частиц, зарождающихся в условиях кавитации, можно считать, что основным типом гидродинамических возмущений здесь являются ударные микроволны.

ЛИТЕРАТУРА

1. ***Новицкий Б.Г.*** Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах. – М., 1983. – 192 с.
2. ***Кардашев Г.А.*** Физические методы интенсификации процессов химической технологии. – М., 1990. – 208 с.
3. ***Молчанов Г.И.*** Ультразвук в фармации. – М., 1980. – 176 с.
4. ***Хамский Е.В.*** Кристаллизация в химической промышленности. – М., 1979. – 344 с.
5. ***Агранат Б.А., Дубровин М.Н., Хавский Н.Н. и др.*** Основы физики и техники ультразвука: Учеб. пособие для вузов. – М., 1987. – 352 с.
6. ***Толочко Н.К., Ядройцев И.А., Мяльдун А.З. и др.*** Кинетика нуклеации камфары в спиртовом растворе. Кристаллизация высаливанием // Весці НАНБ, сер. хім. навук, 2003, № 3. – С. 57–61.
7. ***Толочко Н.К., Ядройцев И.А., Мяльдун А.З. и др.*** Кинетика нуклеации камфары в спиртовом растворе. Кристаллизация охлаждением // Весці НАНБ, сер. хім. навук, 2004, № 1. – С. 41–46.

SUMMARY

The regularities of crystallization of solutions under the influence of ultrasonic cavitation at different initial supersaturation were studied experimentally. The mechanism of the cavitation effect on the nucleation processes was investigated theoretically.

Поступила в редакцию 3.12.2004

УДК 677.022.94:677.08

А.В. Локтионов, А.Г. Коган, Т.А. Мачихо

Исследование процесса вытягивания волокнистого продукта из отходов производства

Для расчета сил в процессе вытягивания волокнистого продукта из отходов производства необходимо знать (для широкого диапазона длин волокон) функции распределения волокон по длине в рабочей зоне вытяжного прибора. Теоретический анализ такой функции изложен в работе [1]. Однако исследования выполнены при значительном упрощении схемы взаимодействия волокон при движении. При этом не учитывались силы, действующие между волокнами при их движении, или они учитывались, но при этом полагали, что имеет место точная функция перехода скоростей с питающей пары на выпускную. Распределение точек перехода и идеальную кривую утонения волокнистого продукта следует рассматривать как функцию этого распределения. В работе [2] интегральная функция перехода $F_l(x)$ волокон длиной l со скорости V_1 питающей пары на скорость V_2 выпускной пары имеет вид

$F_l(x) = \dfrac{1}{2\pi} \int\limits_{-\infty}^{\frac{m(x)}{\delta(x)}} l^{-\frac{1}{2}} dt$, где $m(x)$ – массовая доля волокон в зоне перехода, $\delta(x)$ – дисперсия увлекающей силы.

Такое уравнение характеризует переход волокон разной длины на новую скорость V_2 и позволяет установить уравнение наиболее вероятной кривой утонения, по которой силы действуют на волокна, то есть те силы, которые создают движение волокон, являющиеся функцией перехода $F_l(x)$.

Зная уравнение идеальной кривой утонения, можно установить зависимости, моделирующие процесс вытягивания. Используя полученные зависимости, можно определить силы, которые перемещают волокна, и решить обратную задачу: по известной задаваемой функции перехода определяются силы, обеспечивающие в вытяжном поле требуемое движение волокон. Последнее, по нашему мнению, и есть решение проблемы процесса вытягивания – создание вытяжного прибора, способного вытягивать волокнистый продукт практически неограниченное число раз и получать продукт необходимого качества.

Пусть $U(x, \tau)$ – общее число волокон в сечении в момент времени τ. $U_1(x, \tau)$, $U_2(x, \tau)$ – то же для быстро и медленно двигающихся волокон. Следовательно, $U(x, \tau) = U_1(x, \tau) + U_2(x, \tau)$.

В силу стационарности процесса математическое ожидание $M(x, \tau)$ числа волокон U в сечении x в момент времени τ равно $U(x)$. Тогда

$$U(x) = U_1(x) + U_2(x).$$

Полагаем, что поступающий продукт состоит из волокон одинаковой длины. Плотность U передних кончиков волокон в зажиме питающей пары в момент времени τ $U(0, \tau) = \int\limits_0^l n(x,\tau)dx$, где $n(x, \tau)$ – плотность передних кончиков волокон в сечении x в момент времени τ в интервале $(x, x + dx)$.

Вероятность каждого такого волокна сохранить скорость питающей пары V_1 до того момента, пока его передний конец попадет в интервал $(x, x + dx)$, равна $(1 - F_l(x))$ [3].

Математическое ожидание M числа тех волокон, передние концы которых в момент времени τ находятся в интервале $(x, x + dx)$ и в момент времени $(\tau + \tau_1)$ сохраняют скорость V_1 и, следовательно, их передние кончики остаются в интервале $(x, x + dx)$, равно

$$M(n(x,\tau)dx)(1 - F_l(x + x_1)) = \lambda_1 (1 - F_l(x + x_1))dx,$$

где λ_1 – среднее число передних кончиков волокон, приходящихся на единицу длины вытяжного поля в интервале $(0; \ell)$. Полученное выражение учитывает, что каждое волокно в случайный момент времени переходит на новую скорость. Интегрируя последнее выражение, получим

$$MU_1(x, \tau + \tau_1) = \lambda_1 \int\limits_0^l (1 - F_l(x + x_1))dx.$$

Учитывая, что $MU(x;\tau) = U(x)$, $MU_i(x;\tau) = U_i(x)$, получим

$$U_1(x)=\lambda_1\int\limits_0^l(1-F_l(x+x_1))dx,$$

где U_1 – число медленно идущих волокон в сечении x. Для продукта, состоящего из волокон различной длины, $U_1(x)$ примет вид

$$U_1(x)=\int\limits_{l_{min}}^{l_{max}}n(l)dl\int\limits_0^l(1-F_l(x+x_1))dx.$$

Установлено, что число U_2 быстро идущих волокон в этом же сечении определяется из выражения

$$U_2(x)=\frac{1}{E}\left[\int\limits_{l_{min}}^{l_{max}}n(l)d(l)-\int\limits_{l_{min}}^{l_{max}}n(l)d(l)\int\limits_0^l(1-F_l(x+x_1))dx\right].$$

Для волокон одинаковой длины, учитывая $U_1(x)$, $U_2(x)$ и идеальную кривую утонения, получим, что для любой точки x вытяжного поля число волокон U одинаковой длины, переходящих со скорости V_1 питающей пары на скорость V_2 выпускной, определяется из выражения

$$U(x)=\lambda_1\int\limits_0^l(1-F_l(x+x_1))dx(1-\frac{1}{E})+U(R), \tag{1}$$

где $U(R)$ – число быстро идущих волокон в сечении вытяжного поля находится из выражения $U(R)=\dfrac{R-U_1(x)}{E}$, в котором R – разводка между парами, E – общая вытяжка вытяжного прибора. В любом сечении вытяжного поля число волокон $U(x)$ зависит от общей вытяжки E, условий функции перехода $F_l(x)$ волокон со скорости питающей пары на скорость выпускной, конкретной точки перехода с координатой x, изменения по длине вытягивания плотности $n(l)$ передних кончиков волокон.

Установлено, что кривая утонения продукта, состоящего из волокон различной длины, определяется из выражения

$$\begin{aligned}U(x)=&\left[\int\limits_{\ell_{min}}^{\ell_{max}}n(\ell)d\ell\int\limits_0^{\ell}(1-F_{\ell}(x+x_1))dx\right](1-\frac{1}{E})+\\&+\frac{1}{E}\left[\int\limits_{\ell_{min}}^{\ell_{max}}n(\ell)d\ell-\int\limits_{\ell_{min}}^{\ell_{max}}n(\ell)d\ell\int\limits_{\ell_{min}}^{\ell_{max}}n(\ell)d\ell\int\limits_0^{\ell}(1-F_{\ell}(x+x_1))dx\right]=\\&=\int\limits_{\ell_{min}}^{\ell_{max}}n(\ell)d\ell\int\limits_0^{\ell}(1-F_{\ell}(x+x_1))dx(1-\frac{1}{E})+\frac{1}{E}.\end{aligned} \tag{2}$$

Формулы (1) и (2) для заданных кривой распределения волокон по длине и интегрального закона распределения вероятностей $F_l(x)$ перехода переднего конца волокна со скорости V_1 питающей пары на скорость V_2 выпускной пары определяют общее число волокон в данной точке x вытяжного поля. Уравнение (2) и является наиболее вероятной кривой утонения. Наиболее вероятной точкой перехода переднего кончика волокна на новую скорость будет та, в которой увлекающая сила больше или равна 0. Тогда

$$\int_{x-\ell}^{x} B(t)\left[P_2(t)\alpha_2(t) - P_1(t)\alpha_1(t)\right]dt \geq 0\,, \tag{3}$$

где P_1, P_2 – усилия вытягивания в вытяжном приборе, действующие соответственно на медленно и быстро двигающиеся волокна;

α_1 – отношение числа медленно идущих волокон к общему числу волокон;

α_2 – отношение числа быстро идущих волокон к общему числу волокон;

$B(t)$ – отношение общего числа волокон в данном сечении вытяжного поля к оптимальному для идеальной кривой утонения [4].

С учетом условий перехода волокон на скорость выпускной пары, из уравнения (2), характеризующего число волокон разной длины в активной зоне вытягивания, силы P_1 и P_2, действующие на волокна (силы вытягивания), определяются из выражений

$$P_1(x) = \frac{\int_{\ell_{min}}^{\ell_{max}} n(\ell)d\ell \int_0^{\ell} (1 - F_\ell(x + x_1))dx}{\int_{\ell_{min}}^{\ell_{max}} n(\ell)d\ell \left[\int_0^{\ell}(1 - F_\ell(x + x_1))dx(1 - \frac{1}{E}) + \frac{1}{E}\right]},$$

$$P_2(x) = \frac{\frac{1}{E}\left[\int_{\ell_{min}}^{\ell_{max}} n(\ell)d\ell - \int_{\ell_{min}}^{\ell_{max}} n(\ell)d\ell \int_0^{\ell}(1 - F_\ell(x + x_1))dx\right]}{\int_{\ell_{min}}^{\ell_{max}} n(\ell)d\ell \left[\int_0^{\ell}(1 - F_\ell(x + x_1))dx(1 - \frac{1}{E}) + \frac{1}{E}\right]}.$$

Следовательно, при определении сил P_1 и P_2, действующих в процессе вытягивания, необходимо учитывать функцию $U(x)$ распределения точек перехода, которая определена с учетом соотношения (3). Зная силы P_1 и P_2, действующие при вытягивании, можно спроектировать для широкого диапазона длин волокон вытяжной прибор высокой вытяжки и получить из отходов производства качественный волокнистый продукт.

ЛИТЕРАТУРА

1. ***Миловидов Н.Н.*** Прядение хлопка. I и II часть. – М., 1997. – 548 с.
2. ***Протасова В.А.*** Шерстопрядильное оборудование. – М., 1978. – 294 с.
3. ***Ящерицын П.И., Махаринский Е.И.*** Планирование эксперимента в машиностроении. – Мн., 1985. – 286 с.
4. ***Гензер М.С.*** Механическая технология нетканых текстильных полотен. – М., 1978. – 200 с.

SUMMARY

The process of fibrous product stretching in the stretching apparatuses of spinning looms has been studied. The equations describing this technological process are given.

Поступила в редакцию 7.04.2004