

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА
ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ И ЛАКОКРАСОЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПОНИЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРИЕМАМИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ СРОКА
СЛУЖБЫ ПОЛУЧАЕМОГО ПОКРЫТИЯ**

Б.М.ТОЖИБОВ¹, док, техн, наук, проф.

Г.Андижан, Узбекистан

Андижанский государственный университет

Аннотация: В настоящей работе исследовано влияние внутренних напряжений на долговечность полимерных и лакокрасочных покрытий, а также оценена эффективность различных технологических приёмов их снижения. На основе экспериментального анализа изучено формирование внутренних напряжений в полиэфирных и эпоксидных покрытиях при использовании различных подслоев, включая поливинилацетатные грунты и эластомерные подслои на основе бутадиен-стирольных каучуков. Представлены графические зависимости кинетики внутренних напряжений (Рис. 1) и влияние толщины подслоя на остаточные напряжения и адгезионную прочность (Рис. 2). Установлено, что оптимальная толщина эластичного подслоя обеспечивает резкое снижение внутренних напряжений и значительное повышение адгезии. Полученные результаты демонстрируют важность выбора подслоиных материалов и режимов формирования покрытий для повышения срока службы лакокрасочных систем.

Ключевые слова: внутренние напряжения, адгезия, долговечность, полимерные покрытия, подслои, технологические режимы, релаксация напряжений.

Annotatsiya: Ushbu maqolada polimer va bo‘yoq-qoplama materiallarida ichki kuchlanishlarning shakllanishi va ularning mustahkamlik hamda xizmat muddatiga ta’siri o‘rganildi. Turli taglik qatlamlaridan, jumladan polivinilatsetat gruntleri va elastomer mahsulotlaridan foydalanish orqali ichki kuchlanishlarni kamaytirish usullari baholandi. Grafik natijalar ichki kuchlanishlarning kinetikasi (1-rasm) va taglik qatlami qalinligining ta’siri (2-rasm) bilan tasdiqlandi. Optimal taglik qatlami ichki kuchlanishlarni sezilarli kamaytirishi va yopishqoqlik kuchini oshirishi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: ichki kuchlanishlar, adgeziya, uzoq muddatlilik, polimer qoplamalar, pastki qatlam (podsloy), texnologik rejimlar, kuchlanishlarning relaksatsiyasi.

Annotation: This article investigates the influence of internal stresses on the durability of polymer and paint coatings and evaluates technological approaches to reduce these stresses. Experimental data demonstrate how underlayers such as polyvinyl acetate primers and elastomeric butadiene–styrene systems affect stress relaxation and adhesion strength. Graphical results (Fig. 1–2) confirm that optimal underlayer thickness significantly decreases internal stresses and improves adhesion, leading to longer coating service life.

Keywords: internal stresses, adhesion, durability, polymer coatings, underlayer, technological parameters, stress relaxation.

Введение

Современная промышленность уделяет значительное внимание созданию высокоэффективных полимерных и лакокрасочных покрытий с минимальными внутренними напряжениями и повышенной адгезионной прочностью. Внутренние напряжения формируются вследствие усадки, различий коэффициентов термического расширения, скорости сшивания, а также особенностей взаимодействия покрытия с подложкой. Повышенные внутренние напряжения приводят к растрескиванию, снижению адгезии и уменьшению срока службы покрытия. Поэтому разработка технологических приемов, направленных на снижение остаточных напряжений, является важной задачей материаловедения.

В мире большое внимание уделяют научным исследованиям по созданию эффективных полимерных и лакокрасочных покрытий с низкими внутренними

напряжениями и высокой адгезионной прочностью. Однако существующие способы и установки недостаточно точно определяют внутренние напряжения в полимерных и лакокрасочных покрытиях и не дают возможность высокоточное их оценить. В связи с этим разработка эффективного способа и универсальной установки для исследования внутренних напряжений в полимерных и лакокрасочных материалах и покрытиях на их основе, а также совершенствование технологии их получения, позволяющих получать покрытия с высокой долговечностью на сегодняшний день приобретает особое значение.

Далее рассмотрим результаты исследований влияния внутренних напряжений на долговечность полимерных и лакокрасочных покрытий вознести понижения их технологическими приёмами с целью повышения срока службы получаемого покрытия.

Материалы и методы

Для исследования использовали полиэфирную смолу ПЭ-220 и эпоксидные композиции. Подслойные материалы включали поливинилацетатные грунты (ПВАК, ПВА), а также эластомерные подслои на основе бутадиен-стирольных каучуков (СКС-50, СКН-40, СКД-1, СКН-18). Толщина подслоев варьировала от 20 до 160 мкм.

Измерение внутренних напряжений проводили методом изгиба консольно закрепленного образца, адгезионная прочность определялась механическим отрывом. Формирование покрытий изучалось в реальном времени, что позволило построить кинетические зависимости (Рис. 1) и диаграммы влияния толщины (Рис. 2).

Результаты и их обсуждение

1. Кинетика внутренних напряжений (Рис. 1)

Как показывают экспериментальные данные, увеличение времени формирования полиэфирных покрытий на металлическом субстрате вызывает постепенное снижение внутренних напряжений. Для покрытий с подслоем ПВАК внутренние напряжения уменьшаются с 5,2 до 1,2

МПа, а с ПВА — с 2,2 до 0,4 МПа. Одновременно наблюдается существенное увеличение адгезионной прочности: от 12 до 40 МПа (ПВАК) и от 15 до 57 МПа (ПВА).

Эти результаты подтверждают, что поливинилацетатные грунты эффективно играют роль амортизирующей прослойки, способствующей релаксации напряжений и улучшению сцепления с металлическим субстратом.

2. Влияние толщины подслоя (Рис. 2)

Для эластомерных подслоев наблюдается выраженная зависимость внутренних напряжений от толщины слоя. Наиболее резкое снижение остаточных напряжений фиксируется при оптимальной толщине подслоя 40–60 мкм. При толщине менее 30 мкм полимеры теряют высокоэластические свойства и не обеспечивают релаксацию напряжений.

Адгезионная прочность при увеличении толщины до 120–160 мкм существенно растет, достигая 80–95 МПа в зависимости от типа каучука. Это связано с повышением энергоемкости подслоя и более равномерным перераспределением напряжений.

Как было отмечено выше при анализе современных литературных источников снижение внутренних напряжений покрытиях возможно с использованием подслоя при получения полимерных и лакокрасочных покрытий. В этом аспекте нами были проведены исследование влияние различных подслоев на внутренние напряжения и адгезионную прочность полиэфирных и эпоксидных покрытий.

На рис. 1 Возникновение внутренних напряжений и адгезионной прочности при формировании покрытий из полиэфирной смолы ПЭ-220, на металлическом субстрате, подслоем которого являются поли винил ацетатные грунты: 1-ПВАК и 2-ПВА.

Как видно из рис. 1 с увеличением времени формирования полиэфирных покрытий на поверхности металлического субстрата, подслоем которого были поливинилацетатные грунтовки ПВАК и ПВА, внутренние напряжения в них существенно снижаются от 5,2 до 1,2 МПа и от 2,2 до 0,4 МПа соответственно, а адгезионная прочность повышается от 12 до 40 МПа и от 15 до 57 МПа.

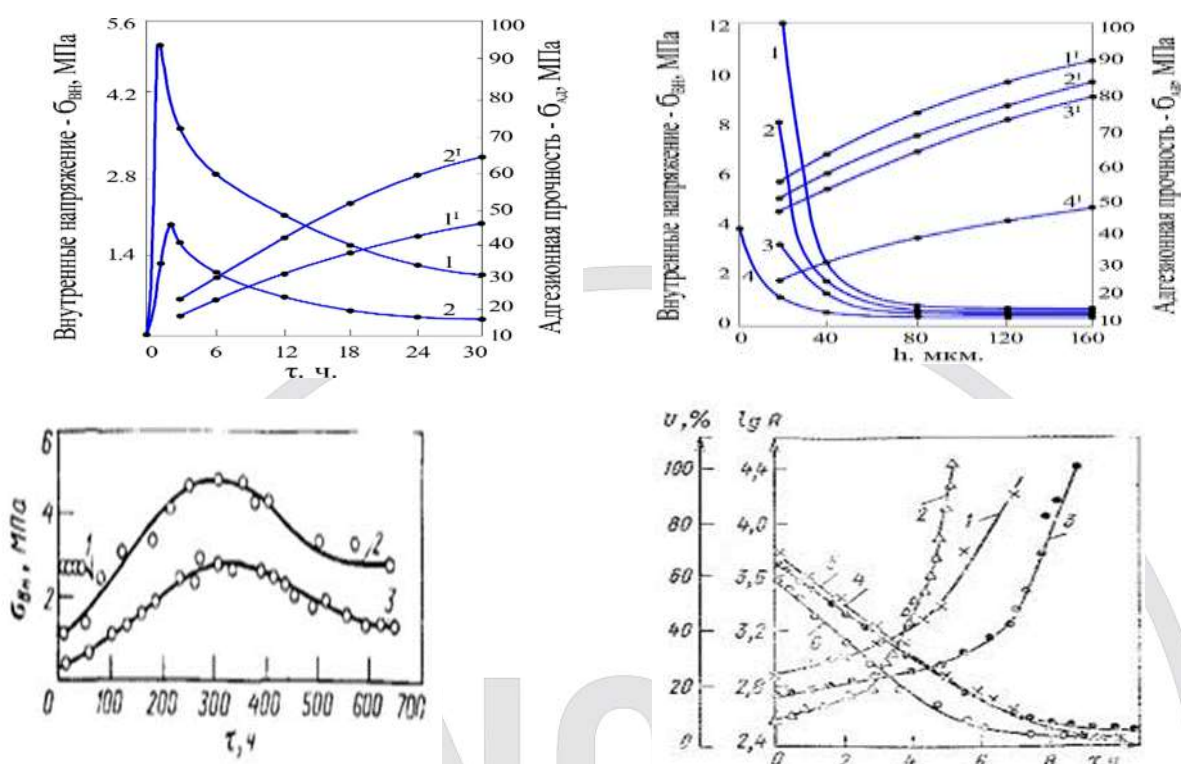


Рис. 1. Кинетика внутренних напряжений при формировании покрытий из ПЭ-220 на стекле, модифицированном поливинилацетатными грунтами: 1-ПВАК: 2-ПВА

Рис. 2. Зависимость внутренних напряжений от толщины подслоя из СКС-50 (1) СКН-40 (2), СКД-1 (3) и СКН-18 (4) при формировании различных покрытий 1-3-эпоксидных: 4-полиэфирных.

Аналогичные закономерности в изменении свойств покрытий наблюдаются (Рис. 1) при использовании в качестве подслоя для покрытий из полиэфиров и эпоксидной бутадиен-стирольных каучуков, а также сополимеров на основе метилметакрилата и бутил акрилата (рис. 2). При использовании эластичного подслоя резкое понижение внутренних напряжений при формировании покрытий наблюдается только при оптимальной его толщине. С уменьшением толщины подслоя до 30-40 мкм указанные полимеры теряли свои высокоэластические свойства и не обеспечивали релаксации внутренних напряжений при

формировании на поверхности их покрытий. Причина этого явления по-видимому, связана с особенностями надмолекулярной структуры тонких пленок и зависимостью ее от толщины покрытия.

Таким образом, можно констатировать, что для разработки составов композиционных полимерных и лакокрасочных материалов необходимо подобрать эффективные составы и путем регулирования технологических приёмов и режимов получать покрытия на их основе, позволяющие понижать внутренние напряжения, повышать адгезионные и прочностные свойства и соответственно долговечность.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что внутренние напряжения играют ключевую роль в долговечности полимерных и лакокрасочных покрытий. Использование подслоев на основе ПВА, ПВАК и эластомерных каучуков позволяет эффективно снижать остаточные напряжения и повышать адгезионные характеристики. Оптимальная толщина подслоя (40–60 мкм) обеспечивает максимальную релаксацию напряжений и способствует значительному увеличению срока службы покрытий. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологических процессов получения высокодолговечных композиционных покрытий нового поколения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед, Б.М. Тожибоев, Ж.Н. Негматов, Н.А. Икрамов, Ш.А. Бозарбоев, Ш.Х. Жовлиев. Кинетика изменения внутренних напряжений при старении эпоксидных полимерных покрытий. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2024. - №2, - С. 199-200.
2. Б.М.Тожибоев. Вопросы улучшения прочностных свойств полимерных композиционных покрытий. // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. № 12 (93), часть-2, Москва – декабр, 2021 г. - С.22-23.

3. N.Z. Muhiddinov, B.M.Tojiboyev. Mechanical use of polimer compositional materials. // Indonesial Journal of Innovation Studies Vol 10 No 1 (2020): Vol 10 (2020): January, Innovation in Mechanical Engineering. - Indonesial, 2020, pp. 1/1-3/3.

4. B.M.Tojiboyev, S.K.Atakhanova. Radiation Treatment Of Composite Polymer Coatings At Optimal Technological Parameters And Study Of Their Properties. // The American Journal of Engineering and Technology (ISSN – 2689-0984) Published: November 30, 2020. pp. 153-158.

5. Тожибоев Б.М., Рахимов Ш.В., Улмасов Т.У., Негматов С.С., Рахимов С.Э., Олмасов А.А., Абед Н.С., Бозорбоев Ш.А., Масодиков К.Х., Сабирова О.Ш., Икромов Н.А. Состояние и анализ методов определения внутренних напряжений полимерных и лакокрасочных покрытий, // Композиционные материалы, Ташкент, 2022, - №3, – С. 230-232.

6. Негматов С.С., Масодиков К.Х., Жалилов Ш.Н., Рахмонов Ш.В., Негматов К.С., Абед Н.С., Икромов Н.А., Тожибоев Б.М., Пирматов Р.Х., Султанов С.У., Собирова О.Ш., Рахимов Ш.Э., Улмасов А.А., Махамаджонов Х.А., Исследование тепловой водостойкости и прочностных свойств композиционных полимер-полимерных связующих // UNIVERSUM: технические науки» 2022,- №11, – С. 47-53.

7. Негматов С.С., Масодиков К.Х., Абед Н.С., Улмасов Т.У., Негматов Ж.Н., Тожибоев Б.М., Сабирова О.Ш. Разработка оригинальной установки для определения внутренних напряжений в покрытиях по методу усиления разеваемому концом консольно закрепленного образца. “Фан ва тараккиёт” Республиканская научно-техническая конференция Ташкент, 2023,—С. 82-83.