

**В.О. Потапов**, д-р техн. наук

**О.В. Петренко**, канд. техн. наук

**С.О. Шевченко**, асп.

**В.В. Манжай**, магістрант

## **ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКОВАНИХ АНТИАДГЕЗИЙНИХ КОМПОЗИЦІЙ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*Розглянуто перспективний метод модифікування антиадгезійних композицій для харчової промисловості шляхом введення вуглецевих наноструктур, який дозволяє покращити фізико-механічні показники покриття, розширенню температурного інтервалу експлуатації покриття.*

*Рассмотрен перспективный метод модифицирования антиадгезионных композиций для пищевой промышленности путем введения углеродных наноструктур, который позволяет улучшить физико-механические показатели покрытия, расширению температурного интервала эксплуатации покрытия.*

*Promising method for modifying anti-adhesive compositions for the food industry by the introduction of carbon nanostructures discussed in this article, which can improve the physical and mechanical properties of the coating, extended temperature range of coating.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Антиадгезійні покриття в харчовій промисловості застосовують для створення розділового ефекту між формуючою поверхнею й виробом, тобто запобіганню прилипання й пригорання харчової сировини, напівфабрикатів і готової продукції до робочих поверхонь обладнання або інвентарю в найрізноманітніших харчових технологіях. У процесі виробництва (хлібопечення, сироваріння, м'ясо- і рибопереробної промисловості й ін.) продуктам харчування надається певна форма за допомогою відповідного формуючого обладнання. Від способів створення цього ефекту залежать не лише надійність і продуктивність обладнання, але й безпека, якість і вихід готової продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогоднішній час існують три основні сімейства антиадгезійних покриттів: харчові жири; силікони; фторполімери, які докорінно відрізняються один від іншого за хімічним складом [1; 2].

Для забезпечення розділового ефекту найбільш доцільно використовувати стаціонарні покриття, які безпосередньо наносяться

на формуюче оснащення. Залежно від рецептури й технології нанесення покриття можуть бути використані в найрізноманітніших технологічних процесах, починаючи від глибокого заморожування продуктів харчування, їх середньотемпературної обробки (копчення, в'ялення, сушіння, сублімація) і закінчуючи високотемпературною обробкою – до 250<sup>0</sup> С (обсмажування, варіння, випічка). Поряд із температурними параметрами обробки, особливості хімічної природи й фізичної структури різних харчових продуктів диктують необхідність індивідуального підходу до обґрунтування вибору ефективних полімерних матеріалів для антиадгезійних покриттів обладнання й технологічного оснащення харчової промисловості [3].

Серед полімерів, що використовуються для створення захисних покриттів, кремнійорганічні сполуки посідають особливе місце, що зумовлено цінними експлуатаційними властивостями, притаманними лише цьому класу матеріалів. До них, у першу чергу, належать висока термо-, морозо- і світлостійкість. Кремнійорганічні покриття мають незначне водопоглинення і стабільність у широкому інтервалі температур [4].

**Мета та завдання статті.** Використовуючи позитивний досвід застосування кремнійорганічних антиадгезійних композицій для технологічного обладнання підприємств харчової індустрії, виходячи з теоретичних міркувань, експериментальних досліджень, було поставлено завдання розробки модифікованої антиадгезійної композиції для запобігання прилипання харчових продуктів до робочих поверхонь технологічного обладнання шляхом додавання вуглецевих нанотрубок до кремнійорганічного лаку.

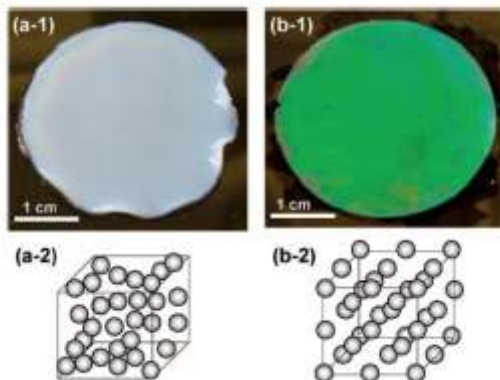
**Виклад основного матеріалу дослідження.** У ході досліджень, які проводилися на кафедрі холодильної та торговельної техніки, встановлено, що ефективне антиадгезійне покриття для технологічного обладнання підприємств харчової індустрії можливе з використанням кремнійорганічних лаків [1]. За умов використання вищезазначених покриттів, які є стаціонарним розподільним шаром, виключається застосування харчових змащень і утворення небажаних побічних продуктів. У цей час складність створення розподільних покриттів харчового призначення зумовлена обмеженим вибором полімерних матеріалів, придатних для покриття поверхонь, що контактують із продуктами харчування й одночасно мають високу термостійкість, а також низьку поверхневу енергію, яка відповідає за рівень адгезійної взаємодії з харчовими середовищами. Покриття на основі поліорганосилоксанових лаків набувають високих антиадгезійних і гідрофобних властивостей, стають пластичними та твердими.

Наприклад кремнійорганічні покриття запобігають пригорянню хліба й хлібобулочних виробів під час випічки, скорочують простої обладнання та втрати сировини. Затверділе кремнійорганічне покриття – тонка еластична плівка, що рівномірно покриває поверхню, має високу вологостійкість, термічну стабільність й антиадгезійну властивість до харчових середовищ. Завдяки застосуванню таких покриттів виключається необхідність змащення форм і інвентарю, на що щорічно витрачаються десятки тисяч тонн рослинних і тваринних жирів. При цьому також потрібно враховувати, що жири, які традиційно використовують для змащення робочих поверхонь, не поліпшують харчової цінності кінцевих продуктів. У низці випадків їхня якість знижується, наприклад, за рахунок потрапляння до продукції обвуглілих продуктів піролізу жирів або утворення дефектної поверхні готового виробу внаслідок недостатньо високого розділового ефекту (часткове пригорання продукту). Завдяки використанню цього покриття готовий виріб відділяється від форми без механічних зусиль, виключається деформація, викривлення форм. У процесі експлуатації кремнійорганічне покриття сприяє рівномірному розподілу тепла за всією поверхнею форми, тоді як форми без покриття піддаються локальному перегріву (тепловим ударами) у місцях утворення нагару. Збільшення терміну служби форм є також фактором експлуатаційної надійності обладнання й економії металу.

Проте поряд із вищеназваними позитивними властивостями, антиадгезійні композиції на основі кремнійорганічних полімерів мають недоліки. Покриття на їх основі мають обмежений термін експлуатації, тобто схильні до механічних пошкоджень та руйнування, що пов'язані з експлуатаційними факторами обладнання. Наприклад антиадгезійні покриття на основі кремнійорганічного лаку КО-921 для жарильних форм, що призначені для випікання хлібобулочних виробів, витримують до 500 обертів на підприємствах харчової промисловості. Далі необхідно старе покриття видалити та нанести нове. Усе це пов'язано з додатковими матеріальними витратами.

Аналізуючи останні досягнення в галузі нанотехнологій [4] нами була проведена спроба модифікувати антиадгезійну композицію, яка включає поліметилфенилсилаксанову смолу в органічних розчинниках, що отримана гідролітичною соконденсацією фенілтрихлорсилану та деметилдихлорсилану з наступною полімеризацією (кремнійорганічний лак КО-921) шляхом введення вуглецевих нанотрубок (ВНТ).

У праці [5] наведено позитивні результати застосування полімерних композитів із ВНТ. У разі додавання ВНТ до полімерної матриці було встановлено що значно поліпшується стійкість та жорсткість покриття. На рис. наведено приклад формування наноструктур із наночасток у полімерах.



**Рисунок 1 - Формування наноструктур із наночасток у полімерах [5]: (a – полімерний композит без ВНТ; b – полімерний композит із ВНТ)**

Як видно з даного рис. За умов введення ВНТ відбувається модифікування кристалічної й надмолекулярної структур полімеру, тобто ВНТ у цьому випадку використовують як центр кристалізації, а також з метою армування структури. Їхнє використання мотивують високими показниками питомої поверхні й поверхневої енергії, що забезпечує утворення нових зв'язків з елементами матеріалу, що модифікується. Вважається, що виконуючи роль запалу наночастки забезпечують одержання матеріалу з більш щільною структурою, а отже, і більш міцного матеріалу до стиску та удару, також, введення ВНТ сприяє підвищенню тріщиностійкості матеріалу та підвищенню його динамічної в'язкості [5].

Звичайно полімери армують наночастками в кількості 2...6 вагових відсотків, хоча розроблені нанокомпозити й з більшим відсотковим вмістом наночасток. Так, Formosa пропонує промисловий продукт мастербатчей поліолефінів зі вмістом наночасток карбонату кальцію, оксидів титану й кремнію до 70% [6].

Властивості отриманих нанокомпозитів визначаються двома основними факторами:

1. Диспергуванням і розподілом наночасток у матриці полімеру.
2. Взаємодією між полімерними ланцюгами та наночастками.

Перше є ключовим для забезпечення бар'єрних властивостей антиадгезійної композиції, а друге – для збільшення фізико-механічних властивостей. Саме особлива структура, розподіл наночасток у матриці полімеру та межі границі роблять нанокompозити відмінними від звичайних полімерних композитів, додаючи унікальні властивості навіть за такого невеликого змісту наночасток як 2...6 вагових відсотки в композиті.

Отже збагачення вуглецевими нанотрубками кремнійорганічного лаку сприятиме покращенню фізико-механічних показників покриття, розширенню температурного інтервалу експлуатації покриття, підвищенню седиментаційної стійкості композиції в процесі зберігання.

Запропонований нами склад модифікованої антиадгезійної композиції для запобігання прилипання харчових продуктів до робочих поверхонь технологічного обладнання орієнтовано на використання компонентів вітчизняного виробництва, що випускаються в промисловому об'ємі, з використанням для її нанесення відомих способів: пензель, валик, повітряний або безповітряний способи розпилення.

Проведені попередні дослідження довели, що модифікована антиадгезійна композиція для запобігання прилипання харчових продуктів до робочих поверхонь технологічного обладнання має такі переваги над аналогом:

- поліпшено фізико-механічні показники покриття;
- розширено температурний інтервал експлуатації покриття;
- підвищено седиментаційну стійкість композиції в процесі зберігання;
- знижено вартість композиції за рахунок зменшення в її складі поліорганосилоксанової смоли;
- знижено витрати композиційного матеріалу за рахунок зниження величини показника покриття;
- покращено технологічні властивості покриття за рахунок усунення прилипання харчової сировини до робочих поверхонь технологічного обладнання.

**Висновки.** Унікальний комплекс фізичних, хімічних та санітарно-гігієнічних властивостей модифікованих вуглецевими наноструктурами антиадгезійних композицій дає змогу удосконалити обладнання, оптимізувати виробництво харчової сировини та

продуктів, підвищити енергоекономічні показники технологічного обладнання широкої номенклатури

#### *Список літератури*

1. Петренко О. В. Підвищення ефективності жарильного обладнання з застосуванням кремнійорганічних речовин: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 : захищена 29.03.2013 р. : затверджена 26.09.2013 / Петренко Олена Володимирівна – Х., 2013. – 175 с.
2. Антипригарные покрытия в хлебопечении [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <<http://tkt-moscow.ru/index.php?name=content&op=view&id=11>>.
3. Мережко Н. В. Властивості та структура наповнених кремнійорганічних покриттів : монографія / Н. В. Мережко. – К.: КНТЕУ, 2000. – 257 с.
4. Нанотехнологии и наноматериалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <<http://portalnano.ru/>>.
5. Озерин А. Н. Полимерные нанокompозиты: перспективы, возможности, результаты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <<http://portalnano.ru/>>.
6. Белкова Т. В. Полимерные нанокompозиты в технологии получения упаковочных материалов с новыми свойствами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <<http://plastinfo.ru/raw/3534>>.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© В.О. Потапов, О.В. Петренко, С.О. Шевченко, В.В. Манжай, 2013.

УДК 631.361.9:635.25

**О.Г. Терешкін**, канд. техн. наук

**Д.В. Горєлков**, канд. техн. наук

**Д.В. Дмитревський**, канд. техн. наук

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЦИБУЛІ РІПЧАСТОЇ**

*Розглянуто процес комбінованого очищення цибулі ріпчастої, подано експериментальну установку для дослідження процесу очищення цибулі, наведено експериментальні дані впливу попередньої термічної обробки на поверхневий шар цибулі ріпчастої.*

*Рассмотрен процесс комбинированной очистки лука репчатого, представлена экспериментальная установка для исследования процесса очистки лука, приведены экспериментальные данные влияния предварительной термической обработки на поверхностный слой лука репчатого.*