АДГЕЗИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПВХ-ПОКРЫТИЯ С ФЛИЗЕЛИНОВОЙ ОСНОВОЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕКОРАТИВНЫХ ОБОЕВ

УраковХ.Б.
Ташкентский Химико-Технологический Институт, PhD доктарант
E-mail: sayn9427@gmail.com
Рахмонбердиев Г.Р.
Ташкентский Химико-Технологический Институт д.х.н., проф.
Умаров Ш.А.
Ташкентский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассмотрены адгезионные особенности формирования виниловых обоев на флизелиновой основе в условиях промышленного производства. Показано, что прочное сцепление поливинилхлоридного (ПВХ) покрытия с флизелином не реализуется напрямую и обеспечивается за счёт применения промежуточного адгезионного слоя на основе поливинилацетатных или акрилатных латексов. Проанализированы механизмы адгезии на границах «флизелин – адгезионный слой» и «адгезионный слой – ПВХ», включая образование водородных связей, механическое заякоривание, диффузию пластификаторов и термомеханическое сцепление при гелировании ПВХ-пасты. Адгезионное взаимодействие описано с позиций термодинамики с использованием уравнения Дюпре и модели Оуэнса—Вендта—Рабеля—Кеелбле. Приведены типичные диапазоны адгезионной прочности, определяемые методом отрыва, а также рассмотрено влияние состава ПВХ-композиции и адгезионного слоя на эксплуатационные свойства и утилизацию виниловых обоев.

Ключевые слова. Флизелин, поливинилхлорид, виниловые обои, адгезионный слой, поверхностная энергия, работа адгезии, пористость, пластификаторы, утилизация.

Abstract. The article examines the adhesive properties of the formation of vinyl wallpaper on a non-woven base in industrial production conditions. t has been shown that strong adhesion of polyvinyl chloride (PVC) coating to non-woven fabric is not achieved directly and is ensured by using an intermediate adhesive layer based on polyvinyl acetate or acrylate latex. The adhesion mechanisms at the “non-woven fabric – adhesive layer” and “adhesive layer – PVC” interfaces were analyzed, including the formation of hydrogen bonds, mechanical anchoring, diffusion of plasticizers, and thermomechanical adhesion during gelling of PVC paste. The adhesive interaction is described from the standpoint of thermodynamics using the Dupre equation and the Owens–Wendt–Rabel–Keelble model. Typical

ISSN 3030-3907

ranges of adhesive strength determined by the peel-off method are presented, and the influence of the composition of the PVC composition and the adhesive layer on the performance properties and disposal of vinyl wallpaper is considered.
Keywords. Non-woven fabric, polyvinyl chloride, vinyl wallpaper, adhesive layer, surface energy, work of adhesion, porosity, plasticizers, recycling
Аннотация. Ushbu maqolada sanoat ishlab chiqarish sharoitida to'qilmagan asosga vinil devor qog'ozining yopishish xususiyatlari o'rganiladi. Polivinilxlorid (PVX) qoplamasi va to'qilmagan asos o'rtasida kuchli yopishish to'g'ridan-to'g'ri emas, balki polivinil asetat yoki akrilat lateksiga asoslangan oraliq yopishqoq qatlam yordamida erishilishi ko'rsatilgan. "To'qimagan astar - yopishqoq qatlam" va "yopishqoq qatlam - PVX" interfeyslaridagi yopishish mexanizmlari, jumladan, vodorod bog'lanishi, mexanik ankerlash, plastifikator diffuziyasi va PVX pastasini gellash jarayonida termomekanik yopishish tahlil qilinadi. Yelimlovchi o'zaro ta'sir termodinamik nuqtai nazardan Dupré tenglamasi va Ouens-Vendt-Rabel-Keelble modeli yordamida tavsiflanadi. Tozalash usuli bilan aniqlanadigan yopishqoqlikning odatiy diapazonlari keltirilgan va PVX tarkibi va yopishqoq qatlam tarkibining vinil devor qog'ozining ishlash xususiyatlari va yo'q qilinishiga ta'siri ko'rib chiqilgan.
Kalit so'zlar. To'qimagan mato, polivinilxlorid, vinil devor qog'ozi, yopishqoq qatlam, sirt energiyasi, yopishish ishi, g'ovaklik, plastifikatorlar, qayta ishlash.

Введения

Виниловые обои на флизелиновой основе относятся к многослойным полимерным композиционным материалам, широко применяемым в современном строительстве и интерьерной отделке [1–2]. Эксплуатационные характеристики данных материалов в значительной степени определяются качеством адгезионного контакта между функциональными слоями. Недостаточная адгезионная прочность приводит к расслоению ПВХ-покрытия, образованию пузырей и снижению декоративных свойств изделий в процессе эксплуатации [3-6].

Флизелиновая основа представляет собой нетканый материал, сформированный преимущественно из целлюлозных волокон, обладающих высокой полярностью и развитой капиллярно-пористой структурой [7-9]. Поливинилхлорид относится к термопластам с относительно низкой поверхностной энергией и ограниченной способностью к смачиванию полярных субстратов [10-16]. Существенное различие в химической природе и термодинамических характеристиках данных материалов делает невозможным формирование прочного адгезионного контакта при их прямом взаимодействии.

ISSN 3030-3907

Для обеспечения надёжного сцепления в промышленной технологии виниловых обоев применяется промежуточный адгезионный (праймерный) слой, выполняющий функцию согласования поверхностных энергий контактирующих фаз [17-21]. Типовая структура материала включает флизелиновую основу, адгезионный слой и ПВХ-покрытие. Таким образом, адгезия ПВХ к флизелину определяется совокупностью двух межфазных взаимодействий: «флизелин – адгезионный слой» и «адгезионный слой – ПВХ» [22-23].

Несмотря на широкое применение данной технологии, механизмы формирования адгезионной прочности в системе «ПВХ-покрытие – флизелиновая основа» остаются недостаточно систематизированными. В литературе фрагментарно рассматриваются вопросы роли пористости основы, диффузии пластификаторов и термомеханических процессов, протекающих при гелировании ПВХ-пасты [24-26]. В связи с этим актуальной является задача комплексного анализа адгезионных процессов с позиций физической химии и технологии полимерных материалов.

Материалы и методы

Адгезия флизелиновой основы к адгезионному слою.

В качестве адгезионных слоёв в технологии виниловых обоев применяются водные дисперсии поливинилацетата, акрилатные латексы и сополимеры винилацетата с этиленом. Высокая адгезия данных полимеров к флизелину обусловлена полярной природой целлюлозных волокон и развитой пористой структурой нетканого материала.

Основными механизмами адгезии на данном этапе являются:

- образование водородных связей между гидроксильными группами целлюлозы и карбонильными группами адгезионного полимера;
- механическое заякоривание латекса в порах и капиллярах флизелина;
- физические межмолекулярные взаимодействия.

Данный контакт характеризуется высокой адгезионной прочностью и термодинамической устойчивостью.

Адгезия адгезионного слоя к ПВХ-покрытию.

Адгезионное взаимодействие между адгезионным латексом и ПВХ-слоем формируется в процессе нанесения ПВХ-пасты и её последующего гелирования. В отличие от флизелина, ПВХ не обладает выраженной полярностью, что делает химическую адгезию ограниченной.

Формирование прочного контакта обеспечивается следующими механизмами:

- диффузия пластификаторов ПВХ-композиции в адгезионный слой с образованием переходной зоны;

ISSN 3030-3907

- межмолекулярные взаимодействия типа диполь–диполь между C–Cl группами ПВХ и полярными фрагментами латекса;
- термомеханическое сцепление, возникающее при гелировании ПВХ-пасты и её фиксации в структуре адгезионного слоя;
- структура пористости в материале.

Результаты и обсуждение

Качество данного адгезионного контакта критически зависит от состава ПВХ-пасты, типа пластификатора, температуры гелирования, толщины адгезионного слоя, и пористость Флизелиновая основа декоративных обоев представляет собой нетканый материал, сформированный из целлюлозных и/или полиэфирных волокон, скреплённых механическим, химическим или термическим способом. Характерной особенностью такой структуры является высокая пористость, обусловленная наличием межволоконных пустот различного размера и формы. В приведённой ниже таблице представлены данные о пористости различных видов флизелиновых обоев и её влиянии на адгезию.

Таблица-1

Физико-механические свойства обоев, полученных на основе различных видов флизелина.

Тип флизелина	Плотность, г/м²	Пористость, % (типично)	Средний размер пор, μm	Влияние на адгезию ПВХ
Лёгкий флизелин	80–120	75–90	15–25	Глубокая пропитка, возможен перерасход ПВХ
Стандартный флизелин	120–180	60–80	5–15	Оптимальное сцепление, высокая стабильность
Плотный флизелин	>180	50–65	<10	Ограниченная механическая адгезия
Флизелин с праймером	130–200	эффективная пористость снижена	3–10	Улучшенное смачивание, контролируемое проникновение

ISSN 3030-3907

Флизелин под покраску	150–200	70–85	10–20	Хорошая пропитка, сниженная жёсткость

Пористая структура флизелина играет ключевую роль в формировании адгезионного контакта между флизелиновой основой и ПВХ-покрытием, поскольку именно через систему пор обеспечивается:

- проникновение ПВХ-пасты или адгезионного праймера в толщу основы;
- увеличение реальной площади контакта между слоями;
- формирование механической составляющей адгезии за счёт анкеровки ПВХ-фазы в порах материала.

Адгезионное взаимодействие в системе «ПВХ-покрытие — флизелиновая основа» носит **комбинированный характер** и включает:

1. **Физико-химическую адгезию**, обусловленную:
   - смачиванием поверхности флизелина ПВХ-пастой;
   - взаимодействием полярных групп целлюлозных волокон с компонентами ПВХ-системы.
2. **Механическую адгезию**, напрямую связанную с пористостью основы. При оптимальной пористости ПВХ-паста частично проникает в межволоконные поры, после чего при охлаждении и отверждении формируется система «механических замков», повышающая прочность сцепления.

Таким образом, **чем выше доступная (открытая) пористость флизелина, тем больше вклад механической составляющей адгезии**, при условии сохранения достаточной прочности самой основы. В зависимости от структуры флизелина можно выделить несколько характерных случаев:

- **Высокая пористость флизелина**

Обеспечивает интенсивное проникновение ПВХ-покрытия в толщу основы, однако при избыточной пористости часть связующего может уходить внутрь материала, снижая концентрацию ПВХ на межслоевом интерфейсе и приводя к уменьшению адгезионной прочности.

- **Средняя (оптимальная) пористость**

Создаёт баланс между глубиной проникновения ПВХ-пасты и формированием непрерывного адгезионного слоя. В этом случае достигаются максимальные значения адгезионной прочности и стабильность структуры декоративного покрытия.

- **Низкая пористость флизелина**

Ограничивает проникновение ПВХ-пасты, снижая механическую составляющую адгезии. В результате сцепление слоёв определяется в

ISSN 3030-3907

основном физико-химическим взаимодействием, что может привести к расслоению покрытия при эксплуатационных нагрузках.

Влияние адгезии на утилизацию виниловых обоев

Высокая адгезионная прочность между ПВХ-покрытием и флизелиновой основой приводит к образованию трудноразделимых композитных отходов. Это существенно усложняет механическую и химическую переработку отработанных обоев и требует разработки технологий селективного разрушения адгезионного слоя или термодеструкции ПВХ.

Полученные теоретические положения позволяют объяснить наблюдаемые в промышленной практике закономерности формирования адгезионной прочности виниловых обоев на флизелиновой основе. Высокая адгезия ПВХ-покрытия достигается не за счёт прямого взаимодействия с флизелином, а благодаря правильно подобранному адгезионному слою, обеспечивающему согласование поверхностных энергий и формирование переходной межфазной зоны.

Существенное влияние на адгезию оказывает тип и концентрация пластификатора в ПВХ-пасте. Пластификаторы фталатного типа (DOP, DINP) способствуют диффузии в адгезионный слой, снижению модуля упругости ПВХ и увеличению площади фактического контакта, что приводит к росту адгезионной прочности. При избыточном содержании пластификатора возможно снижение когезионной прочности ПВХ-слоя и ухудшение эксплуатационных характеристик покрытия.

С точки зрения утилизации перспективным направлением является разработка адгезионных слоёв с управляемой прочностью сцепления, например на основе водорастворимых или термочувствительных полимеров. Такие системы позволяют сохранить эксплуатационную надёжность обоев, одновременно обеспечивая возможность селективного разрушения адгезионного контакта при переработке отходов.

Вывод

Адгезионное взаимодействие ПВХ-покрытия с флизелиновой основой в декоративных обоях реализуется через промежуточный адгезионный слой и определяется совокупностью механических, физико-химических и термодинамических факторов. Оптимизация состава адгезионных латексов, типа пластификатора и режимов гелирования ПВХ-пасты является ключевым условием обеспечения эксплуатационной надёжности виниловых обоев и повышения технологичности процессов их последующей утилизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dupré A. Théorie mécanique de la chaleur. Paris: Gauthier-Villars, 1869.

ISSN 3030-3907

2. Young T. An essay on the cohesion of fluids. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1805, vol. 95, pp. 65–87.
3. Owens D.K., Wendt R.C. Estimation of the surface free energy of polymers. Journal of Applied Polymer Science, 1969, vol. 13, no. 8, pp. 1741–1747.
4. Kaelble D.H. Dispersion-polar surface tension properties of organic solids. Journal of Adhesion, 1970, vol. 2, pp. 66–81.
5. Kinloch A.J. Adhesion and Adhesives: Science and Technology. London: Chapman & Hall, 1987.
6. Mittal K.L. Polymer Surface Modification: Relevance to Adhesion. Utrecht: VSP, 2000.
7. Russell, S. J. Handbook of Nonwovens. Woodhead Publishing, 2007.
8. Albrecht, W., Fuchs, H., Kittelmann, W. Nonwoven Fabrics: Raw Materials, Manufacture, Applications. Wiley-VCH, 2003.
9. Huang, X. Fabrication and properties of nonwoven materials. Textile Research Journal, 2015.
10. Gibson, P. W., Schreuder-Gibson, H. L. Pore structure and permeability of fibrous membranes. Journal of Membrane Science, 2004.
11. Eichhorn, S. J. et al. Review: current international research into cellulosic fibres and composites. Journal of Materials Science, 2010.
12. Barreto, J. et al. Influence of fiber diameter on porosity and permeability of nonwoven fabrics. Materials & Design, 2018.
13. Goldstein, J. et al. Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis. Springer, 2018.
14. Chhabra, N., Singh, S. SEM characterization of nonwoven fabrics. Journal of Textile Engineering, 2016.
15. Kim, H. J. et al. Morphological analysis of fibrous nonwovens using SEM. Fibers and Polymers, 2017.
16. Mittal, K. L. Adhesion Science and Engineering. Wiley, 2013.
17. Packham, D. E. Handbook of Adhesion. Wiley, 2005.
18. Kinloch, A. J. Adhesion and Adhesives: Science and Technology. Springer, 1987.
19. Owens, D. K., Wendt, R. C. Estimation of the surface free energy of polymers. Journal of Applied Polymer Science, 1969.
20. Wu, S. Polymer Interface and Adhesion. CRC Press, 1982.
21. Czichos, H., Saito, T., Smith, L. Springer Handbook of Materials Measurement Methods, 2006.
22. Zhang, Y. et al. Structure–property relationships of nonwoven wallpaper substrates. Construction and Building Materials, 2019.

ISSN 3030-3907

23. Liu, H., Wang, J. Adhesion performance of PVC coatings on fibrous substrates. Polymer Composites, 2020.
24. European Committee for Standardization. EN 233: Wallpaper – Finished wallpapers.
25. Hearle, J. W. S. Structure and Mechanics of Fibres. Woodhead Publishing, 2001.
26. Nam, S., Kim, S. Effect of porosity on mechanical and adhesion properties of fibrous mats. Materials Science and Engineering A, 2016.

ISSN 3030-3907