

УДК 674.08

Студ. К. С. Леончик, инж. Г. Н. Кравченя.

Науч. рук. доц. Е. И. Кордикова

(кафедра механики материалов и конструкций, БГТУ)

КИНЕТИКА СУШКИ ДУБЛЕННЫХ ОТХОДОВ КОЖЕВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В наше время актуальны проблемы разработки схемы технологического процесса получения образцов материала из отходов кожевенного производства. На предприятиях образуется до 50% отходов на различных стадиях производства [1]. После стадии дубления, т.е. химической обработки хромом, образуется полуфабрикат, который называется *wet-blue*. *Wet-blue* – это наполовину готовая кожа, которую называют сырой, ее не высушивают до конца, а лишь немного отжимают. Показатель влажности дубленых отходов (хромовая стружка, обрезь) по литературным источникам составляет 16–40% [1].

Полуфабрикат *wet-blue* хранится и транспортируется в листах, а при переработке на операции обрезки образуется стружка *wet-blue* (рис. 1).



а)



б)

а) – лист; б) – стружка

Рис. 1. Полуфабрикат *wet-blue*

Перспективным направлением применения отходов кожевенного производства, в частности обрезки и стружки *wet-blue*, является их использование при формовании плит на основе термопластичных материалов различного назначения.

Характерной особенностью кожи является наличие в стружке и обрезки *wet-blue* свободных пространств – пор, имеющих различную величину, форму и расположение. Общий объем пор, их форма, размеры и расположение существенны для характеристики влагопоглощения и содержания влаги в продукте. В коже, представляющей собой весьма разветвленную волокнистую систему, основная масса пор относится к петлеобразным, которые путем соединения замкнутых, тупиковых и канальных пор образуют системы извилистых ходов или плоских ще-

левидных полостей. Общий объем пор в коже зависит от характера исходного сырья и особенностей выполнения отдельных производственных процессов и операций (отмоки, золки, мягчения, дубления, жирования, наполнения, растяжки, прокатки, лощения и др.) и варьируется от 25 до 75% [1]. После стадии дубления в коже в основном сохраняются природное волокнисто-пористое строение дермы.

Чрезмерная влага, находящаяся в наполнителе, при нагревании в процессе изготовления формованных изделий на основе различных связующих приводит к образованию воздушных полостей и конечный продукт имеет высокую пористость. Во избежание этих проблем сырье перед технологическим процессом получения композиционных материалов должен подвергаться сушке.

Для ускорения процесса применяется искусственная сушка в сушильных камерах, при этом решаются три основные задачи: получить необходимую конечную влажность в продукте, провести процесс сушки за минимальный промежуток времени, затратить минимальное количество энергии. В процессе сушки трудным моментом является создание условий для ускорения движения влаги из пор к поверхности. Скорость перемещения воды в пористом теле зависит от температуры и ее градиента, давления (атмосферное или вакуум), толщины слоя материала, градиента влажности.

В химических производствах, как правило, применяют искусственную сушку материалов в специальных сушильных установках, так как естественная сушка на открытом воздухе – слишком длительный процесс. Полное обезвоживание достигается путем испарения влаги и отвода образующихся паров, т. е. с помощью тепловой сушки.

Основным вариантом для сушки отходов wet-blue является использование конвективной сушилки – аппарата, в котором испарение влаги из высушиваемого материала происходит за счет теплоты газообразного сушильного агента при контакте материала с теплоносителем.

В данной работе экспериментально установили кинетику процесса сушки для листового материала wet-blue и стружки wet-blue в сушильном шкафу при температуре $102 \pm 2^\circ\text{C}$. Исходная влажность исследуемого материала составила 42–46%. Время до получения постоянной массы 12 часов при толщине слоя на перфорированных поддонах 45–50 мм.

Процесс сушки характеризуется изменением влажности, температуры материала и скоростью сушки. При рассмотрении кинетики сушки влагосодержание высушиваемого материала обычно выражают в относительных долях или процентах:

$$\omega_c = (W_i / G_c) \cdot 100,$$

где W_i – количество влаги, находящейся в материале в данное время, кг; $G_c = G_1 \cdot (100 - \omega_1) / 100$ – масса сухого вещества, кг; G_1 – первоначальная масса материала, кг; ω_1 – начальное влагосодержание, %.

На рис. 2, а изображена зависимость изменения абсолютной влажности полуфабриката от времени (кривая сушки), а на рис. 2, б – зависимость скорости сушки $d\omega_c / dt$ от абсолютной влажности полуфабриката в результате эксперимента.

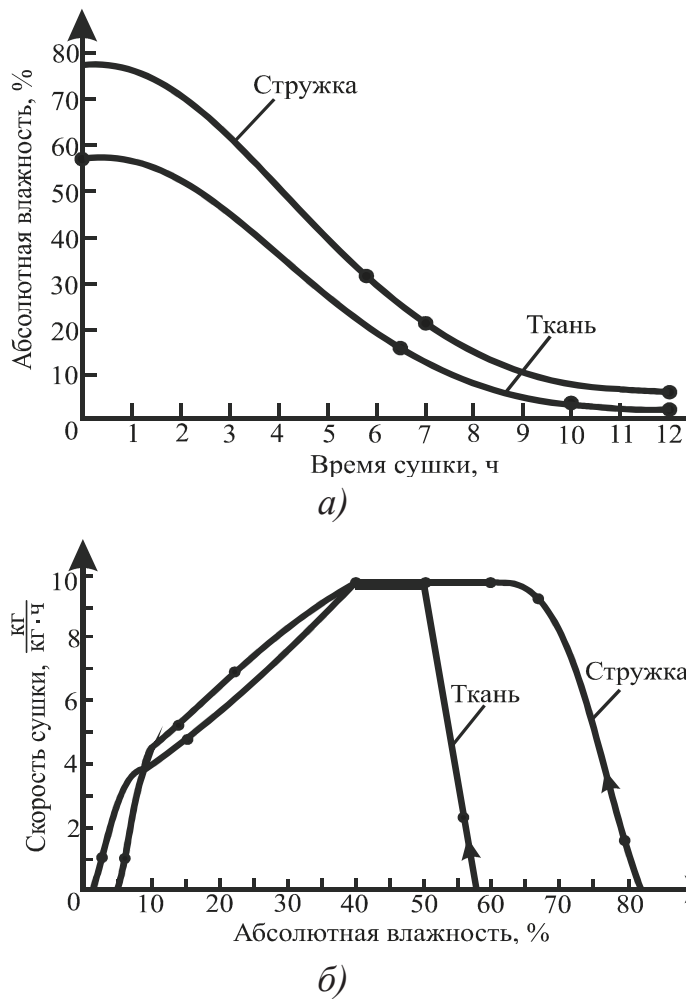


Рис. 2. Кривая сушки (а) и скорости сушки (б) полуфабриката wet-blue

В начале процесса убыль влаги из материала происходит медленно – это период прогрева материала и теплоносителя. После начальной стадии нагревания влагосодержание материала уменьшается по линейному закону – период постоянной скорости сушки. Затем удаление влаги после достижения некоторого критического значения замедляется.

Методом графического дифференцирования кривой $\omega_c(t)$ строили кривую скорости сушки – $d\omega_c/dt$ (ω_c) (рис. 2, б).

Анализируя кривые течения и скорости течения, можно сделать вывод, что сушка листовых материалов проходит с меньшей скоростью, чем стружки. Исходная влажность стружки выше, чем для листовых материалов, и, соответственно, время, затраченное на сушку до равновесной абсолютной влажности, больше.

Процесс высвобождения влаги изнутри продукта к его поверхности является сложным – некоторое количество воды задерживается в слоях, порах, капиллярах, и для ее высвобождения требуется дополни-

тельное время. Уменьшение слоя высушиваемого сыпучего материала (стружки) до 1,5–3 мм ускоряет процесс сушки примерно в 6 раз.

Средняя скорость сушки Z определяется по формуле [2]:

$$Z = W / (G_c \cdot t)$$

где W – общая масса испаренной влаги, кг; t – продолжительность процесса сушки, ч.

Для листового материала средняя скорость сушки составила 0,048 кг / (кг·ч), для стружки – 0,065 кг / (кг·ч).

Расчет затраченной теплоты на процесс сушки исследуемого материала проводили по формуле

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

где $Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot \Delta t$ – прогрев воздуха в камере шкафа; $Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot \Delta t$ – прогрев материала до температуры 100°; $Q_3 = c_3 \cdot m_3 \cdot \Delta t$ – прогрев воды до температуры 100°С; $Q_4 = L \cdot m_3$ – испарение воды; $c_1 = 1$ кДж / (кг·°С), $c_2 = 1,51$ кДж / (кг·°С), $c_3 = 4,2$ кДж / (кг·°С) – теплоемкость воздуха, материала и воды соответственно; m_1, m_2, m_3 – масса нагреваемого воздуха, материала и воды соответственно; $L = 2260$ кДж / кг – удельная теплота парообразования.

Затраченное тепло для сушки листового материала массой 3,505 кг и влажностью 38 % составили 3,74 МДж, а для стружки массой 3,155 кг и влажностью 43% – 3,98 МДж.

Процесс сушки пористого полуфабриката wet-blue является энергоемким и продолжительным. Повышение температуры возможно только в пределах до 130°С, иначе происходит охрупчивание высушиваемого материала, что негативно сказывается на конечном продукте. Для повышения эффективности процесса необходимо использование специально оборудованных сушильных шкафов полочного типа с принудительной продувкой горячим воздухом или с использованием вакуума для интенсификации процесса вывода влаги к поверхности материала за счет создания градиента влажности по толщине слоя материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник кожевника. (Отделка.Контроль производства) / В. П. Баблюян [и др.] // Под редакцией Балберовой Н. А. Москва: Легпромбытиздат, 1987. 256 с.