

**МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЧАСТИНОК ПОРОШКУ ПРИ НАПИЛЕННІ
ПОКРИТТІВ ЕЛЕКТРОДУГОВИМ МЕТОДОМ**

Кустов В.В., *Маковіччук М.В., Роп'як Л.Я. (ІФНТУНГ, *Івано-Франківський відділ
ІППММ ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Івано-Франківськ, Україна)
Тел. +380505408007; E-mail: publishlab@nung.edu.ua

Анотація. Досліджено рух частинок порошку в потоці розпилюючого газу. Визначено координати розташування дозуючої трубки порошкового живильника, та оптимізовано технологічні параметри процесу напилення композиційних покриттів електродуговим методом.

Ключові слова: рух, частинка порошку, дозуюча трубка, покриття.

1. Вступ

Для захисту деталей машин і обладнання від зношування та корозії широке застосування знаходять напилені покриття, нанесені електродуговим, плазмовим, газополуменевим і детонаційним методами. Електродуговий метод має такі переваги над іншими методами напилення: простота конструкції і надійність обладнання; низькі експлуатаційні затрати; висока продуктивність процесу; низькі енергозатрати; не потрібно застосовувати інертні гази.

При використанні в якості електродів дротів з двох різних металів можна отримувати покриття з їх сплавів [1], а для отримання композиційних покриттів застосовують композитні (сформовані із декількох різних матеріалів) або порошкові дроти (трубка із електропровідного матеріалу, заповнена всередині шихтою із різних матеріалів та сполук) [2].

Виготовлення композитних та порошкових дротів є складним технологічним процесом, що впливає на їх вартість. Крім цього, застосування таких дротів не забезпечує отримання покриттів із наперед заданим хімічним складом та фізико-механічними властивостями по товщині напиленого шару.

Тому для розширення технологічних можливостей електродугового методу нанесення покриттів застосовують подавання третього, або декількох дротів із різних матеріалів [3], або подавання частинок порошку [4] в зону плавлення дротів. З цією метою [5] за допомогою спеціальних живильників порошок подається в потік термічної плазми позмотрона. Однак у літературі з питань електродугового методу напилення відсутні дані про координати розташування дозуючої трубки живильника для подавання частинок порошку, що стримує його широке застосування в техніці для отримання композиційних та багатошарових покриттів.

Метою даної роботи є математичне моделювання руху частинок порошку залежно від розташування кінця дозуючої трубки порошкового живильника та швидкості введення частинок у повітряний потік при електродуговому методі напилення для оптимізації технології нанесення покриттів.

2. Основний зміст і результати роботи

Повітряний струмінь, що витікає з сопла електродугового металізаційного апарата у відкритий простір, належить до класу струменів, затоплених у нерухоме повітряне середовище. Схема затопленого струменя наведена на рис. 1. Із зовнішнього боку граничний шар струменя дотикається до нерухомого середовища, при цьому під зовнішньою границею розуміють поверхню, у всіх точках якої складова швидкості руху повітря вздовж осі x дорівнює нулеві ($V_g = 0$). З внутрішнього боку граничний шар

переходить в ядро струменя, що характеризується постійною швидкістю. Тому на внутрішній межі граничного шару струменя розпилюючого повітря швидкість руху потоку дорівнює швидкості його витоку із сопла електродугового металізаційного

апарата ($V_g = V_{g0}$). Ділянка струменя від зрізу сопла до перерізу АВ, що проходить через точку перетину внутрішніх меж граничного шару, називається початковою ділянкою; за перерізом АВ – головною (основною). Областю між внутрішніми межами граничного шару є ядро струменя, а областю між внутрішніми і зовнішніми границями – зона змішування.

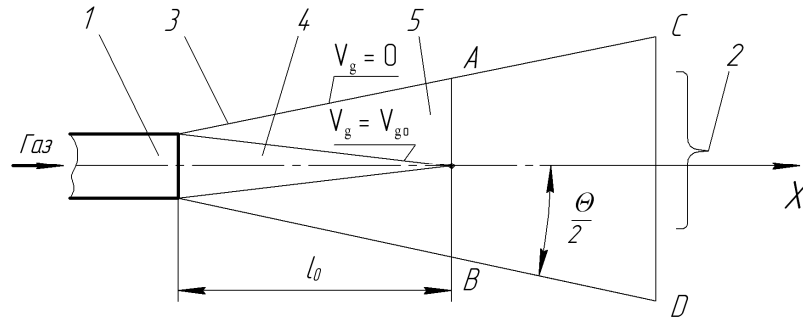


Рис. 1. Схема затопленого струменя: 1 – сопло; 2 – повітряний струмінь; 3 – граничний шар струменя; 4 – ядро струменя; 5 – зона змішування

Для вирішення задачі про рух частинок порошку у процесі електродугового наплення покриття необхідно визначитися з положенням меж розпилюючого струменя газу, що витікає з сопла та із законом зміни швидкості V_g в осьовому і радіальному напрямках.

Закономірності розповсюдження струменя, затопленого в просторі, були досліджені в роботі [6]. Не зважаючи на прийняті припущення у ході розв'язання задачі, отримано залежності розповсюдження струменя задовільно узгоджуються з дослідними даними. Зміна параметрів струменя з урахуванням прийнятих припущень є такою: в ядрі швидкість потоку можна вважати постійною і рівною її середньому значенню в початковому перерізі – на зрізі сопла; в поперечному перерізі зони змішування початкової ділянки параметри струменя змінюються від їх значень в ядрі до значень в оточуючому середовищі; швидкість вздовж осі основної ділянки постійно зменшується, в поперечному перерізі ділянки швидкість змінюється від їх осьових значень до значень в оточуючому середовищі на зовнішній границі струменя; внутрішня і зовнішня границя струменя є конічними поверхнями.

Положення границь струменя визначається половиною кута його розкриття [7]

$$\theta/2 = 3,4 \cdot a,$$

де a - коефіцієнт турбулентності для даного сопла з урахуванням діаметра дротів.

Коефіцієнт a визначається за емпіричним виразом

$$a = \left(0,4 \frac{d_{dp}}{D_0} \right)^{2,56} + a_1,$$

де d_{dp} - діаметр дротів, мм;

D_0 - діаметр повітряного сопла, мм;

a_1 - коефіцієнт турбулентності для даного сопла за відсутності дротів.

За значень $d_{dp} = 2$ мм, $D_0 = 4$ мм, $a_1 = 0,055$ маємо
$$a = \left(0,4 \cdot \frac{0,002}{0,004} \right) + 0,055 \approx 0,07.$$

Тоді $\theta/2 = 3,4 \cdot a = 3,4 \cdot 0,007 = 0,238$ рад. $\approx 13,5^\circ$.

Визначимо довжину початкової ділянки за наведеними вище параметрами згідно з емпіричним виразом [7]

$$\frac{\ell_0}{D_0/2} = \frac{0,67}{a}.$$

Звідси

$$\ell_0 = \frac{0,67 D_0}{2a} = \frac{0,67 \cdot 4}{2 \cdot 0,07} \approx 19 \text{ мм.}$$

Таким чином, отримали залежність, за якою визначаємо початкове положення зрізу дозуючої трубки порошкового живильника за умови, що він знаходитиметься в конусі повітряного струменя і в межах початкової ділянки із урахуванням діаметра дозуючої трубки $d_T = 2$ мм.

Для таких умов приймаємо відстань від зрізу сопла до кінця дозуючої трубки $\ell_T = 10$ мм. Тоді радіус струменя r_c в даному перерізі дорівнює [7]

$$\frac{r_c}{D_0/2} = 3,4 \frac{D_0}{2} \left(0,29 + \frac{a \ell_T}{D_0/2} \right).$$

Звідси

$$r_c = 3,4 \frac{D_0}{2} \left(0,29 + \frac{a \cdot \ell_T}{D_0/2} \right) = 3,4 \cdot 2 \left(0,29 + \frac{0,07 \cdot 10}{2} \right) = 4,5 \text{ мм.}$$

Одержані значення r_c , ℓ_T дають початкову інформацію про координати розташування кінця дозуючої трубки порошкового живильника відносно зрізу та осі сопла металізаційного апарату, а також про умови введення частинок порошку в струмінь розпилюючого повітря у процесі електродугового напилення композиційних покриттів (рис.2).

Для оптимального розташування кінця дозуючої трубки живильника необхідно виконати розрахунок траєкторії руху частинок порошку у вертикальній площині. Залежно від початкової швидкості будемо підбирати координати розташування кінця дозуючої трубки з умови потрапляння частинок порошку до центру області напилення. У ході моделювання руху частинок порошку в струмені газу приймаємо такі припущення: 1) швидкість струменя в радіальному напрямку не враховуватимемо (приймаємо рівною нулю), оскільки ця швидкість є значно меншою від осьової швидкості, тому її значенням можна знехтувати; 2) ділянка та час руху частинок порошку є достатньо малими, що дає підстави швидкість потоку і решту його параметрів вважати сталими величинами; 3) концентрація частинок порошку в струмені повітря – незначна, тож їх присутність суттєво не впливатиме на параметри самого потоку; 4) під час польоту в струмені частинки порошку не змінюють своєї форми та розмірів.

Дослідження проводимо в системі координат O_{xx} з початком у точці перетину осей сопла та дозуючої трубки живильника, спрямувавши вісь X вздовж осі сопла в напрямку поверхні на яку напилюють покриття, а вісь Y – вертикально угору (рис. 2). При цьому частинки порошку здійснюють складний рух, який можна розглядати як результат додавання двох рухів у вертикальній площині: того, що, протікає вздовж осі

y під дією власної ваги G і сили опору F_{on}^y зі швидкістю V_y , та спрямованого вздовж осі x під дією сили опору F_{on}^x .

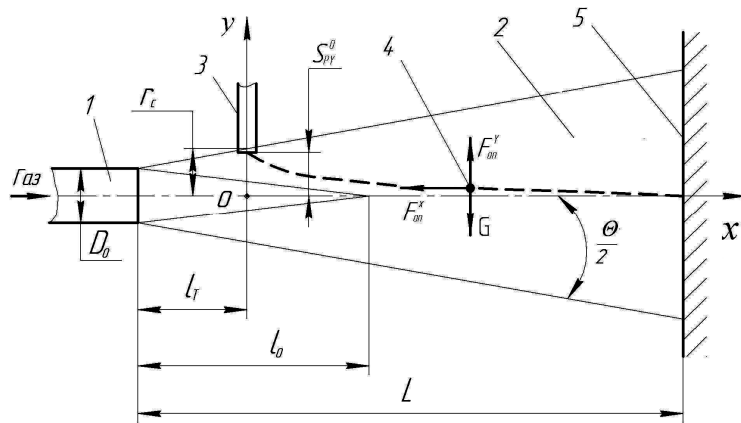


Рис. 2. Схема введення частинок порошку в струмінь розпилюючого повітря у процесі електродугового наплення композиційних покриттів: 1 – сопло; 2 – повітряний струмінь; 3 – дозуюча трубка живильника; 4 – частинка порошку; 5 – поверхня наплення

порошку;

S_p – площа міделевого перерізу частинки, m^2 ;

V_g – швидкість руху розпилюючого газу, m/c ;

V_p – швидкість руху частинки порошку, m/c ;

ρ_g – густина розпилюючого газу, kg/m^3 .

З урахуванням (3) рівняння (1), (2) набудуть вигляду

$$m_p \frac{dV_x}{dt} = \frac{C_d \rho_g (V_{gx} - V_{px})^2}{2} S_p; \quad (4)$$

$$m_p \frac{dV_y}{dt} = \frac{C_d \rho_g (V_{gy} - V_{py})^2}{2} S_p - m_p g. \quad (5)$$

Визначимо константи, що входять до рівняння (4), (5).

Коефіцієнт лобового опору визначається за формулою

$$C_d = \frac{A}{Re} = \frac{A \mu_g}{|V_g - V_p| \rho_g d_p},$$

де Re – число Рейнольдса;

$$A = \frac{6\pi\mu_g r_p}{m_p} = \frac{4,5\mu_g}{r_p^2 \rho_p} \text{ – безрозмірна стала;}$$

μ_g – коефіцієнт динамічної в'язкості газу, $\frac{H \cdot c}{m^2}$;

Рух частинок порошку в струмені розпилюючого газу описується системою диференціальних рівнянь

$$m \frac{dV_x}{dt} = F_{on}^x, \quad (1)$$

$$m \frac{dV_y}{dt} = F_{on}^y - G. \quad (2)$$

Відомо, що сила опору руху частинки порошку у потоці газу визначається за формулою

$$F_{on} = \frac{C_d \rho_g (V_g - V_p)^2 S_p}{2}, \quad (3)$$

де C_d – коефіцієнт лобового опору руху частинки

d_p, r_p – діаметр та радіус сферичної частинки порошку відповідно, м;

ρ_p – щільність матеріалу частинки порошку, кг/м³.

Площа міделового перерізу частинки порошку, м²

$$S_p = \frac{\pi d_p^2}{4}.$$

Маса сферичної частинки порошку, кг

$$m_p = \frac{\pi d_p^3 \rho_p}{6}.$$

Після підстановки вказаних вище сталих та відповідних спрощень рівняння (4) та (5) набудуть такого вигляду:

$$\frac{dV_{px}}{dt} = n(V_{gx} - V_{px}); \quad (6)$$

$$\frac{dV_{py}}{dt} = n(V_{gy} - V_{py}) - g. \quad (7)$$

$$n = \frac{3A\mu_g}{4d_p^2 \rho_p}, \text{ 1/с.}$$

Тут позначено

Розв'яжемо отримані рівняння для визначення складових параметрів руху частинки порошку в потоці розпилюючого повітря. Розглянемо спочатку рівняння (6), що описує рух у горизонтальному напрямку. Відокремимо змінні та проінтегруємо за

часом у діапазоні від 0 до t , задаючи початкову умову $V_{px}|_{t=0} = V_{px}^0$.

Отримаємо

$$\int_{V_{px}^0}^{V_{px}} \frac{dV_{px}}{V_{gx} - V_{px}} = n \int_0^t dt.$$

Звідси

$$-\ln \left| \frac{V_{gx} - V_{px}}{V_{gx} - V_{px}^0} \right| = nt$$

або інакше

$$V_{gx} - V_{px} = (V_{gx} - V_{px}^0) e^{-nt}.$$

Отже, залежність горизонтальної складової швидкості руху частинки порошку від часу описуватиметься співвідношенням

$$V_{px} = V_{gx} - (V_{gx} - V_{px}^0) e^{-nt}.$$

Для визначення шляху, що пройшла частинка вздовж осі Ox $S_{px} = S_{px}(t)$ перепишемо отриману залежність у вигляді

$$V_{px} = \frac{dS_{px}}{dt} = V_{gx} - (V_{gx} - V_{px}^0) e^{-nt}.$$

Проінтегрувавши це рівняння за початкової умови $S_{px}|_{t=0} = S_{px}^0$

$$\int_{S_{px}^0}^{S_{px}} dS_{px} = \int_0^t (V_{gx} - (V_{gx} - V_{px}^0) \cdot e^{-nt}) dt$$

отримаємо залежність для визначення шляху частинки порошку від часу руху в горизонтальному напрямку

$$S_{px} - S_{px}^0 = V_{gx} \cdot t + \frac{V_{gx} - V_{px}^0}{n} (e^{-nt} - e^0),$$

тобто

$$S_{px} = S_{px}^0 + V_{gx} \cdot t + \frac{V_{gx} - V_{px}^0}{n} (e^{-nt} - 1). \quad (8)$$

Аналогічно розв'язуємо диференціальне рівняння (7), задаючи початкові умови $V_{py}|_{t=0} = V_{py}^0$, $S_{py}|_{t=0} = S_{py}^0$. Отримаємо

$$\int_{V_{py}^0}^{V_{py}} \frac{dV_{py}}{n(V_{gy} - V_{py}) - g} = \int_0^t dt.$$

Звідси

$$-\frac{1}{n} \ln \left| \frac{n(V_{gy} - V_{py}) - g}{n(V_{gy} - V_{py}^0) - g} \right| = t$$

або

$$V_{py} = V_{gy} - \frac{g}{n} - \left[V_{gy} - V_{py}^0 - \frac{g}{n} \right] \cdot e^{-nt}. \quad (9)$$

За отриманою залежністю можна визначати вертикальну складову швидкості руху частинки порошку в будь-який момент часу її руху до напилюваної поверхні.

Для визначення шляху, який частинка порошку пройде вздовж осі Oy скористаємось рівнянням

$$V_{py} = \frac{dS_{py}}{dt} = V_{gy} - \frac{g}{n} - \left[V_{gy} - V_{py}^0 - \frac{g}{n} \right] \cdot e^{-nt}. \quad (10)$$

Після його інтегрування отримаємо

$$S_{py} - S_{py}^0 = \left[\left(V_{gy} - \frac{g}{n} \right) \cdot t + \frac{1}{n} \left(V_{gy} - V_{py}^0 - \frac{g}{n} \right) \right] \cdot (e^{-nt} - e^0).$$

Тобто

$$S_{py} = S_{py}^0 + \left(V_{gy} - \frac{g}{n} \right) \cdot t + \frac{1}{n} \left(V_{gy} - V_{py}^0 - \frac{g}{n} \right) \cdot (e^{-nt} - 1). \quad (11)$$

Рівняння (8), (11) описують закон руху частинки порошку в струмені розпилюючого газу.

Шляхом корекції початкових умов визначимо оптимальне розташування кінця дозуючої трубки порошкового живильника, за якого частинки порошку потрапляли б до центру області напилення. Для цього виберемо координати початкового розташування кінця дозуючої трубки на верхній границі струменя, тобто приймемо, що

рух частинки порошку розпочинається із точки $S_{px}^0 = 0$, $S_{py}^0 = 0,002$ м вертикально вниз ($V_{px}^0 = 0$) із початковою швидкістю V_{py}^0 . Тоді рівняння руху набудуть вигляду

$$S_{px} = V_{gx} \cdot t + \frac{V_{gx}}{n} (e^{-nt} - 1);$$

$$S_{py} = S_{py}^0 + \left(V_{gy} - \frac{g}{n} \right) \cdot t + \frac{1}{n} \left(V_{gy} - V_{py}^0 - \frac{g}{n} \right) \cdot (e^{-nt} - 1).$$

Задавшись різними значеннями початкової швидкості V_{py}^0 з умови $S_{px}(t) = L$, де $L = 0,1$ м, числовим методом визначаємо час руху частинки порошку t_1 , с. Розрахунок проводили для таких значень параметрів: $V_{gx} = 150$ м/с, $V_{gy} = 0$ м/с; $d_p = 50 \cdot 10^{-6}$ м;

$\rho_p = 3,9 \cdot 10^3$ кг/м³; $\mu_g = 1,79 \cdot 10^{-5} \frac{H \cdot c}{m^2}$; $A = 33$. Далі знаходили ординату точки потрапляння частинки порошку на напилювану поверхню $h = S_{py}(t_1)$, задавшись з метою виконання умови потрапляння частинки до центру області напилення ($S_{py}(t_1) = 0$) новим положенням кінця дозуючої трубки: $S_{py}^0 - h$. Так, величина $S_{py}^0 - h$ повинна задовольняти умові $S_{py}^0 - h < r_c$. Скорегований таким чином закон руху частинки порошку матиме вигляд

$$S_{px} = V_{gx} \cdot t + \frac{V_{gx}}{n} (e^{-nt} - 1);$$

$$S_{py} = S_{py}^0 - h + \left(V_{gy} - \frac{g}{n} \right) \cdot t + \frac{1}{n} \left(V_{gy} - V_{py}^0 - \frac{g}{n} \right) \cdot (e^{-nt} - 1).$$

Графічні залежності зміни складових векторів швидкості руху та переміщення частинки порошку окислу алюмінію від часу подано на рис. 3, 4 (а – у горизонтальному напрямку, б – у вертикальному напрямку).

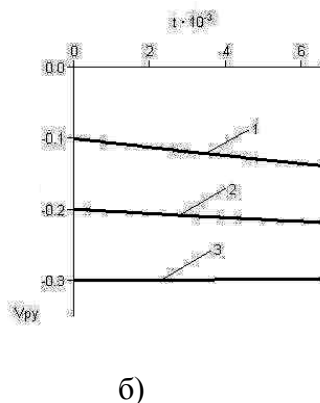
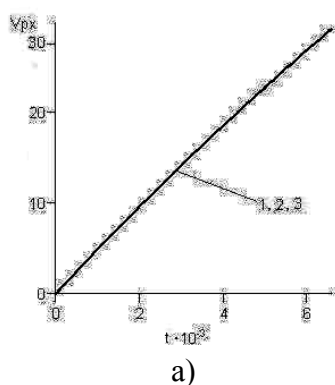


Рис. 3. Залежність складових швидкості частинки порошку Al_2O_3 від часу: 1 – $V_{py}^0 = -0,1$ м/с; 2 – $V_{py}^0 = -0,2$ м/с; 3 – $V_{py}^0 = -0,3$ м/с

Скореговані траєкторії руху частинки порошку окислу алюмінію для різних

значень V_{py}^0 за яких забезпечується потрапляння вказаних частинок до центру області напилення, зображено на рис. 5.

Зауважимо, що розв'язки даних рівнянь дають залежність швидкості руху частинки порошку від часу, що у багатьох випадках є незручним, оскільки у ході проведення дослідів складно контролювати такий технологічний параметр, як час. Тому для

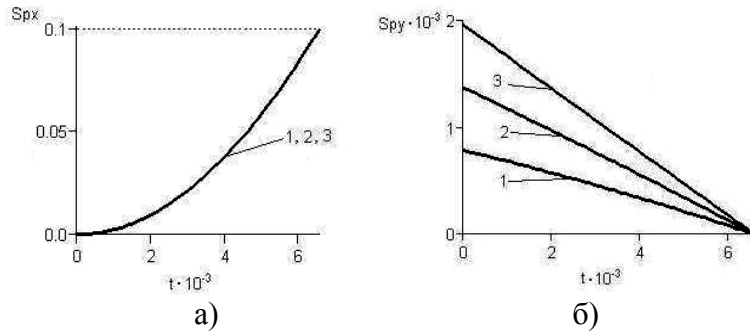


Рис. 4. Зміна складових переміщення частинки

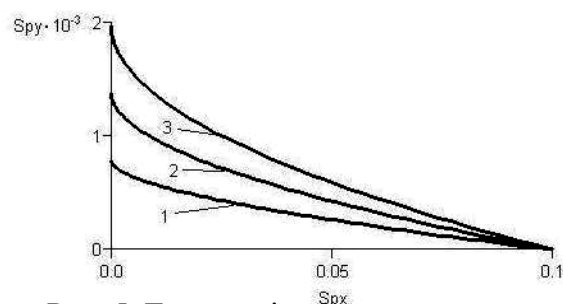


Рис. 5. Траєкторії руху частинки порошку Al_2O_3 при різних значеннях початкової швидкості введення їх у струмінь

розпилюючого газу: 1 – $V_{py}^0 = -0,1$ м/с; 2 – $V_{py}^0 = -0,2$ м/с; 3 – $V_{py}^0 = -0,3$ м/с.

практичного застосування знайдемо залежності швидкості руху частинки порошку від шляху, який вона проходить від місця її введення до довільного перерізу струменя. Для цього з рівнянь (8), (9) виключимо час, скориставшись тотожностями

$$V_x = \frac{dS_x}{dt}; \quad V_y = \frac{dS_y}{dt},$$

звідси

$$dt = \frac{dS_x}{V_x} = \frac{dS_y}{V_y}.$$

Тоді диференціальні рівняння руху частинки порошку в струмені розпилюючого газу набудуть вигляду

$$V_{px} \frac{dV_{px}}{dS_x} = n(V_{gx} - V_{px}); \quad (12)$$

$$V_{py} \frac{dV_{py}}{dS_y} = n(V_{gy} - V_{py}) - g. \quad (13)$$

Проінтегрувавши дані рівняння отримаємо значення компонент вектора швидкості руху в будь-якій точці траєкторії. Для горизонтальної складової швидкості маємо

$$\int_{V_{px}^0}^{V_{px}} \frac{V_{px} dV_{px}}{V_{gx} - V_{px}} = n \int_{S_x^0}^{S_x} dS_x.$$

Звідси

$$-V_{gx} \ln \left| \frac{V_{gx} - V_{px}}{V_{gx} - V_{px}^0} \right| - (V_{px} - V_{px}^0) = n(S_x - S_x^0).$$

Якщо при $t = 0$ задаємо $S_x^0 = 0$, $V_{px}^0 = 0$, то

$$V_{gx} \ln \left| \frac{V_{gx} - V_{px}}{V_{gx}} \right| + V_{px} = -nS_x. \quad (14)$$

Аналогічно для вертикальної складової швидкості

$$\int_{V_{py}^0}^{V_{py}} \frac{dV_{py}}{V_{gy} - V_{py} - g/n} = n \int_{S_y^0}^{S_y} dS_y,$$

Звідси отримаємо

$$-(V_{gy} - g/n) \ln \left| \frac{V_{gy} - V_{py} - g/n}{V_{gy} - V_{py}^0 - g/n} \right| - (V_{py} - V_{py}^0) = n(S_y - S_y^0) \quad (15)$$

Графічні залежності зміни складових швидкості руху частинки порошку від величини переміщення при різних значеннях початкової швидкості введення цих частинок у струмінь розпилюючого газу подано на рис. 6 (а – проекція на вісь X , б – проекція на вісь Y).

3. Висновки

Отже, згідно з результатами досліджень точність транспортування частинок порошку в задану точку зони напылення композиційного покриття можна досягти

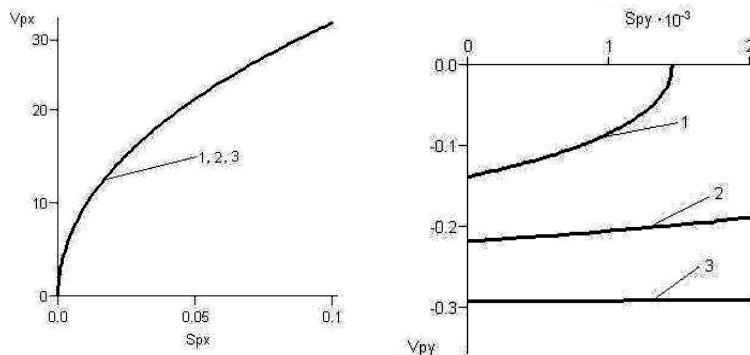


Рис. 6. Зміна складових швидкості руху частинки порошку Al_2O_3 залежно від величини пройденого нею шляху вздовж осей координат у

струмені розпилюючого газу: 1 – $V_{py}^0 = -0,1$ м/с;

2 – $V_{py}^0 = -0,2$, 3 – $V_{py}^0 = -0,3$,

напыления / Пер. с японского С.Л. Масленникова. – М.: Машиностроение, 1975. – 288 с. 2. Электродуговые відновні та захисні покриття / В.І. Похмурський, М.М. Студент, В.М. Довгунік, Г.В. Похмурська, І.Й. Сидорак. – Львів: Національна академія наук України, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка. – 2005. – 192 с. + вклейка 8 с. 3. Хасуй А., Мorigаки О. Наплавка и напыление / Пер. с японского В.Н. Попова. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с. 4. Патент на винахід України № 40784 МПК С 23 С4/04, 26/02, 28/00 Установка для напыления композиційних покриттів електродуговым методом [Текст] / Кустов В.В., Роп'як Л.Я. 2003. Бюл. № 12. – 3 с. 5. Бекетов А.И., Кузьмин В.И., Картаев Е.В., Михальченко А.А., Исаенко Р.В. Оптимизация ввода дисперсного материала в поток термической плазмы плазмотрона для напыления защитных и износостойких покрытий / Сибирский научный вестник // Новосибирский научный центр „Ноосферные знания и технологии” Российской академии естественных наук. Вып. XII. Новосибирск: Изд. НГАВТ, 2009. - С. 148-151. 6. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика – М.: Наука, 1976. – 888 с. 7. Металлизация распылением / Катц Н.В., Антошин Е.В., Вадивасов Д.Г., Вольперт Г.Д., Каминский Л.М. – М.: Машиностроение, 1966. – 200 с.

шляхом визначення місця розташування кінця дозуючої трубки порошкового живильника та оптимізації технологічних параметрів процесу електродугової металізації.

У подальшому розвитку досліджень траєкторії руху частинок порошку слід взяти до розгляду вертикальну складову швидкості розпилюючого газу, що буде змінюватися по перерізу струменя.

Список літератури: 1.

Хасуй А. Техника

MODELING MOTION OF POWDER PARTICLES BY SPRAYING COATINGS ELECTRO ARC METHOD

Kustov V.V., *Makoviychuk M.V., Ropyak L.Y. (IFNTUNG, *Ivano-Frankivs'k department IPPMM of the name of Y. Pidstrigacha of NAN of Ukraine, city Ivano-Frankivs'k, Ukraine)

Abstract: Motion of particles of powder is investigational in the stream of dispersive gas. The coordinate of establishment of batching tube of powder metering device is explained and the technological parameters of process of causing of composite coatings are optimized by electro- arc metallization.

Key words: motion, batching tube, power particle, coatings.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ПОРОШКА ПРИ НАПЫЛЕНИИ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ

Кустов В.В., *Маковийчук М. В., Ропяк Л.Я. (ИФНТУНГ, *Ивано-Франковский отдел ИППММ им. Я.С. Пидстрыгача НАН Украины, г. Ивано-Франковск, Украина)

Аннотация. Исследовано движение частиц порошка в потоке распыляющего газа. Определено координаты размещение дозирующей трубки порошкового питателя и оптимизировано технологические параметры процесса напыления композитных покрытий электродуговым методом.

Ключевые слова: движение, частица порошка, дозирующая трубка, покрытие

Надійшла до редколегії 15.02.2011