

УДК 677.021

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОЛОКНА ПРИ РАЗРЕЖЕНИИ СЛОЕВ *

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

(Костромской государственный технологический университет)

Волокнистый материал, например, хлопковое или льняное волокно, содержит посторонние органические и минеральные примеси. Для их удаления служат волоконноочистительные машины. Эффективность данных машин по соровыделению невысокая. Очистительный эффект большинства очистителей составляет от 30 до 60% [3]. Поэтому для того, чтобы добиться очистительного эффекта 90...95%, устанавливают последовательно в одну поточную линию ряд очистителей.

В любом образце волокна сорные примеси расположены достаточно равномерно по всему объему. Та часть сора, которая

находится внутри объема образца, окружена многослойной волокнистой рубашкой и удерживается ею настолько надежно, что любые динамические и силовые воздействия на объем волокна не смогут привести к выделению этого сора. Путь к решению задачи один – добраться до каждой сорной частицы и удалить ее. Это возможно путем "разукрупнения" – разделения на части исходного объема волокна.

Многообразие в решении задач по удалению сорных примесей из волокнистого материала позволяет выделить из них наиболее интересные с позиции развития теории очистки и с практической стороны. На

* Работа выполнена при поддержке гранта Федерального агентства по образованию Российской Федерации в рамках реализации целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009 – 2010 гг.) по разделу 2.1.2.

наш взгляд, важнейшей операцией в процессе очистки является процесс разрежения – разукрупнения материала [1...3]. Дальнейшее развитие теории процесса очистки волокна в этом направлении позволит получить новые интересные решения. Важнейшим фактором в очистке волокна является разделение способов очистки на очистку в свободном и в зажатом состоянии [3], [5]. К первому способу следует отнести воздействие рабочих органов на клочки волокна в зоне прохождения волокна вдоль машины (очистители ОН-6-3, линия фирмы Трютцшлер и др.) [3], [5], а также взаимодействие прядей волокон, захваченных пыльчатой гарнитурой, с колосниками (очистители 1ВП, 2ВП) [3], [5], [9]. Очистка волокна в зажатом состоянии [3], [6...8] является одним из эффективных способов и позволяет удалить сор из глубины пучка волокон благодаря нанесению по нему ряда ударов рабочего органа или путем прочесывания иглами гарнитуры.

Если рассматривать какой-то объем волокнистого материала, то основными параметрами, которые могут его характеризовать являются:

– плотность образца γ_0 :

$$\gamma_0 = \frac{m_0}{V_0}, \quad (1)$$

где m_0 – масса образца; V_0 – объем образца; засоренность k ,

$$k = \frac{m_c}{m_a + m_c} = \frac{m_c}{m_0}, \quad (2)$$

где m_c – масса сора в образце; m_a – масса волокна в образце; объемная засоренность [2], [3] k^* (количество сора в единице объема),

$$k^* = \frac{m_c}{V_0}; \quad (3)$$

– площадь поверхности образца или частицы материала S_0 :

$$S_0 = f(q_1, q_2, \dots, q_i), \quad (4)$$

где q_1, q_2, \dots, q_i – геометрические параметры образца, зависящие от формы частицы;

– поверхностный объем [2], [3] S^* :

$$S^* = S_0 \ell = S_0 \cdot 1, \quad (5)$$

где $\ell = 1$ – толщина волокнистого слоя, равная единице длины.

Очевидно, что сорные частицы, расположенные на открытой поверхности образца, имеют меньшее сопротивление для их отделения и могут сравнительно легко удаляться встряхиванием или ударами по колосникам. Возможная вероятность их отделения может быть выражена как отношение поверхностного объема к объему образца или сора, расположенного на поверхности, к общему количеству сора в образце:

$$P = \frac{S_0^*}{V_0} = \frac{k^* S_0^*}{k^* V_0} = \frac{m_c^*}{m_c}, \quad (6)$$

где m_c^* – количество сора, расположенного на открытой поверхности образца.

Очевидно, чем меньше образец волокна (частица), тем меньше при одинаковой объемной засоренности в нем содержится сора, и тем больше вероятность P будет приближаться к единице. В процессе очистки происходит сдвигание слоев и деление исходного образца волокнистого материала на более мелкие. Поэтому если допустить, что общий объем при этом сохраняется, то увеличение открытой поверхности приведет к росту вероятности того, что сорные частицы приобретут способность к легкому выделению из материала. Это можно выразить через коэффициент эффективности разрежения:

$$\eta_i = \frac{\sum_{i=1}^n S_{0i}}{V_0} = \frac{n S_{0i}}{V_0}, \quad (7)$$

где η_i – коэффициент эффективности разрежения после i -го перехода очистки; S_{0i} –

среднее значение открытой поверхности частицы после i -го перехода; V_0 – объем исходного образца; n – число структурных частиц, образовавшихся после перехода очистки.

Ранее нами было показано [2], [3], что в связи с "разукрупнением" частиц волокнистого материала образование новых открытых поверхностей может оцениваться также коэффициентом открытой поверхности:

$$\eta_2 = \frac{S_\Sigma}{S_0}, \quad (8)$$

где S_Σ – суммарное значение новых открытых поверхностей после разрезания.

Так, при образовании от 100 до 1000 новых частиц, коэффициент η_2 вырастет от 4,65 до 10, что значительно улучшит условия для выделения сорных примесей, ранее находившихся внутри образца.

В зависимости от величины открытой поверхности образца можно определить возможный очистительный эффект

$$K_{i\pm} = c \frac{S_\Sigma}{V_0} = c \eta_2 \frac{S_0}{V_0}, \quad (9)$$

где c – коэффициент, учитывающий, что не все сорные частицы выделяются с открытой поверхности при обработке в очистительной секции.

Как отмечалось ранее [2], [3], величина $\tilde{n} = 0,4 \div 0,6$, так как в составе сорных примесей содержится сор и пороки, прочно связанные с волокном, и для их удаления требуется более интенсивная обработка.

Разделение исходного объема образца на более мелкие частицы – это процесс, связанный с разрезанием – сдвиганием слоев волокнистого материала друг относительно друга. При этом на поверхности сдвигаемых слоев окажется столько частиц сора, сколько их должно быть в зависимости от исходной объемной засоренности и величины открывшейся поверхности об-

разца. Так, количество сора на вновь открытой поверхности будет:

$$m_{ci} = k^* \Delta S \ell = k^* \Delta S. \quad (10)$$

Процесс сдвигания слоев, как правило, происходит при значительных динамических явлениях. Если один слой захватывается рабочим органом, движущимся со скоростью, значительно большей, чем исходный образец, то частице волокна, увлекаемой рабочим органом, практически мгновенно сообщается эта скорость, что вызывает возникновение больших ускорений. Такие же ускорения будут действовать и на сорные частицы, расположенные на вновь открытой поверхности, в результате сдвигания слоев. Безусловно, часть частиц сора, у которых связи с волокном окажутся меньше инерционных сил, будут удалены уже при разрезании – сдвигании слоев.

Это условие можно записать следующим образом:

$$m_c a \geq F_{\text{нб}}, \quad (11)$$

где m_c – масса сорной частицы; a – ускорение отделяемого слоя волокна с частицей сора; $F_{\text{сб}}$ – сила сцепления сора с волокном.

Ускорения можно выразить через разность скоростей и время разгона отделяемого слоя:

$$a = \frac{V_1 - V_2}{\tau}, \quad (12)$$

где τ – время разгона отделяемого слоя волокна; это время аналогично времени нарастания нагрузки при ударе рабочего органа по частице волокна [10].

Тогда условие отделения частицы сора от слоя волокна можно записать так:

$$m_c \frac{V_1 - V_2}{\tau} \geq F_{\text{нб}}. \quad (13)$$

Разность скоростей разрезания, необходимая для удаления сорных примесей, определится по формуле:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \frac{F_{\text{по}} \tau}{m_c}. \quad (14)$$

Таким образом, одним из важнейших путей повышения эффективности удаления сорных примесей из волокна является технологическая операция разрезания потока волокнистого материала, создание сдвига слоев в частице волокна, обеспечение уменьшения связей сорных частиц с волокнистой массой и улучшение условий для их выделения. Рассмотрены теоретические аспекты процесса "разукрупнения" обрабатываемого волокнистого материала, являющиеся обоснованием этой технологической операции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Об одной проблеме выделения крупных сорных примесей из волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 3. С. 29...33.
2. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Повышение способности волокнистого материала к очистке // Вестник КГТУ. – Кострома, 2000, № 2. С. 54...56.

3. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Теория и практика совершенствования очистителей волокна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2001.
4. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Об одной проблеме выделения сорных примесей из волокна при его разрезании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 4.
5. *Машиностроение. Энциклопедия в сорока томах. Том 4 – 13. Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности.* – М.: Машиностроение, 1997.
6. *Корабельников А.Р.* Развитие теории и технологии получения короткоштапельного льняного волокна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2005.
7. *Вихарев С.Н., Корабельников А.Р., Щербинин С.А., Корабельников Р.В.* Особенности нагружения волокна рабочими органами котонизатора с учетом их упругих свойств // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, № 3. С.28...31.
8. *Корабельников Р.В., Ширяев А.В., Корабельников А.Р.* Моделирование процесса взаимодействия рабочего органа с прядкой волокна в процессе очистки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 3. С. 19...23.
9. *Корабельников А.Р., Лебедев Д.А., Громова Е.И.* Процесс взаимодействия волокна с колосником // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4С. С. 41..45.
10. *Махкамов Р.Г.* Повышение технологической надежности хлопкоочистительных машин, работающих в ударном режиме. – Ташкент. Изд-во "ФАН", 1989.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 24.06.09.