

Розроблені моделі були апробовані при розрахунку роздавальних ланок повітророзподільних пристроїв малої довжини при проектуванні спеціального технологічного обладнання. Результати одного з розрахунків наведені нижче (рис. 2). Порівняльний аналіз отриманих результатів з експериментальними даними дає підстави для висновку про можливість застосування розробленої моделі аналізу для інженерних розрахунків роздавальних ланок повітроводів.

Література

1. Исследование воздухораспределителей с продольной щелью для систем струйного воздушного охлаждения электронных модулей в БНК РЭС/ Спокойный Ю.Е., Трофимов В.С., Сконечный В.В., Гайдаров Б.М./ Вопросы радиоэлектроники., сер ТРТО, 1991 № 1. – С. 9-14.

УДК 684.4.059.4:667.645

Проф. П.В. Білей, д-р техн. наук;
доц. Л.А. Яремчук, канд. техн. наук – УкрДЛТУ

СУЧАСНІ СПОСОБИ РАДІАЦІЙНОГО СУШІННЯ ЛАКОФАРБОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Викладено сучасний підхід до радіаційного твердіння покриттів на деревинних підкладах. Розглянуто переваги й недоліки різних джерел енергії.

Prof. P.V. Bilej, doc. L.A. Yaremtchuk – USUFWT

Modern ways of radiation curing of varnish and paint materials

A modern approach to radiation curing of coatings on wood substrate is considered. Advantages and disadvantages of different energy sources are highlighted.

Для отримання високоякісних покриттів на деревині необхідно використовувати спеціальні механізми хімічних реакцій, які залежать від джерел енергії. Реакції утворення міжмолекулярних структур відбуваються між високомолекулярними полімерними ланцюгами, які містять реактивні функціональні групи, або між полімерними ланцюгами й олігомерами, що використовуються для поперечного зшивання. Для розуміння того, як змінюються різні джерела енергії та працюють різні методи твердіння [1], слід зазначити, що енергії порядку декількох електрон-вольт є достатніми, щоб розірвати хімічні зв'язки або перевести молекулу в електронно-збуджений стан. Тому електронні пучки, ультрафіолетові (УФ), інфрачервоні (ІЧ), мікрохвильові або радіочастотні джерела радіації можуть генерувати реакційноздатні хімічні радикали, подібні до тих, які утворюються при нагріванні покриття в нагрівних пристроях.

Порівняно зі звичайними нагрівниками, які використовуються, щоб випаровувати воду чи розчинники та нагрівати покриття, променева енергія взаємодіє найпростіше із спеціально підібраними компонентами, які, переважно, є 100 % твердими матеріалами і не містять летких компонентів. Ця

пряма дія ініціює хімічну реакцію в долі секунди. Виробничі площі, необхідні для розміщення обладнання для радіаційного твердіння, є значно меншими, ніж площі, необхідні для конвекційного обладнання.

Для УФ-твердіння покриттів широко використовуються лампи високого тиску. Джерела УФ-енергії, звичайно, встановлюються безпосередньо над конвеєром і можуть мати розмір від декількох сантиметрів до двох метрів. Енергетичний вихід може також змінюватись, але типовим є значення 8 Вт/мм. Ртутні лампи з активним середовищем, легованим галоїдними сполуками, стають більш придатними для твердіння пігментованих покриттів завдяки збільшеній емісії у видимій області спектра. Як альтернативні джерела енергії з'являються безелектродні лампи з потужністю до 24 Вт/мм, оскільки мають знижену ІЧ-складову і більшу довговічність [2].

Обладнання для твердіння під УФ-променями постійно вдосконалюється [3]. Модернізація ртутних ламп високого тиску потужністю 80–120 Вт/см дозволила, наприклад, проводити твердіння в атмосфері інертного газу. Ця технологія забезпечує більш швидке твердіння й зменшення виділення озону, оскільки вимагає значно меншої кількості фотоініціаторів.

Основна відмінність між електронним і УФ-твердінням полягає у тому, що перше не вимагає жодних фотоініціаторів. Щоб ініціювати хімічну реакцію, енергія швидких електронів повинна бути передана молекулам опромінюваного матеріалу. Електрони, які емітуються у вигляді одномірного пучка чи знедавна двомірного пучка, можуть викликати реакцію полімеризації на більших глибинах, ніж УФ-промені. Електронний пучок використовується для твердіння товстошарових покриттів, а також покриттів із вищим ступенем пігментації поряд із використанням меншої кількості енергії [4]. Проте, однією з найбільших перешкод на шляху широкого впровадження електронного твердіння, є висока вартість обладнання.

Лакування дверних полотен, багатошарових пігментованих покриттів на ДСП, декоративних паперових плівок проходить на високих швидкостях, обмежених лише можливостями транспортного обладнання (до 50 м/хв.). Одне з недавніх досягнень це твердіння атмосферостійких покриттів на дерев'яних панелях.

Для сушіння тонких покриттів почали використовувати обладнання, яке продукує низькоенергетичні електронні пучки на 150 кеВ. Ці установки є найдешевшими з доступних на даний час засобів для формування покриттів під електронними пучками.

Для сушіння широкого спектра полімерних покриттів використовується ІЧ-випромінювання. Довгохвильове ІЧ-випромінювання повністю поглинається повітрям, його важко сфокусувати. Воно також слабо проникає в покриття і спричиняє лише його поверхнєве затвердіння. Короткохвильове ІЧ-випромінювання слабо розсіюється повітрям і може глибоко проникати у підкладку. Узгодження вихідного спектра лампи та областей поглинання покриття іноді підвищує ефективність твердіння.

Оскільки дія ІЧ-енергії залежить від ступеня її поглинання, суттєвими є термічні властивості підкладки, на якій формується покриття. Середовище з високою теплопровідністю (метал) буде розповсюджувати термальну енергію поза місцем безпосереднього прогріву. Навпаки, ізолююче середовище – дерева – незначною мірою розповсюджує тепло, тому, якщо освітлення є нерівномірним, будуть з'являтися перегріті ділянки поверхні.

Ще одним сучасним методом сушіння полімерних матеріалів є використання лазерного випромінювання. Лазер випромінює монохромний пучок когерентного випромінювання, яке може бути сфокусоване на дуже малу ділянку або покривати велику площу протягом короткого проміжку часу. Енергетична когерентність лазерного випромінювання зменшує вплив небажаних вторинних реакцій, які індукуються у випадку поліхромного випромінювання. У той же ж час, лазер дає змогу прецизійного контролю профілю проникнення і може збільшувати глибину твердіння. Для швидкого твердіння покриттів доступними є декілька типів лазерів, а саме – УФ- і ІЧ-лазери.

УФ-лазери можуть випромінювати енергію у кількох заданих довжинах хвиль залежно від суміші хімічних елементів, які застосовуються у джерелі лазерного випромінювання. Найбільш розповсюджені – ексімерні – можуть випромінювати енергію в деяких довжинах хвиль: ArF–193 нм, KrF–249 нм, XeCl–308 нм, XeF–350 нм [5]. Крім того, можуть використовуватися такі лазери, як аргонний (363 нм) і азотний (337 нм). Вищі швидкості твердіння, необхідні для деяких типів покриттів, можуть бути отримані шляхом заміни стандартних ртутних ламп потужними лазерами, які на даний час є прекрасними джерелами випромінювання для досягнення миттєвої полімеризації.

Одна з найважливіших переваг лазерної емісії – велика енергетична продуктивність, сконцентрована у вузькому пучку. Це дає змогу проводити твердіння дуже швидко, ще до того, як почнеться кисневе інгібування. Швидкість лазерного сканування змінюється в межах 6–50 см/с. Композиція, яка найкраще підходить для довжини випромінювання 363.8 нм, містить Irgacure 651 як фотоініціатор у комбінації з тіоксантоновими похідними [6]. За допомогою цих ламп можна отримувати матові поверхні, не використовуючи матуючих добавок. Ефект досягається за рахунок того, що на першій стадії проходить усадження верхніх шарів покриття при полімеризації, що веде до виникнення нерівності покриття, а далі йде твердіння по товщині плівки.

Існує два основних типи ІЧ-лазерів: CO₂ (0.6 мкм) і Nd: YAG (1.06 мкм). Останній має перевагу у тому, що лазерне випромінювання може передаватися за допомогою оптоволоконної системи. Дослідження щодо використання цих типів лазерів для твердіння покриттів на деревині лише починаються.

Мікрохвильове й радіочастотне випромінювання також може застосовуватися для сушіння покриттів шляхом термічної активації. Основний механізм активації включає обертання полярних молекул для орієнтації їх диполів в електричному полі. Ступінь поглинання електричної енергії у діелектричному матеріалі є пропорційним до частоти випромінювання й квадрата на-

пруженості поля. Проте у цій області опубліковані декілька досліджень, і роботи над даною проблемою тільки ведуться.

Література

1. New coating technologies for wood products / M. Tavakoli, S. Riches, J. Shipman, M. Thomas// European Coatings J. – 1997, № 3. – P. 33–40.
2. Scianga D. A. UV curable laminating adhesives// Sartomer ISSUE. – 2000, № 2. – 8 p.
3. Гербер В. Д. Перспективы развития лакокрасочных материалов и технологий для отделки древесины// Лакокрасочные материалы и их применение. – 1999, № 7-8. – С. 58–59.
4. Mariera Luciang Giono, Barca Annibale. Pigmented high thickness coatings// Polym., Paint Colour J. – 1990. – Vol.180, № 4268. – P. 616–618, 620, 622.
5. Kaminski Ernst. UV-lackers- environmental economy for the future// Furniture manufacturer. – 1987. – Vol.52, № 618. – P. 37–38.
6. Ravijst P. Hybrid cure of half acrylates by radiation// RadTech '90, North America, Radiation Curing Conference and Exposition, Proceedings. – Chicago (USA). – 1990. – P. 278.
7. Ready A. F. Plastic fabrication by ultraviolet, infrared induction, dielectric and microwave radiation methods// Plastics technical evaluation centre. – Picatancy arsenal, NJ (USA). – 1992. – P.180–193.

УДК 539.3

Проф. Б.П. Маслов, д-р физ.- мат. наук,
проф. И.А. Цурпал, д-р техн. наук – НАУ, Киев

КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ИЗОТРОПНЫХ ВЯЗКОУПРУГИХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ С МИКРОТРЕЩИНАМИ

Задачи прогнозирования эффективных вязкоупругих свойств трещиноватых тел представляют значительный интерес для механики деформируемых сред, механики материалов и конструкций. Такого рода исследования исключительно важны для моделирования процесса микроразрушения материалов. Деревянные элементы конструкций в значительной мере проявляют реономные свойства, в связи с чем изучение вязкоупругих характеристик неоднородных материалов является весьма актуальным. При этом обычно принимают [1-4], что вязкоупругими, наследственными свойствами обладает матрица, в данном случае – древесина. Для многих вязкоупругих тел напряжения сдвига и соответствующие деформации могут быть связаны оператором

$$\ddot{\mu} = \mu[1 - \xi \Xi_{\alpha}(\beta, t)], \quad (1)$$

где: $\Xi_{\alpha}(\beta, t)$ – дробно-экспоненциальная функция Ю.Н. Работнова

$$\Xi_{\alpha}(\beta, t) = t^{\alpha} \sum_{n=0}^{\infty} (\beta) \frac{t^{n(1+\alpha)}}{\Gamma[(n+1)\alpha + 1]}, \quad (2)$$

$\Gamma(x)$ – гамма-функция; ξ, α, β – параметры вязкоупругого деформирования.

Как известно, действие Ξ_{α} -оператора на постоянную можно приближенно представить