

Вакуумное оборудование для обработки полимерных рулонных материалов

Я.О. Желонкин, А.А. Бикташев, О.В. Желонкин, С.И. Саликеев

ЗАО «Ферри Ватт», 420089, г. Казань, ул. А. Кутуя 159, info@magnetron.ru

Представлен опыт разработки вакуумного оборудования для обработки полимерных рулонных материалов в ВЧ плазме. Описаны основные характеристики оборудования и его узлов, особенности проектирования вакуумных систем с перемоточными устройствами, а также технологические возможности плазменной обработки полимеров и сферы их практического применения.

Vacuum equipment for treatment of polymer roll materials, Ya. O. Zhelonkin, A.A. Biktashev, O.V. Zhelonkin, S.I. Salikeev

The experience of development of vacuum equipment for RF plasma treatment of polymer roll materials is presented. The main characteristics of equipment and its components, the design features of vacuum systems with rewinding devices, as well as the technological capabilities of polymer plasma treatment and the field of their practical application are described.

Современным тенденциям развития рынка гибких полимерных материалов характерны задачи совмещения различных по природе функциональных свойств на единой гибкой основе. К таким тенденциям можно отнести – создание полимерных пленок с селективными свойствами по свето- и газопроницаемости, гибкие фотоэлектрические преобразователи, функциональные тканые материалы с электро- и магнитопроводящими свойствами, пленочные и тканые полимерные мембраны и др. Широким инструментом для решения большинства подобных задач являются различные плазменные вакуумные технологии. Эффективность плазмы при пониженных давлениях определяется возможностью воздействовать на объект на атомарном уровне при различных энергиях частиц, сохраняя низкую интегральную температуру тела за счет низкой плотности потока разреженного газа. Таким образом, плазма позволяет модифицировать свойства поверхности полимерных материалов, исключая их деструкцию, граница которой для некоторых полимеров может находиться уже при температуре 100 °С.

Для оптимизации производственных процессов при изготовлении изделий из гибких полимеров целесообразно все технологические операции, связанные с приданием конечному изделию требуемых характеристик, проводить непрерывно на рулонном полотне, с последующей выкройкой изделий требуемых размеров. Такой подход упрощает промежуточные и переходные операции большого количества дискретных заготовок, однако, ставит особые требования для организации перемотки рулонных материалов в условиях технологического процесса, особенно, в вакууме и плазме.

Для рулонных полимерных материалов можно выделить следующие основные вакуумные плазменные технологические решения [1]:

- Металлизация поверхности;
- Нанесение барьерных пленок для селективного свето-, газо- или электромагнитного пропускания;
- Адгезионная активация (гидрофилизация) или деактивация (гидрофобизация) поверхности;
- Очистка и десорбционное обезгаживание.

При организации вакуумного процесса обработки рулонных материалов, необходимо учитывать высокую поверхностную площадь рулонных объектов и развитую удельную площадь полимеров с большим количеством адсорбированной влаги и газов, выделение которых может осложнять выход оборудования на режим рабочего давления. В этом случае, технологический процесс должен включать в себя цикл обезгаживания

поверхности в процессе перемотки рулонного материала. Обезгаживание может проводиться как в едином вакуумном цикле перед плазменным процессом, так и в отдельной камере, предназначенной только для указанной задачи. Последний случай применим в целях оптимизации производственной загрузки дорогостоящего плазменного вакуумного оборудования, поскольку, установка для обезгаживания выполняется в более дешевом исполнении и не содержит средств организации и контроля основного технологического процесса. Выбор той или иной схемы реализации задачи определяется индивидуально, в зависимости от технико-экономических параметров процесса. Также необходимо особое внимание уделять требованиям к материалам и конструктивным решениям систем перемотки рулонных объектов при их функционировании в вакууме и плазме, таким как применение «сухих» подшипниковых узлов; выбор фрикционных материалов, контактирующих с полотном; исключение перегрева с последующим отпуском упругих элементов систем натяжки полотна при перемотке; экранирование кинематических узлов от запыления и нежелательного зажигания газового разряда и пр.

Наша компания имеет опыт разработки и производства специального вакуумного оборудования для обработки полимерных рулонных материалов в условиях вакуума и плазмы. Примером подобных работ являются разработанные и изготовленные установки «ВАТТ-4000 Плазма» и ее модификация «ВАТТ-5000 Плазма», предназначенные для обработки рулонных материалов в ВЧ плазме пониженного давления. Оборудование было разработано и успешно эксплуатируется в ФГБОУ ВО «КНИТУ» для адгезионной активации тканей и пленок различного функционального назначения и номенклатуры, в том числе, полимерные ткани на основе полиамидных, полиолефиновых волокон, ткани из неорганических нитей, натуральные и смесевые ткани, полимерные пленки различного химического состава.

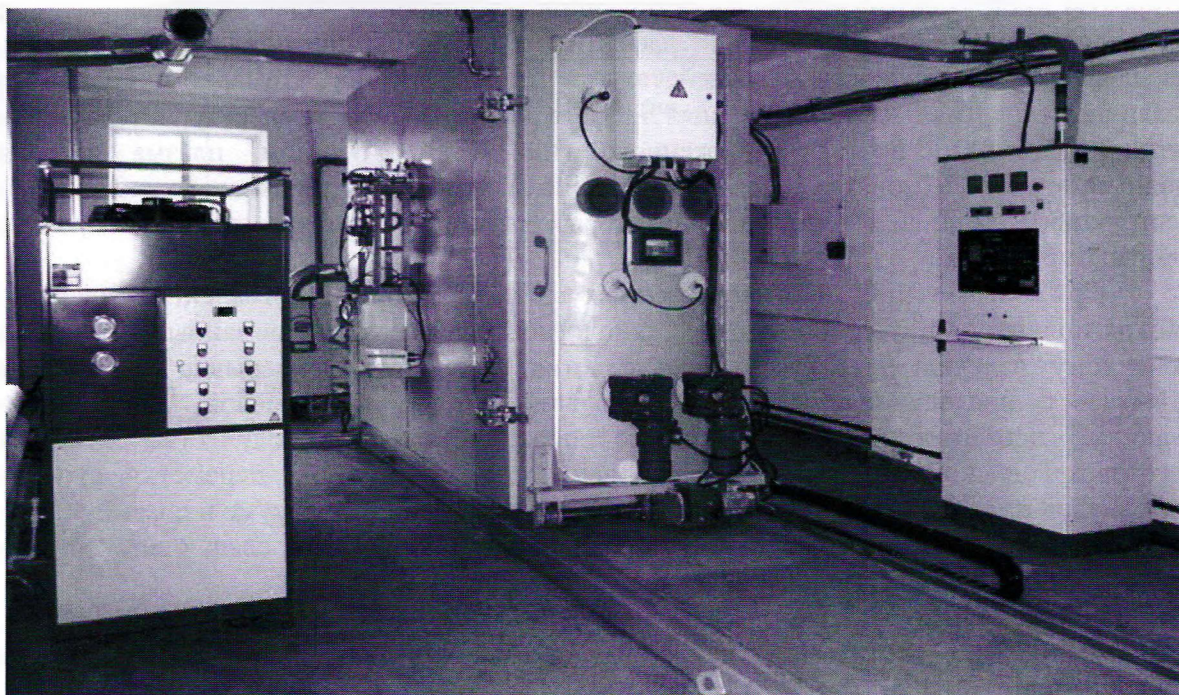


Рисунок 1 – Вакуумная установка «ВАТТ-4000 Плазма»

На рисунке 1 представлено изображение вакуумной установки «ВАТТ-4000 Плазма». Комплекс оборудования включает в себя вакуумную камеру (рисунок 2) с внутренней оснасткой в виде системы плоских электродов (1), размещенную на едином рамном основании (2), откатную дверь с тележкой (3) на которой базируется машина для перемотки рулонных материалов (4), два вакуумных агрегата Edwards GX S450/4200 (5),

ВЧ генератор частотой 13,56 МГц, пульт управления и систему циркуляционного охлаждения на базе ВМТ-20. Основные технические характеристики оборудования представлены в таблице 1.

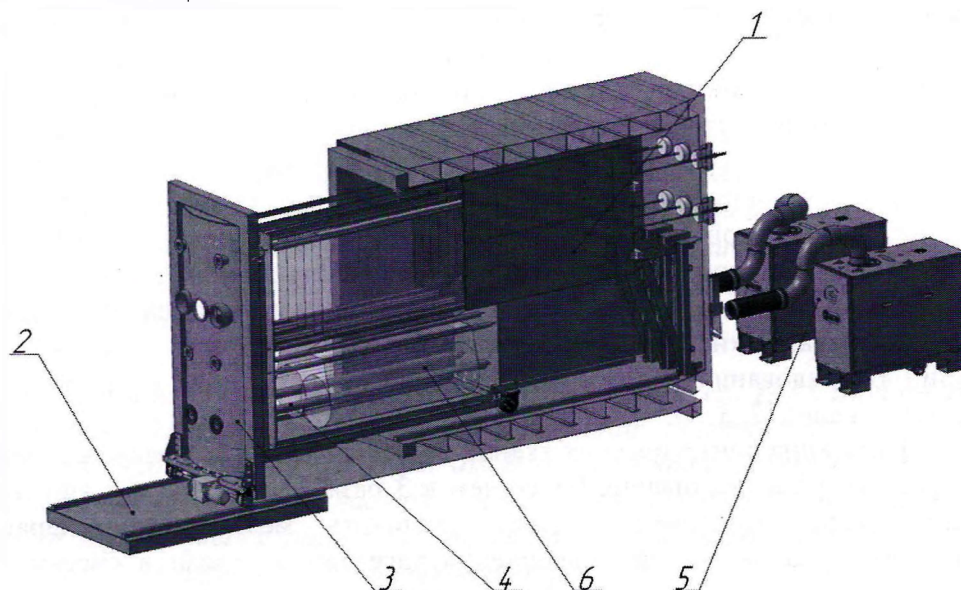


Рисунок 2 – Схема установки

1 – вакуумная камера с внутренней оснасткой; 2 – рамное основание; 3 – откатная дверь; 4 – машина для перематки тканей; 5 – откачная система; 6 – рулонный обрабатываемый материал

Таблица 1 – Технические характеристики вакуумной установки «ВАТТ-4000 Плазма»

№	Наименование параметра и единица измерения	Величина
1	Предельное остаточное давление, мм рт.ст. (Па), не более	1×10^{-2} (1,33)
2	Диапазон рабочих давлений, мм рт.ст. (Па)	$760 - 1 \times 10^{-2}$ ($1 \times 10^5 - 1,33$)
3	Внутренний полезный объем, м ³	5
4	Внутренние размеры камеры, мм:	
	высота	2000
	ширина	1000
	длина	2500
5	Ширина рулона, м	1500
6	Диапазон регулирования скорости подачи материала, м/мин	1 - 10
7	Максимальный диаметр рулона, мм	500
8	Максимальная масса рулона, кг	150
9	Установленная мощность, кВт,	80
	Средняя потребляемая мощность, кВт	60
10	Количество обслуживающего персонала, чел	2
	Габаритные размеры установки, мм	
11	высота	3000
12	ширина	4500
12	длина	7500
14	Масса установки, кг, не более	5500

Система подачи ткани (вертикальный механизм перемотки) выполняется с учетом конструкции газоразрядного блока. Ткань последовательно протягивается через шесть зон, где в межэлектродном пространстве происходит плазменная обработка материала. Для удобства установки и съема рулонов устройство крепится на подвижной крышке вакуумной камеры. Расчет требуемой скорости подачи материала и конфигурации электродов являются задачами оптимизации конструкции с точки зрения габаритов, сложности исполнения и стоимости изготовления. Постоянным критерием при решении данной задачи является сохранение времени нахождения материала в газоразрядном промежутке, обеспечивающем необходимый кумулятивный эффект при обработке.

Результаты опытной апробации вакуумной установки «ВАТТ-4000 Плазма» в различных технологических процессах, позволяют сделать выводы о верных технических решениях, реализованных в уникальном оборудовании. Разработанная установка можно с уверенностью считать «не имеющей аналогов в мире» для данных задач. При эксплуатации оборудования разработаны технологии изменения адгезионных свойств различных материалов [2, 3, 4]:

- Гидрофилизация синтетических тканей на основе СВМПЭ волокон с уменьшением значения краевого угла смачивания более чем в 3 раза. Изменение адгезии поверхности армирующей ткани позволяет в разы увеличить механические характеристики композитных материалов, за счет увеличения адгезионной связи в системе «волоконно-матрица-волокно», что позволяет создавать перспективные волокнистые полимерные композиционные материалы;
- Гидрофилизация нетканых синтетических материалов для производства хирургических халатов;
- Повышение адгезии тканей различного сортамента (натуральных, синтетических и смесевых) для улучшения окрашиваемости;
- Газофазное нанесение гидрофобных полимерных пленок на рулонные материалы при помощи ВЧ плазмы пониженного давления.

Разработанные технические и конструктивные решения для обработки рулонных полимерных материалов в ВЧ газовом разряде могут быть успешно применены для других задач вакуумной и плазменной техники.

Литература

1. Charles A. Bishop. Vacuum deposition onto Webs, Films and foils / Elsevier, third edition 2015, Oxford, ISBN 978-0-323-29644-1
2. Гришанова И.А., Абдуллин И.Ш., Желонкин Я.О. Плазменная активация поверхности армированных органопластиков // Сборник научных трудов SWorld "Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2013", Выпуск 3, Том 12, Технические науки. Одесса: Изд-во SWorld, 2013. - С. 61-66.
3. Сергеева, Е.А. Плазменная модификация химических волокон и нитей / Е.А. Сергеева// Актуальные проблемы естественных наук: материалы межд. науч.- практ. конф. Тамбов: ТГУ, 2010. - С. 110-116.
4. Производство высококачественных текстильных материалов специального назначения с улучшенными механическими характеристиками /В.В. Хамматова, К.Э. Разумеев //Материалы XIV Межд. научно – практ. конф. студентов и молодых ученых «Новые технологии и материалы легкой промышленности». Казань, КНИТУ, 2017. - С.123-131.