

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА  
В ТЕКСТИЛЬНОЙ И СТРОИТЕЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Иваново 2008**

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Ивановский государственный химико–технологический университет

М.В. Акулова, Б.Н. Мельников,  
С.В. Федосов, Л.В. Шарнина

# **ПРИМЕНЕНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА В ТЕКСТИЛЬНОЙ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Иваново 2008

УДК 691.629.67

Применение тлеющего разряда в текстильной и строительной промышленности: монография /М.В. Акулова [и др.] Иван. гос. хим.-техн. ун-т. – Иваново, 2008 -232 с. – ISBN 978-5-9616-0256-2

В монографии изложены основы плазмохимии, описаны физико-химические процессы, протекающие при действии низкотемпературной плазмы на полимерные материалы и вызывающие изменение комплекса их свойств. Приведены примеры практического использования плазмохимических процессов в отделочном производстве текстильной промышленности, производстве и применении строительных материалов.

Издание предназначено для студентов и аспирантов, научных работников и инженеров, специалистов, работающих в текстильной промышленности и строительной индустрии.

Табл. 53. Ил.51. Библиогр. 169 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Ивановского государственного химико–технологического университета

Рецензенты:

доктор технических наук Кохомов П.А. (Ивановский государственный  
архитектурно–строительный университет)  
кандидат технических наук Циркина О.Г. (кафедра химии,  
Ивановская государственная текстильная академия)

ISBN 978-5-9616-0256-2

©

Ивановский  
государственный  
химико-технологический  
университет, 2008

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	
1.1. Краткая характеристика тлеющего разряда	9
1.2. Основные физико-химические процессы, протекающие при действии низкотемпературной плазмы	12
1.3. Описание установок плазмохимических реакторов низкого давления для обработки материалов	17
1.3.1. Установки для обработки малоразмерных изделий	18
1.3.2. Установки непрерывного действия для обработки рулонных материалов в тлеющем разряде	19
2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕПОЛИМЕРИЗУЮЩЕЙ ПЛАЗМЫ НА ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	
2.1. Физико-химические основы воздействия низкотемпературной плазмы на полимерные материалы	21
2.2. Изменения физико-химических свойств поверхности полимерного материала	23
2.3. Воздействие тлеющего разряда на волокнистые материалы	28
3. ЭФФЕКТЫ ПЛАЗМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕКСТИЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ	31
3.1. Изменение гидрофильных свойств	32
3.2. Изменение адгезионных свойств	52
3.3. Противозагрязняемые свойства текстильных материалов	54
3.4. Прочностные свойства	62
3.5. Малоусадочность, малосвойлачиваемость, формоустойчивость текстильных материалов	69
3.6. Электрофизические свойства	75
3.7. Фрикционные свойства	79
4. ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	82
4.1. Устойчивость эффекта плазменной активации	84
4.2. Подготовка текстильных материалов	89
4.3. Колорирование	110
4.4. Заключительная отделка	119
4.5. Другие возможности использования плазменных технологий в легкой промышленности	129
5. ДИСПЕРСНО – АРМИРОВАННЫЕ БЕТОНЫ	134
5.1. Материалы, используемые для производства фибробетонов, и их влияние на свойства строительного композита	137

5.2. Технологии производства дисперсно-армированных бетонов	146
5.3. Исследование физических и физико-механических свойств армирующих неметаллических волокон фибробетонов, модифицированных тлеющим разрядом	148
5.3.1. Влияние времени обработки тлеющим разрядом на водопоглощение волокон	152
5.3.2. Влияние обработки тлеющим разрядом на смачиваемость волокон фибробетона	158
5.3.3. Влияние времени обработки тлеющим разрядом на капиллярность волокон	161
5.3.4. Исследование изменения прочностных характеристик волокон в зависимости от параметров обработки тлеющим разрядом	163
5.3.5. Влияние модификации тлеющим разрядом волокон фибробетонов на их адгезионные характеристики к строительному композиту	165
5.4. Влияние модификации волокон фибробетона тлеющим разрядом на свойства цементного и гипсового камня	177
5.4.1. Дифференциально-термический анализ (ДТА) бетона на основе цемента и гипса, армированного модифицированными тлеющим разрядом волокнами	178
5.4.2. Фазовый рентгеновский анализ структуры фибробетона, армированного модифицированными волокнами, на границе «бетон-волокно»	190
5.4.3. Предельная прочность при сжатии цементного и гипсового камня, армированного модифицированным волокном	194
5.4.4. Предельная прочность при изгибе цементного и гипсового камня, армированного модифицированным волокном	202
5.5. Исследование водопоглощения цементного и гипсового фибробетона, армированного модифицированным волокном	210
5.6. Составы фибробетонов, армированных модифицированными тлеющим разрядом волокнами	215
5.7. Экономические показатели фибробетона, армированного модифицированными волокнами	217
Библиографический список	220

## ВВЕДЕНИЕ

Применение нетрадиционных технологий, основанных на использовании электрохимических, плазменных, лазерных, электроимпульсных и других высокоэффективных способов обработки материалов, существенно изменяет свойства изделий различной структуры и назначения.

Новым перспективным направлением модификации свойств материалов является применение источников частиц высоких энергий, в частности, низкотемпературной плазмы. Применение плазменного воздействия для улучшения свойств различных волокон, пленок, рулонных материалов широкого профиля позволит осуществить такие процессы отделки, которые невозможны в обычных условиях. Обработка плазмой позволяет изменить поверхностные свойства материалов, не изменяя их объемных характеристик. Появляется возможность получать материалы с принципиально новыми физико-химическими и физико-механическими характеристиками.

В связи с широким распространением синтетических полимерных материалов появилось много новых проблем. Эти материалы имеют хорошие объемные свойства – прочность, гибкость, несминаемость, при неудовлетворительных с технологической и потребительской точки зрения поверхностных свойствах. Модифицирование свойств поверхностей синтетических полимерных материалов улучшает их гидрофильность, окрашиваемость, печатные свойства, адгезию к металлическим и неметаллическим покрытиям [1].

Текстильное отделочное производство отличается высоким водопотреблением: удельные расходы воды отделочных фабрик колеб-

лются от 100 до 300-400л на кг выпускаемой ткани [2]. Это приводит к большим объемам промышленных стоков и требует дополнительных вложений на их очистку. Использование плазмы, обладающей поверхностным действием, позволит заменить некоторые жидкостные процессы, требующие применения химических реагентов, на кратковременную обработку текстильного материала в газовом разряде, практически без выделения вредных веществ. Это дает возможность снижения водо- и материалопотребления и улучшения целого комплекса потребительских и технологических свойств текстильных материалов. Комплексно воздействуя на текстильные материалы и интенсифицируя технологические процессы их отделки, плазменные технологии имеют широкие перспективы внедрения в текстильно-отделочное производство.

С другой стороны, возможность использования плазмы в промышленном масштабе этим не ограничивается. В настоящее время осуществляются попытки использования плазменных технологий и в других отраслях промышленности, в частности, в стройиндустрии.

Одной из важных задач современного бетоноведения является создание эффективных материалов с повышенными прочностными и эксплуатационными свойствами. Перспективным видом таких материалов являются композиты, обширный класс композитных материалов представляют дисперсно-армированные бетоны. Дисперсное армирование производится волокнами (фибрами), равномерно распределенными по объему строительной матрицы. Для этого используются различные виды металлических волокон, неметаллических волокон минерального или органического происхождения [3,4]. Номенк-

латура искусственных волокон достаточно обширна, однако не все они, по тем или иным причинам, могут быть использованы в серийном производстве [5]. В настоящее время в основном используют стальные, стеклянные и полимерные волокна [3,4,6,7]. Такое армирование позволяет создавать достаточно эффективные конструкционные материалы. В качестве армирующего компонента могут быть использованы и природные волокна для получения тепло- и звукоизоляционных композитов. Основным недостатком, сдерживающим применение неметаллических волокон в качестве армирующего компонента, является то, что, практически, все они имеют низкую прочность сцепления, а зачастую не способны сцепляться со строительным камнем [8]. Это влияет на прочностные и эксплуатационные свойства получаемых материалов, ограничивает номенклатуру неметаллических волокон, используемых для армирования бетонных конструкций. Применение плазмы тлеющего разряда для обработки фиброволокон позволит расширить ассортимент волокнистых материалов, улучшить их адгезионные свойства, что, в свою очередь, приведет к улучшению физико-механических свойств фибробетонов.

Ассортимент рулонных материалов огромен. Известна обработка пленок тлеющим разрядом [1]. В строительстве, при отделке помещений, широко используются стеновые рулонные материалы. Ежегодно их ассортимент увеличивается, они становятся более качественными, более объемными, более тяжелыми. Однако теперь встает проблема их монтажа. Разрабатываются специальные клеи, срок пропитки материала клеем достигает 40 минут. Обработка материала плазмой позволяет сократить сроки пропитки до нескольких секунд,



увеличивает адгезию клея к материалу, что, в свою очередь, улучшает приклеивание материала к различным поверхностям – бетонным, гипсовым, деревянным и др. Это дает возможность использовать более дешевые клеи.

В книге описываются научные основы процессов, происходящих при различных способах модификации материалов тлеющим разрядом переменного тока, виды оборудования и технологические приемы плазменной обработки. Рассмотрены проблемы теплопереноса на поверхности бетонной подложки, свойства покрытий и бетонной подложки после плазменной металлизации. Даны расчеты экономической эффективности применения плазмы тлеющего разряда для улучшения свойств различных материалов.

Новизна технологических решений, разработанных группой авторов, подтверждена патентами РФ, а изготовленные изделия и технологии отмечены дипломами и медалями инновационных салонов.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

## 1.1. Краткая характеристика тлеющего разряда

В зависимости от конкретных технологических условий, поставленной задачи и имеющегося оборудования низкотемпературная плазма может быть возбуждена различными типами электрического разряда (тлеющим, коронным, искровым, факельным, дуговым и барьерным). Несмотря на значительные отличия условий возбуждения и аппаратного оформления, общим для всех используемых в настоящее время устройств является наличие пространства, заполненного ионизированным газом, в котором электроны и ионизированные и возбужденные частицы перемещаются с достаточно высокими скоростями под влиянием сильных электрических полей.

Тлеющий разряд – один из наиболее распространенных видов газового разряда, что связано с легкостью его получения и поддержания. Это самостоятельный разряд, возникающий в газе при пониженном давлении.

Возбуждение газового разряда осуществляется источником высокого напряжения постоянного или переменного тока в широком диапазоне частот. При достижении частоты переменного тока порядка 100 кГц необходимость во внутренних электродах отпадает, поскольку разряд зажигают с помощью внешних кольцевых электродов или индуктора.

Вольт-амперная характеристика прохождения электрического тока через газовый зазор показана на рис. 1.1, а внешний вид тлеющего разряда в цилиндрической разрядной трубке и его основные характеристики схематично изображены на рис. 1.2. Разрядный промежу-