

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

УДК 621.181.7

**ЗМІНА ПАРАМЕТРІВ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА
В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ ОБМАЗКИ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОДІВ**

О. Ю. Співак, Л. А. Боднар, Я. А. Єфремов

Експериментально досліджено зміну параметрів сушильного агента в процесі сушіння обмазки зварювальних електродів та вплив початкового вологовмісту обмазки на процес сушіння. Побудовано графічні залежності зміни температури сушильного агента за трьома основними періодами сушіння, залежності зміни відносної вологості і точки роси сушильного агента в процесі сушіння. Дослідження виконувались для вологості обмазки після опресування 4,45 %; 8 %; 10,16 %. Запропоновано механізм утворення дефектів обмазки, що полягає в наступному. На видалення капілярної, майже вільної вологи накладається процес видалення вологи, більш міцно пов'язаної з колоїдними частинками силікатів. Така волога починає видалятися при більш високих температурах. За збільшення температури сушильного агента існує досить висока небезпека перетворення частини капілярної вологи в пару безпосередньо в капілярах. Водяна пара з підвищеним тиском не встигає пройти через капіляр, внаслідок чого обмазка може тріскатися, або навіть відшаруватися від поверхні самого електрода цілими областями (спухати). Підвищення температури (для збільшення інтенсивності процесу сушіння) на цьому етапі крім спухання може призвести до утворення браку у вигляді кільцевих тріщин і відшарування кінця обмазки.

Ключові слова: сушильний агент, вологовміст, відносна вологість, точка роси, колоїдні частинки.

**ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ
ОБМАЗКИ СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ**

А. Ю. Спивак, Л. А. Боднар, Я. А. Ефремов

Експериментально досліджено зміну параметрів сушильного агента в процесі сушки обмазки сварочних електродів та вплив початкового вологовмісту обмазки на процес сушки. Побудовано графічні залежності зміни температури сушильного агента за трьома основними періодами сушки, залежності зміни відносної вологості і точки роси сушильного агента в процесі сушки. Дослідження виконувались для вологості обмазки після опресування 4,45 %; 8 %; 10,16 %. Запропоновано механізм утворення дефектів обмазки, який полягає в наступному. На видалення капілярної, майже вільної вологи накладається процес видалення вологи, більш міцно пов'язаної з колоїдними частинками силікатів. Така волога починає видалятися при більш високих температурах. При збільшенні температури сушильного агента існує досить висока небезпека перетворення частини капілярної вологи в пар безпосередньо в капілярах. Водяний пар з підвищеним тиском не встигає пройти через капіляр, внаслідок чого обмазка може тріскатися, або навіть відшаруватися від поверхні самого електрода цілими областями (вспухати). Підвищення температури (для збільшення інтенсивності процесу сушки) на цьому етапі крім спухання може призвести до утворення браку у вигляді кільцевих тріщин і відшарування кінця обмазки.

Ключевые слова: сушильный агент, влаговміст, відносна вологість, точка роси, колоїдні частинки.

CHANGE THE SETTING OF THE DRYING AGENT IN THE PROCESS OF DRYING WELDING ELECTRODES COATING

O. Spivak, L. Bodnar, JA Efremov

Drying agent parameters variations in the drying process of the electrodes coating and influence of initial moisture content of coating on drying process were investigated experimentally. Dependencies of drying agent temperature vs three main drying periods, relative humidity and dew point were graphed. Investigations were carried out for humidity of the coating after pressuring 4.45%; 8%; 10,16 %.

We propose mechanism of formation of coating defects which is as follows: upon the process of removal of capillary almost free moisture is superimposed a process of removal of moisture more firmly associated with the colloidal particles of silicates.

Such moisture begins to remove at higher temperatures. With increasing temperature of the drying agent there exists sufficiently high risk of vaporization of the capillary moisture directly in the capillaries. Water vapor with high pressure does not manage to pass through the capillary thereby coating can crack or peel off the surface of the whole electrode regions (swell). Increase in temperature (to increase the intensity of the drying process) in this case besides swelling can lead to the formation of defects in the form of circular cracks and delamination.

Keywords: *drying agent, moisture content, relative humidity, dew point, colloidal particles.*

Вступ. Постановка проблеми

Найчастіше інформацію про процес конвективного сушіння матеріалів отримують дослідним шляхом, вважаючи при цьому параметри теплоносія незмінними в процесі сушіння. Однак, при дослідженні кінетики нагріву і конвективного сушіння капілярно-пористих матеріалів [1] втрати значної частини теплоти сушильного агента на випаровування вологи призводять до зменшення температури сушильного агента і до підвищення вологовмісту по мірі його контакту з шаром вологого матеріалу. В цьому випадку дослідний зразок матеріалу контактує з сушильним агентом зі змінними температурою і відносною вологістю. Характер зміни температури в таких випадках визначається сукупністю всіх параметрів процесу тепломасообміну (коефіцієнта тепловіддачі, теплоємності сушильного агента, площі контакту сушильного агента з матеріалом, витратою сушильного агента тощо).

В процесі висушування матеріалу після переходу в зону сушіння з падаючою швидкістю параметри сушильного агента змінюються також і з часом, а характер змін залежатиме від особливостей кінетики процесу сушіння. Тому дані з кінетики сушіння в досить товстих нерухомих шарах матеріалу мають інтегральний характер і можуть використовуватись тільки для розрахунку процесу сушіння шарів саме тієї товщини, за якої проводились експерименти.

В літературі [2] описаний метод дослідження кінетики сушіння, я якому вимірювання зменшення поточного вологовмісту матеріалу виконується за зміною вологості відпрацьованого сушильного агента.

Формулювання мети досліджень

Метою даної роботи є експериментальне дослідження параметрів теплоносія при сушінні обматок зварювальних електродів для вироблення рекомендацій із забезпечення якості покриття.

Основна частина

Найбільш широко застосовують зварювання сталевими електродами, мають на поверхні електродне покриття. Покриття електродів готується з порошкоподібної суміші різних компонентів і наноситься на поверхню сталевого стрижня у вигляді твердіючої пасти. Його призначення – підвищити стійкість горіння дуги, провести металургійну обробку зварювальної ванни і поліпшити якість зварювання.

Експериментально встановлено, що в процесі повітряного сушіння зразків з обмазувальної маси відбувається зменшення їх лінійних розмірів на 2-4 % [3]. Це пов'язано з скороченням об'єму рідкого скла при видаленні з нього вологи. При сушінні покриття електродів товщина плівки рідкого скла зменшується і поперечний переріз капілярів скорочується. У результаті в покритті

електродів виникають усадочні напруги, величина яких може досягти високих значень, що призведе до помітного викривлення та не концентричності обмазки електрода.

Радіальні тріщини, як правило, з'являються при сушінні електродів в місцях їх контакту, що пов'язано з значним уповільненням в цих місцях процесу вологовіддачі. Такі ділянки важко висихають, а виникаючі при цьому усадочні напруги розривають незміцніле покриття по лінії їх зіткнення. Іноді спостерігаються випадки появи тріщин в ділянках покриття електродів, розташованих дуже близько один до одного, де процес сушіння сповільнений і міцність покриття наростає повільніше, ніж в місцях безпосереднього контакту з нагрітим повітрям або газом. З наведених причин в початковий період сушіння електроди повинні бути розкладені поштучно.

В роботі експериментально досліджувались параметри теплоносія (температура, відносна вологість та температура точки роси) при сушінні обмазок зварювальних електродів в промислових печах.

Електроди завантажуються на рамки, що вставляються в рухомий стелаж. Стелаж завантажується в камерну конвективну сушарку і розпочинається сушіння. Сушіння триває до того часу, поки обмазка електродів не буде мати залишкову вологість 0,5 %. Для експериментів були вибрані садки електродів з різною вологістю після пресування.

Зміна відносної вологості теплоносія при сушінні обмазок з часом представлена на рисунку 1. З графіка видно, що відносна вологість сушильного агента обернено пропорційна температурі сушіння.

У першому періоді сушіння (період прогріву), коли на поверхні обмазки є вільна волога а в приповерхневому шарі покриття волога знаходиться в нерівноважному стані (тиск парів води в повітрі менше тиску пари в поверхневому шарі маси), волога буде випаровуватися з поверхні обмазки, на яку вона попадає з капілярів. Разом з тим, матеріал буде прогріватись до температури мокрого термометра.

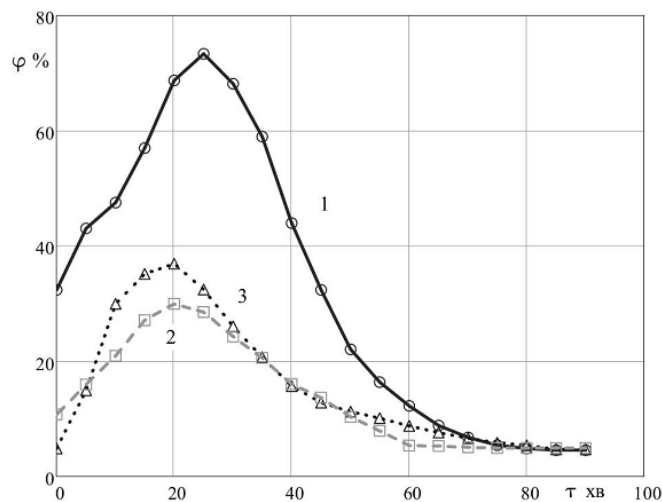


Рисунок 1 – Зміна відносної вологості сушильного агента, в процесі сушіння обмазки електродів
 1 – початкова вологість обмазки 4,45 %; 2 – початкова вологість обмазки 8 %;
 3 – початкова вологість обмазки 10,16 %

В другому періоді (період сушіння з постійною швидкістю) при випаровуванні вільної вологи з поверхні, підвищується концентрація розчину силікату в приповерхневому шарі. Різниця концентрацій буде викликати дифузію. Майже вільна волога буде дифундувати в зовнішні шари. У початковий момент сушіння при наявності значного градієнта температур цьому дифузійному руху вологи будуть перешкоджати капілярні сили, оскільки в капілярі відбувається рух вологи в напрямку градієнта температур, тобто напрямки градієнта концентрацій і градієнта температур будуть протилежно направлені. Температура теплоносія при цьому різко зменшується внаслідок випаровування, що видно на рис. 2.

При рівномірному прогріванні покриття встановиться певний градієнт вологості, що призводить до дифузії вологи з ділянок з більшою вологістю. Швидкість дифузії вологи буде тим більшою, чим інтенсивніше видалається насичена водяна пара з поверхні покриття та з капілярів. Тому при охолодженні електродів нагрітим повітрям поверхня випаровування буде перемішатися в глибину покриття. Це буде тривати до тих пір, поки не видалиться вся капілярна волога.

На рис. 2 видно, що температура теплоносія при цьому постійно зростає. Верхня температура теплоносія обмежена потужністю печі.

Зміна точки роси теплоносія при цьому представлена на рисунку 3.

На видалення капілярної, майже вільної вологи накладається процес видалення вологи, більш міцно пов'язаної з колоїдними частинками силікатів. Така волога починає видалятися при більш високих температурах. Чим вище міцність зв'язку молекул води з колоїдними частинками, тим при більш великих температурах це відбудеться. Міцність зв'язку вологи визначається модулем і видом застосованого рідкого скла, а кількість зв'язаної вологи в основному залежить від кількості сухого залишку рідкого скла. Підвищення температури сушильного агента при цьому вкрай небажане, оскільки існує досить висока небезпека перетворення частини капілярної вологи в пару безпосередньо в капілярах. Водяна пара з підвищеним тиском не встигне пройти через капіляр, внаслідок чого обмазка може тріскатись, або навіть відшарувуватись від поверхні самого електрода цілими областями (спухати).

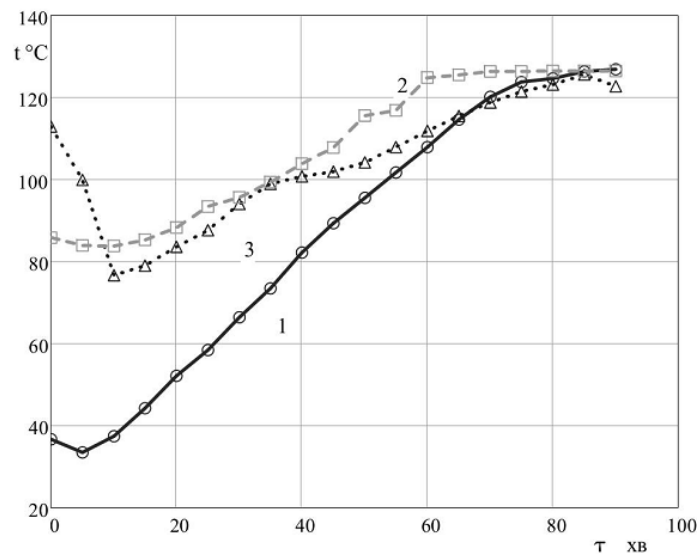


Рисунок 2 – Зміна температури сушильного агента, в процесі сушіння обмазки електродів
 1 – початкова вологість обмазки 4,45 %; 2 – початкова вологість обмазки 8 %;
 3 – початкова вологість обмазки 10,16 %

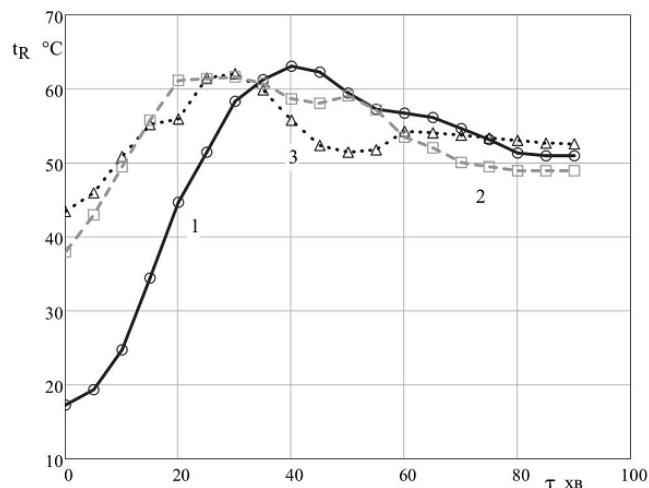


Рисунок 3 – Зміна температури точки роси сушильного агента, в процесі сушіння обмазки електродів
 1 – початкова вологість обмазки 4,45 %; 2 – початкова вологість обмазки 8 %;
 3 – початкова вологість обмазки 10,16 %

Підвищення температури (для збільшення інтенсивності процесу сушіння) на цьому етапі крім спухання може призвести до утворення браку у вигляді кільцевих тріщин і відшарування кінця обмазки.

Висновки

- Процес сушіння обмазок електродів які є капілярно-пористими тілами можна розділити на три періоди: період прогріву, період сушіння з постійною швидкістю і період сушіння з падаючою швидкістю.
- Відносна вологість сушильного агента і точка роси є більш інерційними параметрами ніж його температура, оскільки значення екстремальних точок для цих трьох параметрів в часі не співпадають.
- Початкова вологість обмазки після опресування на кінетику процесу сушіння практично не впливає.

Використана література

1. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
2. Vaneček V. Fluidized Bed Drying / Vaneček V., Drobohlav R., Markvart M. – London, L. Hill, 1965. – 195 p.
3. Левина Н. С. Исследование кинетики нагрева и сушки пористых материалов / Н. С. Левина // Ползуновский вестник, 2008. – № 1, 2. – С. 49-52.

Співак Олександр Юрійович – к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

Боднар Лілія Анатоліївна – к.т.н., ст. викладач кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

Єфремов Ярослав Анатолійович – студент Вінницького національного технічного університету.

Спивак Александр Юрьевич – к.т.н., доцент кафедры теплоэнергетики Винницкого национального технического университета.

Боднар Лилия Анатольевна – к.т.н., ст. преподаватель кафедры теплоэнергетики Винницкого национального технического университета.

Ефремов Ярослав Анатольевич – студент Винницкого национального технического университета.

Spivak Alexander – Ph.D., assistant professor of power engineering Vinnytsia National Technical University.

Bodnar Liliya – Ph.D., p. lecturer in power system Vinnytsia National Technical University.

Efremov Jaroslav – Student Vinnytsia National Technical University.