микронеоднородный волокнистый материал, подвергается деформации изгиба.

Сущность деформации изгиба — сочетание растяжения (по внешней стороне бумаги), сжатия (по внутренней стороне) и уплотнения ее структуры в зоне изгиба. Важно также представлять, что изгибы большой интенсивности (малого радиуса кривизны) сопровождаются разрушением элементов структуры, приводящей к образованию остаточной деформации (устойчивого фальца) или к разрушению (разрыву) бумаги.

Характер и величина разрушения связей между волокнами в сгибе различны в тетрадах с долевыми и поперечным раскромом. Если сгиб происходит по машинному направлению бумаги, то в зону перегиба попадают в основном боковые разветвления волокон целлюлозы и древесной массы и небольшое количество волокон, оказавшихся под каким-либо углом к машинному направлению из-за сотрясательного движения сетки бумагоделательной машины. Сгиб в этом случае получается довольно четким, стойким, со сравнительно гладким фальцем, без изломов и искривлений.

Если же сгиб перпендикулярен машинному направлению бумаги, то в зону перегиба листа попадает основная масса целлюлозных волокон, ориентированных по машинному направлению. Наружная поверхность фальца при этом получается шероховатой, так как концы волокон освобождаются от молекулярных связей друг с другом, внутреннее утолщение бывает

заметно большим, а линия сгиба — неровной. Сам фальц, несмотря на разрушения около 30% толщины листа, стремится вернуть свою первоначальную форму.

В реальных условиях фальцовки падение прочности разных видов печатной бумаги по сгибу в зависимости от направления раскроя не превышает 30%, ожидаемого 2–3-кратного уменьшения прочности не происходит: очевидно, деформация растяжения и сжатия распространяется на более широкую область листа. При этом концы соседних волокон у наружного сгиба расходятся на значительные расстояния лишь близ поверхности бумаги поперечного раскроя, а во внутренней части сгиба волокна набегают друг на друга, образуя утолщения и многочисленные мелкие складки вдоль линии сгиба (рис. 1, в), которые при фальцовке толстой бумаги заметны даже невооруженным глазом [3].

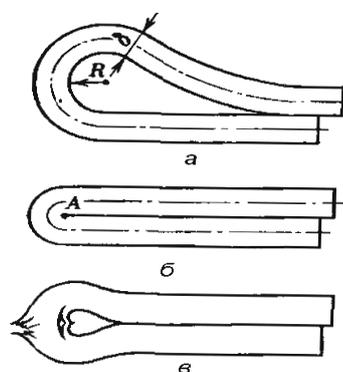


Рис. 1. Схема деформации листов при фальцевании: а — под действием силы тяжести; б — сгиб геометрически правильный; в — реальный сгиб

Известно, что печатные бумаги начинают разрушаться при растяжении, когда относительное удлинение достигает порядка 1,5%. Это означает, что, не разрушая наружных слоев листа, можно получить радиус закругления $R = 32,8 \sigma$ при $\epsilon = 1,5\%$. Еще сложнее обстоит дело со сжатием бумаги. Хотя все бумаги содержат в своей структуре много воздуха (в рыхлых бумагах машинной гладкости объем пор и капилляров достигает 60%), вытеснить весь воздух и максимально уплотнить структуру волокнистого материала удастся лишь при колоссальном давлении порядка 50–100 МПа, при котором неизбежен относительный сдвиг волокон, ведущий к значительному снижению прочности материала в целом [3].

Для изучения влияния операции фальцовки и прессования тетрадей на изменение прочностных характеристик бумаги был проведен следующий эксперимент. На разрывной машине «Brugger-VNG-E» (Германия) исследовались

образцы, представляющие собой полосы бумаги массой 80 г/м²:

- 1) после фальцовки без обжатия сгибов;
- 2) после фальцовки и прессования;
- 3) после фальцовки и двойного прессования тетрадей.

Для изучения прочности фальца были взяты по 4 образца каждого вида двух размеров: 15×150 мм и 15×210 мм. В результате эксперимента получены данные растяжения при разрыве (ϵ), усилия при разрыве (F) и сопротивления разрыву (σ).

Для определения разрывной длины полосу бумаги закрепляют в зажимах разрывной машины и определяют усилие, при котором произошел разрыв бумаги.

Прочность на разрыв — это сила, необходимая для того, чтобы порвать полосу бумаги шириной в 15 мм. Испытание проводят на разрывной машине, где тестируемая полоска растягивается при постоянной скорости. Максимальное усилие делят на ширину образца, и результат выражают в килоньютонах на метр [4].

Разрывное усилие (или разрушающее усилие согласно ГОСТ ИСО 1924-1-96) определяют средним арифметическим значением результатов 5 измерений полуфабрикатов [5].

На первом этапе испытанию подвергались полосы бумаги с фальцем, вырезанные из тетрадей, полученные в результате фальцовки на кассетных фальцевальных машинах, затем, согласно технологической схеме, тетради прессовались на паково-обжимных прессах с определенным усилием [6].

Обжиму и упаковке необходимо подвергать все многообъемные тетради, в первую очередь те, к которым будут приклеиваться дополнительные детали — форзацы, дробные части бумажного листа, иллюстрации, печатаемые отдельно от текста.

После фальцовки и прессования пачки первых и последних тетрадей будущего блока поступают на форзацеприклеичное оборудование, где после соединения с форзацем снова подвер-

гаются кратковременному обжиму на паково-прессующем устройстве с определенным усилием. Причем параметры давления точно такие же, как и на предыдущем обжимном устройстве.

Показатели средних значений прочностных характеристик фальца после выполнения технологических операций послепечатных процессов для исследуемых образцов представлены в таблице.

Анализируя данные таблицы, можно наблюдать нестабильные результаты для образцов бумаги размером 15×210 мм. Это связано с тем, что место разрыва не всегда приходилось на фальц (сгиб) тетради, а попадало в место облачности, обусловленное неравномерностью структуры бумаги. Чем длиннее полоска бумаги, тем больше вероятность разрыва не по сгибу листа.

По результатам образцов размером 15×150 мм наблюдается изменение значения показателей в зависимости от технологической операции. Что можно объяснить следующим образом: с каждой последующей операцией сопротивление разрыву в бумаге уменьшается, соответственно прочность бумаги в фальце падает. Это обусловлено тем, что каждая последующая технологическая операция, оказывающая определенное усилие на сгибы тетрадей, приводит к разрушению бумаги в месте фальца, волокна бумаги в месте сгиба разрушаются, снижая тем самым прочность книги в процессе эксплуатации, так как на сгиб тетради приходится основные нагрузки при перелистывании страниц книги.

На рис. 2 представлены графики, демонстрирующие влияние последовательных технологических операций послепечатной обработки на изменение прочностных характеристик сфальцованных тетрадей.

Процесс фальцовки можно рассматривать как изгиб листа вокруг условного стержня с небольшим радиусом. При этом большинство волокон бумаги испытывают растяжение, достигающее в месте сгиба значительной величины.

**Прочностные характеристики образцов бумаги
на разных стадиях технологического процесса послепечатной обработки**

Технологические операции	ϵ , %	F , Н	σ , МПа
15×150 мм			
Фальцовка тетрадей	11,035	0,79	28,828
Фальцовка и прессование тетрадей	10,766	8,848	28,79
Фальцовка и двойное прессование тетрадей	12,032	14,796	27,84
15×210 мм			
Фальцовка тетрадей	7,883	0,49	21,045
Фальцовка и прессование тетрадей	6,002	0,32	28,314
Фальцовка и двойное прессование тетрадей	7,878	0,876	26,448

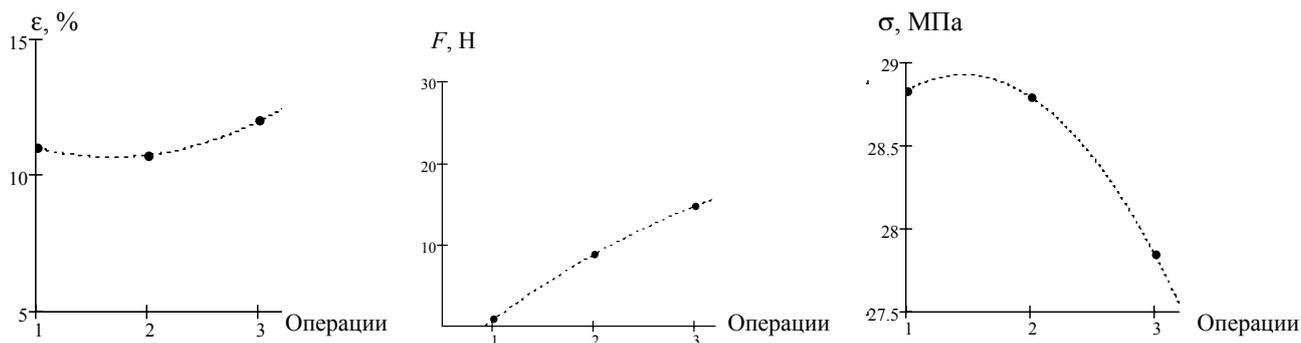


Рис. 2. Изменение прочностных характеристик в ходе технологического процесса:

- экспериментальные данные образца длиной 150 мм;
- аппроксимирующая функция образца длиной 150 мм

Понятно, что если внутренние волокна листа изгибаются по дуге с радиусом r и если этот радиус равен толщине бумаги h , то внешние волокна должны быть растянуты на величину $h(2\pi - 1)$, то есть более чем в пять раз. Учитывая, что в момент разрыва бумага растягивается всего на несколько процентов, можно утверждать, что в процессе фальцовки в месте сгиба происходит разрушение связей между волокнами бумаги и появляются микроразрывы [7].

Вывод. Проведенные исследования показали, что для повышения качества книжных изделий, увеличения прочностных характеристик конструктивных элементов блока необходимо учитывать и регулировать усилие нагрузки, оказываемое на сгибы тетрадей в процессе фальцовки, прессования и местного обжима корешка блока. При разработке и конструировании новых типов фальцаппаратов, прессующих и обжимных устройств необходимо вводить элемент регулировки прилагаемого давления для сжатия полуфабрикатов. В настоящее время все прессовое оборудование, используемое на полиграфических предприятиях, не имеет системы регулировки величины давления. При использовании современных материалов, чувствительных к технологическому процессу, все это может оказать большое влияние на результат получения качественной книжно-журнальной продукции.

Таким образом, актуальность рассматриваемых вопросов, обусловлена необходимостью нахождения новых подходов и методов исследования для получения качественно обжатых полуфабрикатов для изготовления книжных изделий.

Использование в полиграфическом производстве новых технологий и новых материалов оказывает большое влияние на свойства бумаги в послепечатных процессах. По-разному проявля-

ют себя в процессе прессования бумаги различного типа (немелованные, матовые мелованные, матовые мягкого каландрирования, суперкаландрированные глянцевые мелованные) в отношении механической прочности тетрадей в области фальца. Но имея определенную информацию о поведении материалов в ходе технологического процесса, можно объективно подойти к решению того, какой полуфабрикат и из какой бумаги способен обеспечить требуемое качество конкретной продукции.

Литература

1. Остреров, М. Бумага. Свойства бумаги и послепечатные процессы / М. Остреров // Publish. — 2001. — № 8. — 68 с.
2. Фляте, Д. М. Технология бумаги / Д. М. Фляте. — М.: Лесная пром-сть, 1988. — 440 с.
3. Воробьев, Д. В. Технология послепечатных процессов / Д. В. Воробьев. — М.: МГУП, 2000. — 394 с.
4. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении: ГОСТ 13525.1-79. Переизд. с изм. 2007. — Введ. 01.07.80. — М.: Стандартинформ. — 5 с.
5. Бумага и картон. Определение прочности при растяжении. Ч. 1: Метод нагружения с постоянной скоростью: ГОСТ ИСО 1924-1-96. — Введ. 01.01.2000. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. — 12 с.
6. Технологическая инструкция. Фальцовка отпечатанных листов и прессование пачек тетрадей / М-во печати и информации РФ. — СПб., 1993. — 48 с.
7. Zimmer, Reinhard. Druckweiterverarbeitung. Fertigungstechniken / R. Zimmer // Bundesverband Druck und Medien. — Wiesbaden, 2008. — 46 s.

Поступила 26.03.2012