

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ВЛАЖНОГО БУМАЖНОГО ПОЛОТНА

Основу технологии образования и упрочнения листа бумаги в мокрой части машины составляют процессы фильтрации воды и уплотнения слоя массы под действием периодически прикладываемых нагрузок, различных по величине и характеру (без разрушения структуры листа).

После удаления воды фильтрацией на сеточном столе бумажное полотно передается в прессовую часть, где происходит уплотнение структуры под действием приложенной механической нагрузки. Цель прессования – уплотнение массы, причем процесс доводится до прекращения выделения жидкости.

До настоящего времени процесс прессования бумажного полотна рассматривался с точки зрения максимального удаления воды из него, при этом использовались закономерности процесса фильтрации.

В то же время процесс прессования сопровождается уплотнением бумажного полотна не только за счет удаления воды, но и деформации волокон под действием приложенной нагрузки.

Целью нашей работы является изучение деформации и напряжений, возникающих в волокнистой структуре бумажного полотна. Это необходимо для того, чтобы выявить влияние прессования на изменение структуры уплотняющегося полотна, определить напряжения, возникающие в бумажном полотне, при передаче его из прессовой части бумагоделательной машины в сушильную, а также выяснить роль капиллярного давления при прессовании.

Исследования проводились на специально сконструированном приборе, представленном на рис. 1.

Методика изучения бумаги в процессе прессования заключалась в следующем: образец из суспензии сульфатной небеленой целлюлозы, размолотой в лабораторном ролле до 50ШР^о, объемом 200 мл и концентрацией 1,0 % заливали в устройство (см. рис. 1). Затем устройство устанавливали под конус 3 рычажного пресса с соотношением плеч 43:6. При установке груза 2 с помощью индикатора 4 измеряли начальную толщину образца, а после установки груза – деформацию и время деформации. Массу груза ступенчато увеличивали, при этом давление на образец рассчитывалось исходя из размеров рычага и площади образца. Результаты исследований представлены в таблице.

Из общей деформации образца выделяем упругую ее часть по изменению толщины образца после снятия груза при каждой последовательной стадии прессования. Ее начальная часть является прямой, которая при возрастании напряжения переходит в кривую.

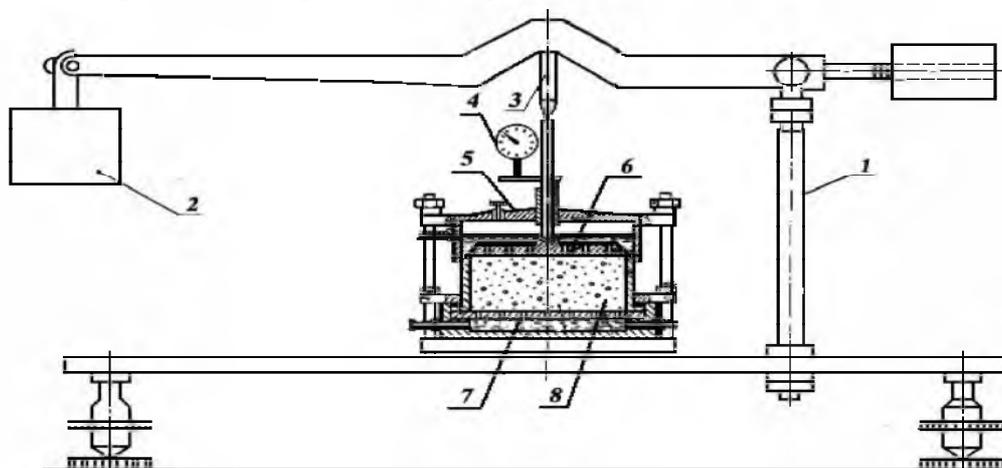


Рис. 1. Устройство для мокрого прессования бумажного полотна:
1 – рычажный пресс, 2 – груз, 3 – конус прессы, 4 – индикатор, 5 – крышка,
6 – перфорированный штамп, 7 – фильтрующее сито, 8 – образец

Результаты исследований

Давление на образец, МПа	Толщина образца, мм	Деформация, %	Сухость образца, %	Максимальный радиус пор R_{\max} , м^{-6}	Средний радиус пор $r_{\text{ср}}$, м^{-6}
0	12,00	0	4	79,00	53,70
0,003	10,00	16,60	5	45,10	27,30
0,0105	7,20	40,00	7	15,80	9,250
0,018	6,25	48,30	8	9,00	6,36
0,041	4,50	62,50	12	3,16	1,96
0,0801	3,80	68,00	13	1,264	1,18
0,123	3,35	72,00	15	0,90	0,60

Модуль упругости E определили в соответствии с диаграммой прессования как tg угла наклона к кривой $p = f(\varepsilon)$:

$$E = p/\varepsilon,$$

где E – модуль упругости;

p – напряжение, вызываемое в образце действующей силой (равно силе, делённой на площадь приложения силы);

ε – упругая деформация образца, вызванная напряжением (равна отношению размера образца после деформации к его первоначальному размеру).

Значение модуля упругости менялось в зависимости от величины нагрузки (рис. 2), которая, в свою очередь, определяет сухость образца. Видно, что величина модуля упругости возрастает по мере увеличения сухости (рис. 3), что говорит о кинетическом характере изменения температуры стеклования бумажного полотна.

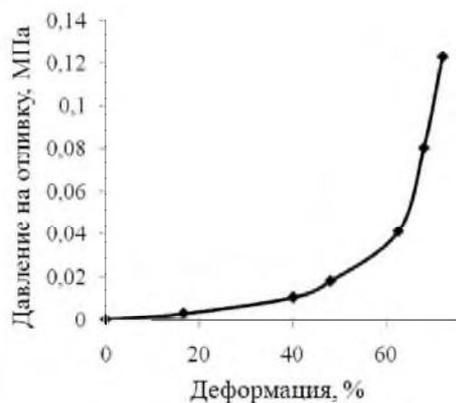


Рис. 2. Зависимость деформации от сил давления

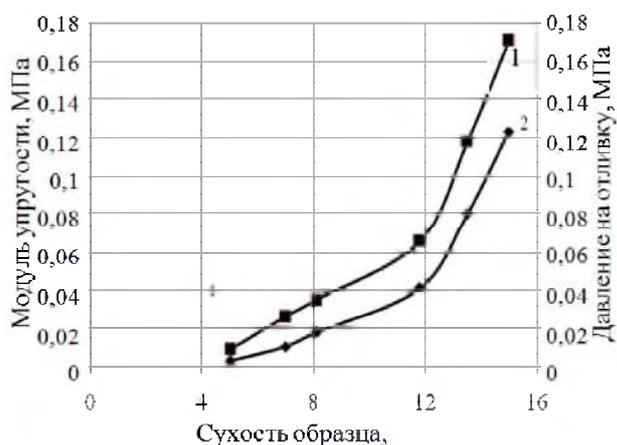


Рис. 3. Зависимость модуля упругости и капиллярных сил от сухости отливки:
1 - модуль упругости;
2 - капиллярное давление

Особенность обезвоживания бумажного полотна под действием капиллярных сил по сравнению с обезвоживанием под действием внешних сил, например разности давлений, заключается в том, что капиллярные силы, возникающие в результате поверхностного натяжения жидкости, находятся в порах бумажного полотна и изменяются непрерывно и плавно в зависимости от изменения размеров капилляров. Чем уже капилляр, тем больше силы капиллярного давления. В бумажном полотне при больших влажностях поры и капилляры заполнены водой и уменьшение объема пор при обезвоживании пропорционально объему удаляемой воды. Капиллярное давление P_k при определенном влагосодержании W можно установить в результате обезвоживания бумажного листа путем сжатия. Это давление равно по величине давлению при сжатии $P_k = f(W)^*$. Исходя из пористости бумажной отливки с учетом изменения коэффициента фильтрации рассчитали средний радиус пор на каждой ступени прессования, а также максимальный радиус пор.

Таким образом, по изменению размера пор можно судить об изменении напряжений*, возникающих в волокнах, поскольку капиллярные силы согласно закону Лапласа растут обратно пропорционально размеру капилляров.

* Кришер О. Научные основы техники сушки. М.: Иностран. лит., 1961. 540 с.