

Ультразвуковая Сушилка Листовых Материалов

Владимир Н. Хмелев, *Senior Member*, IEEE, Сергей С. Хмелев,
Сергей Н. Цыганок, Геннадий А. Титов.

Центр ультразвуковых технологий, Россия, Бийск
Бийский технологический институт (филиал) «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»

Аннотация – Статья посвящена исследованию процесса сушки листового материала под воздействием высокоинтенсивных ультразвуковых колебаний. В ней описываются преимущества ультразвуковой сушки и возможности ее практической реализации. Была предложена и разработана ультразвуковая сушилка, применяемая в практике ультразвуковой сушки листовых материалов.

Ключевые слова – Ультразвуковая сушка, листовый материал, ультразвуковой излучатель, ультразвуковые колебания.

I. ВВЕДЕНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ механических колебаний ультразвуковой частоты высокой интенсивности позволяет интенсифицировать технологический процесс сушки листовых материалов. В результате исследований по сушке древесного лущеного шпона установлено, что ультразвуковое воздействие на процесс сушки по сравнению с традиционными способами сушки не только ускоряет скорость технологического процесса, но и уменьшает энергетические затраты на его реализацию [1].

Меньшие энергетические затраты ультразвуковой сушки, по сравнению с конвективной, объясняются тем, что жидкость с поверхности удаляется не только за счет испарения (что требует значительных энергетических затрат на осуществление фазового перехода), но и за счет ультразвукового распыления в виде аэрозоля (без фазового перехода), который возникает в результате высокоинтенсивных упругих колебаний ультразвуковой частоты.

Поэтому ультразвуковая сушка при сопоставимой мощности энергетического воздействия протекает в несколько раз быстрее по сравнению с конвективной сушкой [2], что подтверждает следующие преимущества ультразвуковой сушки листовых материалов:

- высокая интенсивность процесса при меньших затратах энергии;
- возможность обеспечения качественной и эффективной сушки при низких температурах или, что принципиально, без повышения температуры.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Существуют различные ультразвуковые сушилки листовых материалов. Они, как правило, содержат узел протяжки листового материала и устройство энергетического воздействия на его поверхность, например как в приведенной конструкции [3].

Устройство энергетического воздействия представляет собой неприводной вал, к которому присоединен излучатель ультразвука. При этом передача ультразвуковых колебаний на высушиваемый материал осуществляется через массивный металлический вал, который не способен совершать колебания с высокой амплитудой и передавать колебания высокой амплитуды в высушиваемый материал.

Основные недостатки подобного типового оборудования заключаются в следующем:

- излучатель подводит ультразвуковые колебания не напрямую к высушиваемому изделию, а через неприводной вал, что приводит к большим потерям ультразвуковой энергии в обрабатываемом материале изделия и снижению эффективности энергетического воздействия;

- неприводной вал имеют цилиндрическую форму, вследствие чего область воздействия ультразвуковых колебаний (зона введения колебаний) представляет прямую линию, т.е. площадь контакта, через который колебания вводятся в материал, очень мала;

- неприводной и приводной валы цилиндрической формы установлены соосно с постоянным зазором, равным средней толщине высушиваемого материала. Поэтому, при прохождении листового материала, степень ультразвукового воздействия зависит от изменяющейся в допустимых пределах толщины материала. Это обуславливает неравномерность ультразвукового воздействия и неравномерность сушки.

Таким образом, существующие сушилки, не позволяют интенсифицировать технологический процесс сушки с максимально возможной эффективностью. Поэтому задачей является повышение эффективности сушилки листовых материалов.

III. ТЕОРИЯ

Для реализации процесса сушки необходимо выбрать рабочую частоту в 22 кГц, которая обусловлена тем, что введенное значение, во-первых, входит в разрешенный частотный диапазон промышленного ультразвукового оборудования; во-вторых, является энергетически выгодным для создания ультразвукового воздействия по сравнению с более высокими частотами; в-третьих, на указанной частоте происходит меньшее затухание колебаний, и ультразвуковое воздействие осуществляется не только в непосредственной близости от колеблющейся поверхности рабочего инструмента, но и по всему высушиваемому листовому материалу.

Энергетическое воздействие с амплитудой не менее 10 мкм обусловлено тем, что при меньших ее значениях не обеспечивается проникновение ультразвуковых колебаний

вглубь высушиваемого листового материала, и процесс сушки замедляется.

Усилие прижима не менее 100 кг/см^2 выбрано исходя из обеспечения необходимого и достаточного акустического контакта между излучающей поверхностью рабочего инструмента и высушиваемым листовым материалом. При указанном усилии прижима и выбранном расстоянии между валиками происходит прогиб высушиваемого листового материала без его механического разрушения. В таком случае зона введения колебаний представляет собой участок цилиндрической поверхности с радиусом кривизны излучающей поверхности рабочего инструмента.

Таким образом, в предлагаемом устройстве задача повышения эффективности сушилки листовых материалов обеспечивается за счет:

- выполнения источника энергетического воздействия в виде излучателя, продольно колеблющегося с частотой более 22 кГц и амплитудой не менее 10 мкм ;

- непосредственного введения акустической энергии в высушиваемый материал через увеличенную поверхность контакта;

- размещения системы неприводных валов таким образом, что, межосевое расстояние не допускает механического разрушения листового материала, преимущественно шпона, вследствие прогиба;

- выполнения плоской торцевой поверхности излучателя со скругленными краями, позволяющей увеличить область воздействия ультразвуковых колебаний и значительно увеличить количество вводимой энергии;

- прижима колеблющейся поверхности рабочего инструмента к одной из поверхностей листового материала с усилием не менее 100 кг/см^2 , что при использовании системы протяжки в виде вращающихся цилиндрических опор, расположенных симметрично относительно рабочего инструмента, исключает разрушающее воздействие на высушиваемый листовый материал.

- размещения системы неприводных валов, выполнения торцевой поверхности излучателя плоской и создаваемого прижима с указанным усилием таким образом, что обеспечивается прогиб и формирование зоны максимального ультразвукового воздействия на высушиваемый листовый материал между валиками, что обеспечивает не только высокую эффективность, но и равномерность сушки.

Достижимым техническим результатом является повышение эффективности сушилки за счет увеличения энергетического воздействия ультразвуковыми колебаниями без увеличения разрушающего воздействия излучателя на высушиваемый листовый материал.

IV. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СУШИЛКА ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

На Рис.1 схематично показана сушилка листовых материалов.

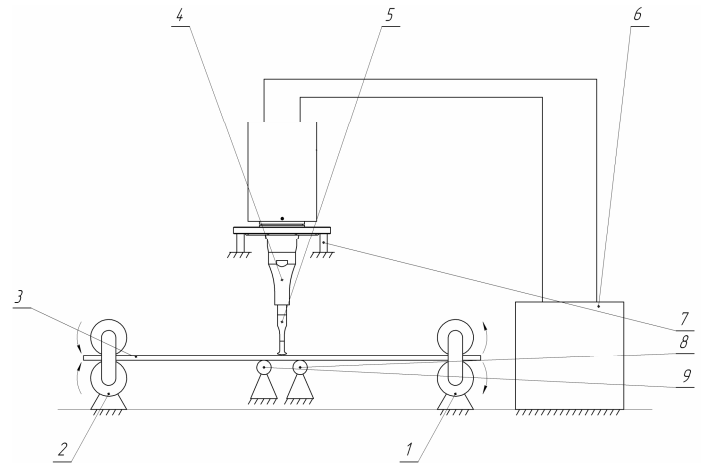


Рис. 1. Ультразвуковая сушилка листовых материалов.

Предлагаемое устройство состоит из узла протяжки, в виде двух приводных валков 1, 2, обеспечивающих протяжку высушиваемого материала 3. Устройство энергетического воздействия выполнено в виде пьезоэлектрического ультразвукового преобразователя 4, включающего рабочий инструмент 5 и соединенного с генератором ультразвуковых колебаний 6. Устройство прижима 7, представленное в виде опор, предназначено для прижима колеблющейся поверхности рабочего инструмента к поверхности высушиваемого листового материала. Формирование зоны воздействия обеспечено за счет вращающихся неприводных цилиндрических опор 8, 9.

Работает устройство следующим образом. Две пары приводных валков 1 и 2 протягивают листовый материал 3 с постоянной скоростью. Устройство прижима 7 обеспечивает необходимый и достаточный акустический контакт между излучающей поверхностью рабочего инструмента 5 и листовым материалом 3. Причем расстояние между неприводными цилиндрическими опорами 8 и 9, расположенными симметрично относительно рабочего инструмента, выбирается таким образом, что радиус прогиба высушиваемого материала не превышает радиус кривизны излучающей поверхности рабочего инструмента при заданном усилии прижима. Ультразвуковая колебательная система, состоящая из пьезоэлектрического ультразвукового преобразователя 4 и рабочего инструмента 5, обеспечивает преобразование энергии электрических колебаний в энергию механических колебаний и их ввод в высушиваемый материал 3. Ультразвуковой генератор 6 является источником питания пьезоэлектрической ультразвуковой колебательной системы.

V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе существующих конструкций ультразвуковых сушилок определены их типовые и недостатки. Для их устранения была предложена практическая конструкция ультразвуковой сушилки листовых материалов.

По результатам экспериментальных исследований сушки различных листовых материалов будет предложен вариант промышленного образца ультразвуковой сушилки листового материала и рекомендации по ее промышленному применению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Хмелев В.Н. **Ультразвуковая сушка березового шпона** [Текст] / В.Н. Хмелев и др. – Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях: межвузовский сборник 2011 г Бийск: Изд-во БТИ АлтГТУ, 2012. – С. 188-192
- [2] Розенберг Л.Д. **Источники мощного ультразвука** [Текст] / под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1969. – 380 с.
- [3] **Способ сушки пиломатериалов и устройство для его осуществления** [Текст]: пат. 2134388 Российская Федерация: МПК F26B3/347, F26B5/02/ Гордеев В.Ф. и др.; заявитель и патентообладатель Гордеев В.Ф. и др. – заяв. 12.09.1997; опубл. 10.08.1999..



Vladimir N. Khmelev (SM'04) — pro-rector at Biysk technological institute, professor, Full Doctor of Science (ultrasound). Honored inventor of Russia. Laureate of Russian Government premium for achievements in science and engineering. Area of scientific interests is application of ultrasound for an intensification of technological processes. IEEE member since 2000, IEEE Senior Member since 2004. His biography published in 7th issue of book — Who

is who in scientific and engineering||



Sergey S. Khmelev has got engineer's degree at 2007 and Philosophy degree (Candidate of Engineering Sciences) at 2012. He is leading specialist in development of ultrasonic vibration transducers, docent and lecturer in Biysk Technological Institute. His research interests are in field of designing and modeling of ultrasonic vibration transducers and in ultrasonic treating of high viscous liquid media.



Sergey N. Tsyganok has got engineer's degree at 1998 and Philosophy degree (Candidate of Engineering Sciences) at 2005. He is leading specialist in designing of ultrasonic vibration transducers, laureate of Russian Government premium for achievements in science and engineering, docent and lecturer in Biysk Technological Institute. His research interests are in designing of ultrasonic technological equipment and in applying of ultrasonic vibrations of high intensity for intensifying of technological processes and for changing of materials and substances properties.



Gennadiy A. Titov was born in Biysk, Russia in 1988. Now he is a post-graduate student of Biysk Technological Institute. IEEE He has got engineer's degree on information science and measuring engineering since 2011.