

The work proves that one way to increase the quality of perforations is to enhance their refinement at the stage of finishing operations. This helped to set the aim of the work to review existing methods of finishing refinement of perforations and their influence on the surface quality options.

It has been proved that the application of the methods of mechanical refinement of perforations and surface plastic deformation allows to achieve high geometrical characteristics of surface quality but it does not solve the problem of increasing of hardwearing and antifriction qualities of the friction surface, which is extremely necessary during the process of bedding. The usage of traditional methods of coating application increases antifriction and hardwearing qualities of the surface but we lack the possibility to form the optimal microgeometry of the surface.

Combined refinement allowing to combine the advantages of different methods of perforations finishing refinement has been proposed as the most effective one. For instance, the possibility to combine finishing antifriction nonabrasive refinement with the methods of surface plastic deformation, in particular with deformational drawing, will allow to increase the process productivity and quality of perforations finishing refinement.

quality, finishing refinement, perforation, combined refinement

Одержано 10.03.16

УДК 621.791.9:669.018.25

І.Ф. Василенко, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, Україна,

E-mail: vasylenko_ivan@mail.ru

Фізичні процеси при формуванні композиційних покриттів контактним наварюванням порошкових дротів

З метою підвищення довговічності валів сільськогосподарської техніки важливим є визначення режимів контактного наварювання порошкових дротів для нанесення композиційних покриттів. У статті відображено результати теоретичних досліджень розмірів та геометрії присадного матеріалу та їх зміни в процесі контактного наварювання. Проведені дослідження відкривають можливість теоретичного визначення режимів контактного наварювання порошкового дроту в залежності від потрібної товщини композиційного покриття на деталях сільськогосподарської техніки та його щільності.

порошковий дріт, контактне наварювання, площа контакту

И.Ф. Василенко, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет, г. Кировоград, Украина

Физические процессы при формировании композиционных покрытий контактной наваркой порошковых проволок

С целью повышения долговечности валов сельскохозяйственной техники важным является определение режимов контактной наварки порошковых проволок для нанесения композиционных покрытий. В статье отражены результаты теоретических исследований размеров и геометрии присадочного материала и их изменение в процессе контактной наварки. Проведенные исследования открывают возможность теоретического определения режимов контактной наварки порошковой проволоки в зависимости от нужной толщины композиционного покрытия на деталях сельскохозяйственной техники и его плотности.

порошковая проволока, контактная наварка, площадь контакта

© І.Ф. Василенко, 2016

Постановка проблеми. Значна кількість деталей сільськогосподарської техніки вітчизняного виробництва не витримує запланованого ресурсу роботи, особливо це стосується деталей типу “вал”, зокрема валів посівної техніки [4, 5]. У зв'язку з цим проблема підвищення довговічності валів є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо [1, 2, 3, 6, 8], що найбільш зносостійкими в умовах абразивного зношування є матеріали, що складаються з пластичної матриці та твердого тугоплавкого наповнювача, твердість якого має бути вищою за твердість абразивних зерен.

Найповніше зберегти корисні властивості матеріалів покриттів, що частково втрачаються при розплавленні присадного матеріалу, дозволяє контактне наварювання, яке забезпечує нанесення покриттів в твердій фазі.

Контактне наварювання – один з різновидів зварювання металів тиском. Процес контактного наварювання здійснюється пластичним деформуванням присадного матеріалу, нагрітого спільно з матеріалом деталі у зоні деформації імпульсами електричного струму. Найбільш технологічними матеріалами для контактного наварювання композиційних покриттів є заздалегідь сформовані матеріали, зокрема порошкові дроти.

Порошковий дріт складається з тонкої металевої оболонки, яка заповнена порошковим матеріалом, який власне визначає властивості покриття [3].

Оболонка захищає порошковий матеріал від надмірного окислення при нагріванні, створює напружений стан близький до всебічного стиску, попереджує електророзрядний процес, який призводить до перегріву та розплавлення частинок. Вона сприяє нагріванню та попередньому ущільненню порошкового шару до проходження електричного струму через порошок, оскільки на початку імпульсу струм іде через оболонку. Це попереджає передчасне зварювання частинок між собою й утворення покриття з надмірною пористістю [8].

Постановка завдання. Для визначення режимів контактного наварювання важливе значення має інформація про розміри та геометрію присадного матеріалу, а також їх зміну в процесі контактного наварювання. Метою даної роботи є аналітичне дослідження деформаційних процесів при контактному наварюванні.

Виклад основного матеріалу. Основним процесом при формуванні покриттів контактним наварюванням є термопластична деформація присадного матеріалу. Характер цієї деформації при наварюванні порошкових матеріалів у металевій оболонці визначає конфігурацію та геометричні розміри навареного валика, міцність зчеплення оболонки з деталлю, на яку наноситься покриття, а також фізико-механічні й експлуатаційні властивості нанесених композиційних покриттів.

Зауважимо також, що пластична деформація при контактному наварюванні має дві стадії протікання: холодне деформування до увімкнення імпульсу струму при високій пористості порошкового матеріалу в оболонці та гаряче деформування при нагріванні матеріалу порошкового дроту електричним струмом, що проходить через матеріал.

Внаслідок попередньої холодної деформації збільшується площа контакту між оболонкою порошкового дроту та деталлю, змінюється щільність порошку в оболонці, що призводить до зміни умов нагрівання й деформування порошку порошкового дроту, а також приконтактного об'єму деталі.

Для теоретичного розрахунку режимів контактного наварювання необхідно знати такі величини: h – товщину та ширину b порошкового дроту після холодного деформування, площу контакту між оболонкою й деталлю F_k , щільність порошкового матеріалу у металевій оболонці n_l . Вказані величини залежать від багатьох факторів:

тиску, фізико-механічних властивостей та геометричних розмірів складових порошкового дроту, діаметра ролика-електрода, коефіцієнта тертя між матеріалами оболонки й деталі, щільності порошку в оболонці та ін.

Дослідження процесу і параметрів контактного наварювання, проведені у роботах [9] показують, що встановлений процес характеризує сукупність рівнянь:

$$D_e \alpha_1^2 + D_d \alpha_2^2 = 2(d - h); \quad (1)$$

$$\varphi_2 D_e = \varphi_1 D_d; \quad (2)$$

$$\xi + K_1 - K_2 > \varphi_1 + \varphi_2, \quad (3)$$

де D_e, D_d – відповідно діаметри ролика-електрода та деталі;

d – товщина порошкового дроту до деформування;

K_1, K_2 – коефіцієнти тертя порошкового дроту по матеріалу ролика-електрода і деталі;

α_1, α_2 – відповідно кути захвату ролика-електрода і деталі;

φ_1, φ_2 – відповідно кути тертя між електродом та порошковим дротом і між деталлю та порошковим дротом.;

$\xi = \frac{Q}{P}$ – зведена рівнодійна сил, що діють на порошковий дріт у зазорі між

роликом-електродом і деталлю;

Q – рівнодійна сил;

P – зусилля притискування ролика-електрода.

Характер розподілу сил у зоні КН відображає рис. 1. Рівнодійна сил дорівнює

$$Q = T_1 + T_2 - P_1 \sin \varphi_1 - P_2 \sin \varphi_2, \quad (4)$$

де T_1, T_2 – відповідно сили тертя між електродом та порошковим дротом і між деталлю та порошковим дротом, P_1, P_2 – сили тиску ролика-електрода та деталі на порошковий дріт.

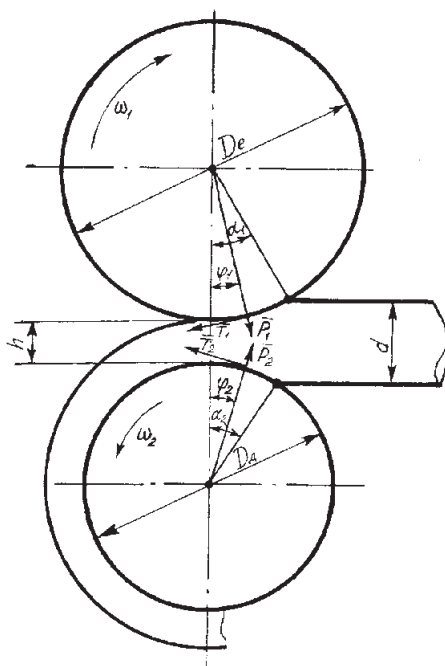


Рисунок 1 – Схема сил, що діють на порошковий дріт при контактному наварюванні

Внаслідок малості кутів φ_1 та φ_2 вираз (4) матиме вигляд

$$Q = T_1 + T_2 - P_1\varphi_1 - P_2\varphi_2. \quad (5)$$

Для встановленого процесу деформування необхідне виконання умови [9]:

$$\frac{\alpha_1}{\varphi_1} = \frac{\alpha_2}{\varphi_2}. \quad (6)$$

Оскільки $\varphi(\alpha)$ є функцією, що характеризує процес, розкладемо її у ряд Тейлора в околі точки $\varphi = 0$ і припустимо, що всі похідні, починаючи з другої у точці $\varphi = 0$ дорівнюють нулю, а також $\varphi(0) = 0$,

$$\varphi(\alpha) \approx \varphi'(0)\alpha = \frac{\alpha}{\psi}, \quad (7)$$

де ψ – величина, яка характеризує усталеність процесу контактного наварювання і залежить від фізико-механічних характеристик складових матеріалів порошкового дроту. Цю величину можна визначити, знаючи характер зміни тиску по дузі захвату ролика-електрода, тобто епюру $P(\Theta)$ – сили реакції при $0 \leq \Theta \leq \alpha$.

Рівнодійна сил спрямована під кутом φ , який можна визначити з виразу:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\int_0^{\alpha} P(\Theta) \sin \Theta d\Theta}{\int_0^{\alpha} P(\Theta) \cos \Theta d\Theta}, \quad (8)$$

де вирази в чисельнику та знаменнику – відповідні проекції рівнодійної сил на осі OY і OX.

Дослідження [9] показують, що залежність $P(\Theta)$ найчастіше має вигляд (рис. 2) і може описуватися співвідношенням

$$P(\Theta) = \begin{cases} P_{\max}, & 0 \leq \Theta \leq \gamma \\ P_{\max} \frac{\alpha - \Theta}{\alpha - \gamma}, & \gamma \leq \Theta \leq \alpha, \end{cases} \quad (9)$$

де γ – нейтральний кут, що визначає максимальне значення нормального контактного тиску.

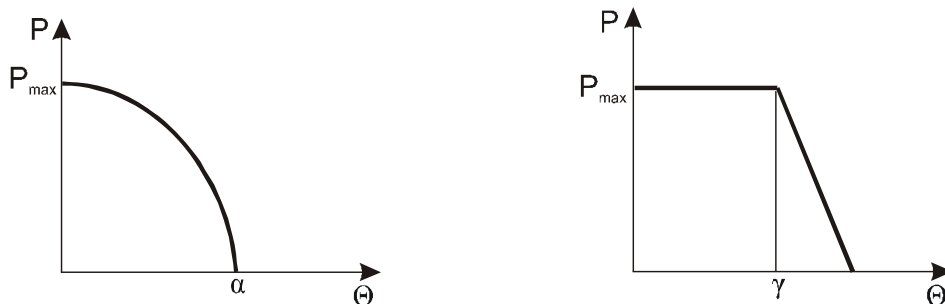


Рисунок 2 – Схема розподілу нормального контактного тиску за довжиною дуги захвату

Враховавши (9) при обчисленні інтегралів у чисельнику та знаменнику виразу (8) і спростивши вирази, виходячи з малості кутів і розкладу їх функцій у ряд Тейлора, маємо

$$\varphi \approx \frac{\alpha}{3}. \quad (10)$$

Якщо схема розподілу тиску описується функцією [9]

$$P(\Theta) = P_{\max} (\cos \Theta - \cos \alpha), \quad (11)$$

то кут тертя дорівнює $\varphi = \frac{3\alpha}{8}$, а величина ψ набуває значення $\psi = \frac{8}{3} \approx 2,7$.

Розв'язуючи систему рівнянь (1)–(2), отримаємо

$$\varphi_1 = \frac{2}{\psi} \sqrt{\frac{(d-h)D_o}{(D_e + D_o)D_e}}, \quad (12)$$

$$\varphi_2 = \frac{2}{\psi} \sqrt{\frac{(d-h)D_e}{(D_e + D_o)D_o}}. \quad (13)$$

Підставивши (12) і (13) у вираз (3), маємо

$$\xi + K_2 - K_1 > \frac{2}{\psi} \sqrt{\frac{(d-h)(D_e + D_o)}{D_e D_o}}. \quad (14)$$

При схемі розподілу тиску (11) після деяких тригонометричних перетворень матимемо

$$P = P_{\max} \left(\frac{\alpha^8}{64} + \frac{\alpha^3}{3} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (15)$$

Оскільки $\alpha^8 \ll \alpha^3$, то

$$P = P_{\max} \frac{\alpha^{3/2}}{\sqrt{3}}. \quad (16)$$

Для ролика-електрода згідно з роботою [9] зусилля притискування визначається за виразом

$$P_1 = \frac{P}{\cos \varphi_1 - K_1 \sin \varphi_1} = P(1 + K_1 \varphi_1). \quad (17)$$

Використавши вирази (16) і (17), після деяких перетворень маємо

$$P_1 = \frac{\sqrt{3} P_{\max} (1 + K_1 \varphi_1)}{(\psi \varphi_1)^{3/2}}, \quad (18)$$

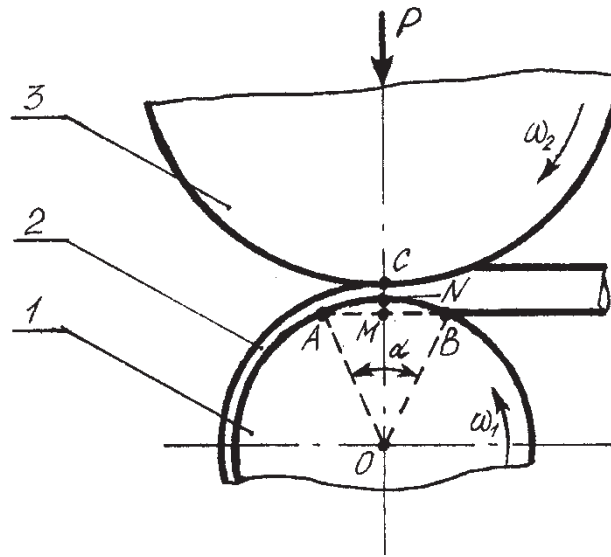
де φ_1 визначається за виразом (12).

За час нагрівання протягом одного імпульсу струму при неперервному обертанні відновлюваної деталі частина деформованого порошкового дроту в точці А (рис. 3) виходить з-під контакту зварювального ролика. В цей час у точку В надходить нова ділянка дроту, яка нагрівається імпульсом струму і деформується.

Виходячи з рис. 3, довжину контактної площинки можна розрахувати за виразом

$$l_{\kappa} = \frac{1}{2} D_o \arccos \left(1 - \frac{d-h}{D_o} \right), \quad (19)$$

$$\text{де } \left(1 - \frac{d-h}{D_o} \right) = \cos \frac{\alpha}{2}.$$



1 – відновлювана деталь; 2 – порошковий дріт; 3 – ролик-електрод

Рисунок 3 – Схема для визначення геометричних розмірів площинки покриття, що наварюється одиничним імпульсом струму

Величину площі контактної площинки визначимо за розрахунковою довжиною l_k та шириною навареного валика b

$$F_k = 2l_k b. \quad (20)$$

Площа перерізу навареного валика визначається за виразом

$$S_g = K_o \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (21)$$

де K_o – коефіцієнт осьової деформації порошкового дроту.

З іншого боку, площа перерізу дорівнює:

$$S_g = b \cdot h. \quad (22)$$

Порівнюючи праві частини виразів (21) та (22), отримаємо

$$b = K_o \frac{\pi d^2}{4h}, \quad (23)$$

$$K_o = \frac{4bh}{\pi d^2}. \quad (24)$$

Вираз (24) потребує проведення аналізу процесу деформації порошкового дроту під час контактного наварювання. За даними роботи [9] у випадку контактного наварювання $K_o \approx 0,7$.

Підставивши вирази (19) і (23) у (20), маємо вираз для визначення площі контакту і об'єму валика, що наварюється за час одиничного імпульсу:

$$F_k = \frac{\pi d^2 K_o D_o}{4h} \arccos \left(1 - \frac{d-h}{D_o} \right), \quad (25)$$

$$V_1 = \frac{\pi d^2 K_o D_o}{4} \arccos \left(1 - \frac{d-h}{D_o} \right). \quad (26)$$

Площа контакту і об'єм валика, навареного одиничним імпульсом, суттєво залежить як від параметрів режиму наварювання (сили струму, тривалості імпульсу

струму, зусилля на електроді), так і від геометрії порошкового дроту. Зауважимо, що згідно з дослідженнями [9], зміна товщини оболонки суттєво не впливає на площу контакту.

Одержані дані відкривають можливість теоретичного визначення режимів контактної наварювання порошкового дроту в залежності від потрібної товщини композиційного покриття на деталях сільськогосподарської техніки та його щільності, тобто для даної величини деформації складових порошкового дроту.

Список літератури

1. Белоусов В. Я. Долговечность деталей машин с композиционными материалами / В. Я. Белоусов. – Львов: Вища школа, 1984. – 180 с.
2. Василенко І.Ф. Дослідження властивостей композиційних покриттів, нанесених контактним наварюванням порошкових дротів / І.Ф.Василенко // Збірник наукових праць КНТУ «Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – 2014.– Вип. 27.– С. 60-67.
3. Василенко І.Ф. Вибір матеріалів порошкових дротів для нанесення композиційних покриттів/ І.Ф.Василенко// Збірник наукових праць КНТУ «Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – 2015. – Вип. 28 – С. 154-159.
4. Василенко І.Ф. Дослідження динаміки спрацювання деталей посівних машин / І.Ф.Василенко // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник “Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин”. – 2003.– Вип. 33. – С. 341-345.
5. Василенко І.Ф. Результати спостережень за спрацюванням деталей посівних машин у господарствах Кіровоградського району/ Збірник наукових праць КДТУ “Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація”. – 2003. – Вип. 13. – С. 352-358.
6. Добровольский А.Г. Абразивная износостойкость материалов / А.Г. Добровольский, П.И. Кошеленко. – К.: Техника, 1989. – 128 с.
7. Дорожкин Н.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин / Н.Н.Дорожкин, В.Н.Гимельфарб – Минск: Ураджай, 1987. – 140с.
8. Красота М.В. Дослідження характеристик покриттів, нанесених контактним наварюванням композиційних дифузійно-легованих порошків системи Fe-B-C/ М.В.Красота, І.Ф.Василенко, І.В.Шепеленко// Вісник Харківського державного технічного університету сільськогосподарства “Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні”. – Харків: ХДТУСГ, 2004.– Вип.23.– С. 247-250.
9. Пресняков В. А. Разработка и исследование процесса электроконтактной наварки порошковых материалов в металлической оболочке: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Ростов-на-Дону, 1992. – 16 с.

Ivan Vasylenko, Assos. Prof., PhD tech. sci.

Kirovograd National Technical University, Kirovohrad, Ukraine

Physical processes in the formation of composite coatings resistance welding flux-cored wires

In order to determine the necessary conditions must be analytically explore occur during contact welding deformation processes.

The work was analytically studied thermoplastic deformation of the filler flux-cored wire. Thus we considered two stage flow deformation: cold deformation before switching current impulse with a high porosity of the particulate material in the shell and hot deformation by heating of material flux-cored wire electric shock. The studies provided information on changes in the size and shape of flux-cored wire in the process of contact welding.

The findings open the possibility of theoretically determining the mode of contact welding flux-cored wires according to the required thickness and density of the composite coating.

flux-cored wire, contact welding, contact area

Отримано 11.01.16