

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ (МИГРАЦИИ) ИНОРОДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ВОЛОКНИСТОЙ МАССЕ*

Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Д.А. ЛЕБЕДЕВ

(Костромской государственной технологической университет)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Рассмотрены основные теоретические аспекты изучения процесса перемещения (миграции) инородных примесей в волокнистой массе, являющегося одним из важнейших этапов очистки волокна, а также классификация механических воздействий на волокнистый материал. Отмечено, когда проявляется процесс миграции сорных примесей.

Basic theoretical aspects of research of the shifting (migration) process of foreign admixtures in fibrous mass, that is one of the most important fibre cleansing stages, as well as the qualification of mechanical influence on a fibrous material. It is noted when the process of foreign admixtures "migration" is revealed.

Ключевые слова: очистка волокна от сорных примесей, разрежение слоев, чесание, миграция инородных примесей, движение частицы, давление, силы трения.

Любой волокнистый материал, а особенно натурального происхождения, какими являются льняное, хлопковое волокно и шерсть, содержит посторонние органические и минеральные примеси. Решение вопросов, связанных с их эффективным удалением при сохранении природных свойств волокна, является актуальной задачей. Это важно потому, что эффективность известных волоконочистительных машин невысокая и не превышает 30...60% [1]. Многообразие подходов для решения задач по выделению инородных примесей из волокнистой массы позволяет классифицировать их по следующим признакам механических воздействий.

1. Воздействие рабочими органами на волокно в свободном и зажатом состоянии. Эти воздействия сопровождаются динамическими процессами при ударе частиц о колосники или при ударе рабочего органа по зажатой прядке. Это наиболее распространенный способ очистки волокна и в достаточной мере изучен многими исследова-

телями как с позиции теории, так и экспериментально. Следует отметить, что при этом способе большая часть инородных примесей выделяется с открытой поверхности волокнистой массы или частиц. Что происходит с примесями, находящимися внутри волокнистой массы, как правило не рассматривается.

2. Разрежение слоев. Лучшие условия для выделения инородных примесей из волокнистой массы достигаются тогда, когда они оказываются на открытой поверхности волокнистых частиц. Это обеспечивается разрежением слоев, под которым подразумевается процесс разрыхления. Процесс разрыхления ранее рассматривали в работах [2] [3], однако с позиции открытой поверхности он более подробно изучен в работах [4] [5]. Ранее нами отмечалось, что "разукрупнение" частиц волокнистого материала приводит к образованию новых открытых поверхностей и может оцениваться коэффициентом открытой поверхности:

*Работа выполнена по проекту 2.1.2/6360 Аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы".

$$\eta = \frac{s_{\Sigma}}{s_0}, \quad (1)$$

где s_{Σ} – суммарное значение площади новых открытых поверхностей волокнистых частиц после разрежения; s_0 – полная площадь открытой поверхности исходного образца.

Возможный очистительный эффект после разрежения можно оценить по выражению

$$K = c \frac{s_{\Sigma}}{V_0} = c\eta \frac{s_0}{V_0}, \quad (2)$$

где c – коэффициент, учитывающий, что не все сорные частицы выделяются с открытой поверхности при обработке в очистительной секции; V_0 – объем исходного образца волокнистого материала.

3. Чесание (вычесывание). Чесание волокнистой массы – обязательный процесс в технологии обработки волокна, так как при этом достигается параллелизация волокон, выделяются инородные примеси (сор) и мягкие пороки. Чесание осуществляется на чесальных машинах и является самостоятельным процессом в технологии подготовки волокна к прядению.

4. Миграция инородных примесей внутри волокнистого материала. Процесс перемещения инородных примесей в волокнистой массе (миграция) – новое теоретическое направление для волокнистого материала. Исследований, посвященных этому вопросу, кроме работы проф. Бурнашева Р.З. [6], практически нет.

Рассмотрим основные теоретические аспекты исследований этого процесса.

Движение твердых частиц внутри какой-то среды представляет большой интерес. Под эти задачи подпадают такие процессы, как движение (миграция) камней в песчаном грунте, процессы движения твердых частиц внутри среды, на которую воздействуют вибрацией или ударами. Последнее в достаточной мере изучено в теории сепарирующих машин при переработке сыпучих материалов, например, зерна,

при обогащении полезных ископаемых и др. [7]. Движение твердых частиц в колеблющейся сыпучей среде рассматривается в предположении, что сопротивление среды подобно силе сухого трения и частица остается неподвижной относительно среды до тех пор, пока действующая на нее сила не превышает определенный предел. Обычно это происходит, когда сила инерции, действующая на частицу в относительном движении, превосходит силу сопротивления.

Уравнение относительного движения частицы в колеблющейся среде справедливо для любой сплошной среды, обладающей свойством инертности, и может быть записано [7] таким образом:

$$m \dot{v} = m_0(\Delta - 1)(g - \dot{u}) + \Phi, \quad (3)$$

где v – скорость частицы относительно среды; u – абсолютная скорость среды в точке, совпадающей с центром тяжести частицы (скорость переносного движения); m – масса частицы; m_0 – масса среды в объеме, равном объему частицы; $\Delta = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{m}{m_0}$ – отношение средних плотностей частицы и среды; g – ускорение силы тяжести; Φ – сила, с которой среда действует на частицу.

Процесс перемещения сорных примесей в волокнистой массе достаточно сложный и отличается от условий движения твердых частиц в колеблющейся сыпучей среде. Эти отличия заключаются прежде всего в свойствах среды: высоком сопротивлении волокнистой массы перемещению инородных частиц, а также в том, что сами инородные частицы могут иметь значительный разброс физико-механических свойств и геометрических характеристик. Так, минеральные примеси (пыль, песок, камни) будут перемещаться внутри волокнистой массы под воздействием ударных возмущений со стороны рабочих органов очистителя по схеме, где будут превалировать инерционные нагрузки и сила тяжести. Движение органических примесей,

имеющих значительно меньшую плотность, в большей степени будет зависеть от разности проекций сил, действующих на частицу внутри волокнистой массы, на какую-то ось из-за высокой анизотропии

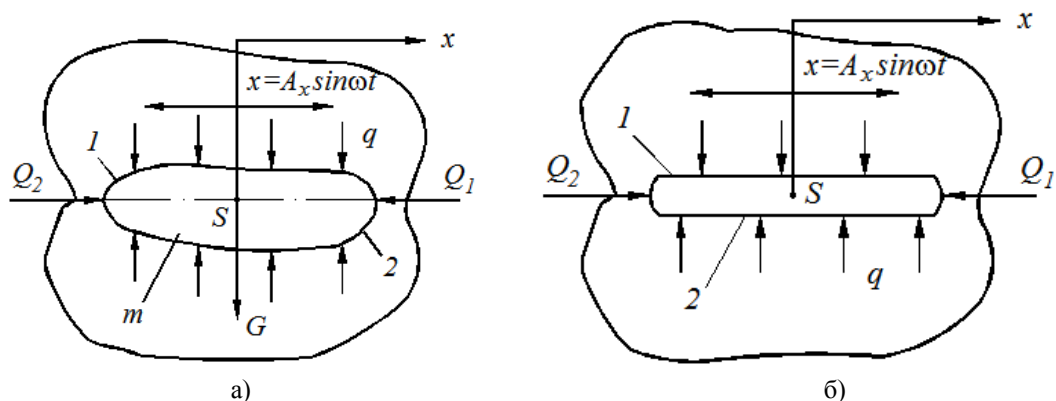


Рис. 1

На рис. 1-а показаны силы, действующие на минеральную частицу внутри волокнистой массы.

Перемещению частицы вдоль оси OX противодействует сила Q1, в противоположную сторону сила Q2. Эти силы, как реакция среды могут иметь самые разные значения [6]. Могут быть постоянными, изменяющимися по линейному или какому-либо другому закону. Считаем, что слой волокнистой массы, расположенный выше частицы, приводится в движение от рабочего органа по гармоническому закону:

$$X = A_x \sin \omega t, \quad (4)$$

где A_x – амплитуда колебаний верхнего слоя вдоль оси OX; ω – круговая частота колебаний верхнего слоя волокнистой массы.

На частицу также действуют давление q и силы трения, в значительной мере управляющие движением частицы.

Сила трения о поверхность частицы может быть определена так:

$$T_{\max} = \mu_{1,2} \int_F q dF = \mu_{1,2} N, \quad (5)$$

где $\mu_{1,2}$ – коэффициенты трения частицы о верхнюю и нижнюю поверхность частицы;

фрикционных свойств. Эти перемещения от одиночных ударов рабочего органа могут быть небольшими и для получения нужного результата потребуется нанесение значительного количества ударов.

F – площадь поверхности; N – суммарное давление на поверхности частицы.

Неоднородность трения и соотношения инерционных сил с силами трения позволят проанализировать кинестатику процесса по отдельным фазам движения частицы внутри волокнистого материала.

На рис. 1-б показана расчетная схема сил и перемещения органической частицы внутри волокнистой массы. Здесь главными силами, управляющими процессом движения частицы, являются силы трения. Неоднородность трения волокнистого материала о поверхность сорной частицы создает условия для преодоления сопротивления Q1.

Кинестатика, варианты и условия перемещения частиц в ту или иную сторону зависят от соотношения основных сил и будут рассмотрены отдельно.

Анализируя приведенную выше классификацию по признакам механических воздействий, следует отметить, что первые два и четвертый, как правило, в волокноочистительных машинах проявляются, если не одновременно и вместе, то в какой-то последовательности, причем могут проявляться и одновременно, но большее влияние будет иметь тот фактор, для реализации которого предназначена конкретная машина. Так, например, при ударах

рабочего органа по волокну в зажатом состоянии лучше проявляются первый и четвертый признаки. При взаимодействии рабочих органов с волокнистым материалом в свободном состоянии больше проявляются признаки динамических воздействий,

разрежение и миграция инородных частиц в волокнистой массе.

В табл. 1 показаны типовые волоконно-очистительные машины и основные виды воздействий на волокно с целью выделения инородных примесей.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Типовые волоконноочистительные машины	Воздействие в свободном состоянии	Воздействие в зажатом состоянии	Смещение слоев волокна	Миграция сорных примесей в волокне
1	Очиститель ОН-6-3	+	-	+ -	+
2	Очистители с питающим столиком (валиком)	-	+	+	+
3	Очиститель ВПК	-	+	+	+
4	Очиститель 1 ВП (3 ОВП)	+	-	+	+
5	Очистительная линия RN (Трюцшлер, Германия)	+	+	+	+

Как видно из табл. 1, движение (миграция) сорных примесей внутри волокнистой массы присутствует во всех конструкциях волоконноочистительных машин. Это говорит о необходимости изучения этого направления для того, чтобы в дальнейшем можно было разработать более эффективные технологии очистки.

ВЫВОДЫ

Рассмотрены теоретические предпосылки к изучению процесса перемещения (миграции) инородных примесей в волокнистой массе, являющегося новым направлением в разработке теоретических основ очистки волокна.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Теория и практика совершенствования очистителей волокна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2001.
2. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С. 29...33.
4. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №4.
5. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Повышение способности волокнистого материала к очистке. // Вестник КГТУ. – Кострома, 2000, №2. С.54...56.
6. *Бурнашев Р.З.* Теоретические основы технологии очистки хлопка-сырца: Дис.... докт. техн. наук. – Ташкент, 1983.
7. *Блехман И.И., Джанелидзе Г.Ю.* Вибрационное перемещение. – М.: Наука, 1964.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 14.01.10.