

УДК 676.1.054.1

*Л.В. Кутовая, В.В. Еременко, Ю.Д. Алашкевич,
А.П. Руденко, Н.С. Решетова*

Кутовая Лариса Владимировна родилась в 1972 г., окончила в 1995 г. Сибирский государственный технологический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета. Имеет 50 печатных работ в области размола волокнистых материалов.



Еременко Владимир Викторович родился в 1979 г., окончил в 2002 г. Сибирский государственный технологический университет, аспирант кафедры технологии конструкционных материалов и машиностроения СибГТУ. Имеет 7 печатных работ в области гидродинамики волокнистых суспензий и принудительного формования из них изделий.



Алашкевич Юрий Давыдович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, действительный член РА-ИН, профессор кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета. Имеет 230 научных работ в области размола волокнистых материалов и в др. областях.



Руденко Анатолий Павлович родился в 1941 г., окончил в 1969 г. Сибирский технологический институт, доктор, профессор кафедры технологии конструкционных материалов и машиностроения Сибирского государственного технологического университета. Имеет 90 печатных работ в области гидродинамики волокнистых суспензий и принудительного формования из них изделий.



Решетова Наталья Сергеевна родилась в 1976 г., окончила в 1998 г. Сибирский государственный технологический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета. Имеет 23 печатные работы в области размола волокнистых материалов.



КОМПЛЕКСНЫЙ ПАРАМЕТР КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА

ОБРАБОТКИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

На основе экспериментальных исследований разработаны теоретические положения для определения комплексного параметра оценки качества помола волокнистой массы; определены функциональные зависимости комплексного параметра некоторых физико-механических характеристик готового продукта.

Ключевые слова: размол, безножевой способ, волокно, комплексный параметр качества, суспензия, бумагообразующие показатели.

В настоящее время для размола бумажной массы широкое применение получили ножевые размалывающие машины: модифицированные конические и дисковые мельницы. При разработке на этих машинах оказывается механическое воздействие на структуру волокна в двух направлениях [2]: фибриллирование волокна с его разрушением; деление его поперек (рубка). Фибриллирование и разделение волокон способствует упрочнению бумаги, улучшению ее физико-механических свойств. Укорочение же приводит к уменьшению поверхности контакта волокон и, соответственно, к ухудшению качества бумажного полотна.

На кафедре машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного технологического университета ведутся исследования в области нетрадиционных способов воздействия на волокно на безножевой размольной установке типа «струя–преграда». При обработке этим способом волокна получают развитую сеть межволоконных связей и подвергаются значительно меньшему укорочению и разрушению, чем в ножевых машинах [1, 3]. Отливаемое бумажное полотно имеет более высокие физико-механические показатели.

Создание высокоэффективных безножевых размольных машин с оптимальными параметрами работы невозможно без объективной оценки качества помола. Имеющиеся отдельные показатели оценки качества помола (градус помола по Шопперу–Риглеру, изменение длины волокна, поверхность размола и др.) не дают объективной картины существа процесса. Необходим обобщающий параметр оценки качества помола, который бы объединял в себе отдельные бумагообразующие показатели (межволоконные силы связи, средняя длина волокна, внешняя удельная поверхность) с физико-механическими характеристиками готовых отливок (разрывная длина, сопротивление продавливанию, сопротивление раздиранию, число двойных перегибов).

Для получения аналитической зависимости прочности бумаги от свойств целлюлозы вначале при помощи теории подобия и размерностей был получен безразмерный параметр [4], характеризующий в совокупности выбранные бумагообразующие показатели:

$$K = \sqrt{\frac{S\sigma}{\ell}} t, \quad (1)$$

где K – комплексный параметр качества помола волокнистой массы;

S – внешняя удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{кг}$;

σ – межволоконные силы связи, Па;

ℓ – длина волокна, м;

t – продолжительность размола, с.

Так как на практике часто при оценке качества помола используют показатель – градус помола по Шопперу–Риглеру, целесообразно установить зависимость комплексного параметра оценки качества помола волокнистой массы от градуса помола (рис. 1). Как видно из рис. 1, комплексный параметр качества хорошо описывается уравнением

$$K = a + b \cdot \text{°ШР}.$$

В ходе анализа зависимости комплексного параметра оценки качества помола волокнистой массы от градуса помола по Шопперу–Риглеру получены следующие аналитические зависимости для целлюлозы:

беленой

$$K = -74,0 + 4,85 \cdot \text{°ШР} \text{ (при } \nu = 115,4 \text{ м/с); } K = -69,0 + 5,15 \cdot \text{°ШР} \text{ (} \nu = 97,1 \text{ м/с); (2)}$$

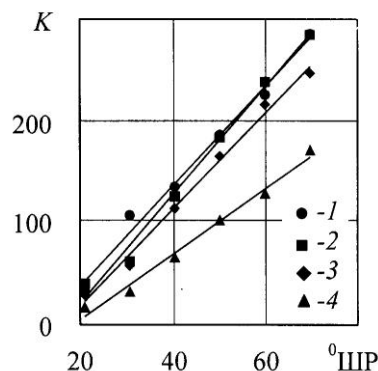
небеленой соответственно

$$K = -55,5 + 3,03 \cdot \text{°ШР}; \quad K = -74,5 + 5,03 \cdot \text{°ШР}. \quad (3)$$

Механическая прочность бумаги является функцией от свойств волокнистого материала и характеризуется такими показателями, как сопротивление бумаги разрыву, излому, раздиранию, продавливанию.

Исходный волокнистый материал, изменяющий свои свойства в широких пределах в процессе размола, можно охарактеризовать следующими показателями оказывающими наиболее существенное влияние на прочность бумаги: средняя длина волокна, внешняя удельная поверхность и межволоконные силы связи.

Рис. 1. Зависимость комплексного параметра качества помола волокнистой массы K от градуса помола (°ШР) при $\nu = 97,1$ м/с (1, 2) и $\nu = 115,4$ м/с (3, 4): 1, 4 – небеленая целлюлоза; 2, 3 – беленая



Таким образом, прочностные характеристики бумаги являются функциями следующих параметров:

$$L = f_1(\ell', S, \sigma, t) = \varphi_1(K);$$

$$U = f_3(\ell', S, \sigma, t) = \varphi_3(K);$$

$$P_a = f_2(\ell', S, \sigma, t) = \varphi_2(K);$$

$$E = f_4(\ell', S, \sigma, t) = \varphi_4(K),$$

где

L – разрывная длина, м;

ℓ' – проекция средней длины волокна, м;

S – внешняя удельная поверхность волокон, $\text{м}^2/\text{кг}$;

$\varphi_1(K), \varphi_2(K), \varphi_3(K), \varphi_4(K)$ – некоторые функции, зависящие от безразмерного параметра K ;

P_a – сопротивление продавливанию, Па;

U – сопротивление излому;

E – сопротивление раздиранию, Н.

На рис. 2, 3 показана зависимость разрывной длины и сопротивления продавливанию от комплексного параметра качества помола волокнистой массы.

В результате регрессионного анализа получены следующие уравнения связи:

1. Между разрывной длиной готовых отливок и бумагообразующими свойствами волокнистой массы для безножевой размольной установки типа «струя – преграда» для целлюлозы:

беленой

$$L = 1321,90 - 10^{-15} \cdot K^2 t^2 + 6 \cdot 10^{-6} \cdot Kt \quad (\text{при } v = 115,4 \text{ м/с});$$

$$L = 2457,40 - 7 \cdot 10^{-16} \cdot K^2 t^2 + 4 \cdot 10^{-6} \cdot Kt \quad (\text{при } v = 97,1 \text{ м/с});$$

небеленой

$$L = 9169,10 - 4 \cdot 10^{-15} \cdot K^2 t^2 + 6 \cdot 10^{-6} \cdot Kt \quad (\text{при } v = 115,4 \text{ м/с});$$

$$L = 8194,90 - 4 \cdot 10^{-16} \cdot K^2 t^2 + 10^{-6} \cdot Kt \quad (\text{при } v = 97,1 \text{ м/с}).$$

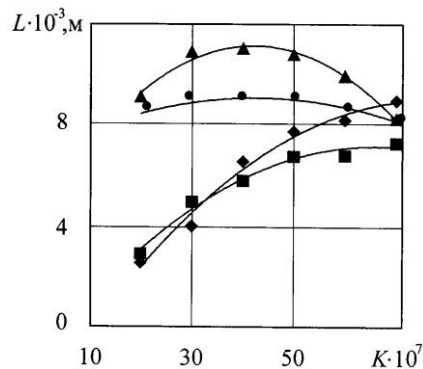


Рис. 2. Зависимость разрывной длины L от комплексного параметра качества помола волокнистой массы (см. обозначения на рис. 1)

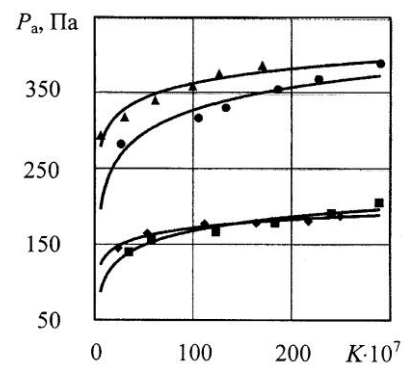


Рис. 3. Зависимость сопротивления продавливанию P_a от комплексного параметра качества помола волокнистой массы (см. обозначения на рис. 1)

2. Между сопротивлением продавливанию готовых отливок и бумагообразующими свойствами волокнистой

массы для безножевой размольной установки типа «струя – преграда» для целлюлозы:

беленой

$$P_a = 16,79 \ln K - 175,48 \quad (\text{при } v = 115,4 \text{ м/с});$$

$$P_a = 27,66 \ln K - 405,15 \quad (\text{при } v = 97,1 \text{ м/с}).$$

небеленой

$$P_a = 28,55 \ln K - 227,12 \quad (\text{при } v = 115,4 \text{ м/с});$$

$$P_a = 44,26 \ln K - 588,28 \quad (\text{при } v = 97,1 \text{ м/с}).$$

Приведенные уравнения показывают зависимость основных прочностных показателей бумаги от бумагообразующих свойств волокнистой массы. Экспериментальные данные и значения, рассчитанные по полученным уравнениям, имеют хорошую сходимость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васютин В.Г.* Интенсификация процесса комбинированного размола целлюлозных суспензий: дис. ... канд. техн. наук: утв. 05.21.03. / В.Г. Васютин. – Красноярск, 1987. – 166 с.

2. *Иванов С.Н.* Технология бумаги / С.Н. Иванов. – Л.: Гослесбумиздат, 1970. – 695 с.

3. *Мицкевич Ф.И.* Влияние способа размола на бумагообразующие свойства волокна / Ф.И. Мицкевич [и др.] // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства: межвуз. сб. науч. тр. – СПб, 1996. – С. 28–32.

4. *Седов Л.И.* Методы подобия и размерности в механике / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1965. – 388 с.

Сибирский государственный
технологический университет

Поступила 02.04.03

L.V. Kutovaya, V.V. Eremenko, Yu.D. Alashkevich,

A.P. Rudenko, N.A. Reshetova

Complex Parameter as Quality Index for Fiber Material Treatment

Theoretical regulations have been developed based on the experimental research for defining complex parameter of quality assessment of the fiber mass milling. Functional dependences are determined for the complex parameter of some physical and mechanical characteristics of the finished product.