

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 621.664

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.173-181>

Ю.В. Кулешков, проф., д-р техн. наук, **М.В. Красота**, доц., канд. техн. наук, **Т.В. Руденко**, доц., канд. техн. наук, **Р.А. Осін**, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: krasotamv@ukr.net

Дослідження розподілення електричного струму при відновленні автомобільних деталей контактним наварюванням

В статті розглянуті причини нерівномірності густини електричного поля при контактному наварюванні компактних (дріт, стрічка) та порошкових матеріалів при відновленні деталей автомобілів. Нерівномірність густини струму визначає нерівномірне розподілення температурного поля в зоні утворення литого ядра і впливає на якість наварених покриттів. При контактному наварюванні компактних матеріалів відбувається недогрівання центральної зони ядра, що спричиняється дією геометричного, температурного і магнітоелектричного чинників. При наварюванні порошкових матеріалів густина електричного поля вища в центральних зонах, що обумовлюється більш високим ступенем ущільнення порошкового матеріалу в цій зоні. При наварюванні порошкового матеріалу центральна зона нагрівається до більш високих температур ніж граничні зони. Неоднорідні електричні поля при контактному наварюванні розглянутих матеріалів приводять до зниження функціональних властивостей покриттів.

контактне наварювання, роликівий електрод, лінії струму, порошковий матеріал, покриття

Ю.В. Кулешков, проф., д-р. техн. наук, **М.В. Красота**, доц., канд. техн. наук, **Т.В. Руденко**, доц., канд. техн. наук, **Р.А. Осін**, доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Исследование распределения электрического тока при восстановлении автомобильных деталей контактной наваркой

В статье рассмотрены причины неравномерности плотности электрического поля при контактном наваривании компактных (проволока, лента) и порошковых материалов при восстановлении деталей автомобилей. Неравномерность плотности тока определяет неравномерное распределения температурного поля в зоне образования литого ядра и влияет на качество наваренных покрытий. При контактном наваривании компактных материалов происходит недогрев центральной зоны ядра, что вызывается действием геометрического, температурного и магнитоэлектрического факторов. При наваривании порошковых материалов плотность электрического поля выше в центральных зонах, что обуславливается более высокой степенью уплотнения порошкового материала в этой зоне. При наваривании порошкового материала центральная зона нагревается до более высоких температур, чем граничные зоны. Неоднородные электрические поля при контактной наварке рассмотренных материалов приводят к снижению функциональных свойств покрытий.

контактная наварка, роликівий електрод, линии тока, порошковий матеріал, покриття

Постановка проблеми. Контактне наварювання є одним з найбільш продуктивних і економічних способів нанесення покриттів при відновленні автомобільних деталей.

© Ю.В. Кулешков, М.В. Красота, Т.В. Руденко, Р.А. Осін, 2020

При відновленні деталей методами контактного наварювання використовують, в основному, два типи матеріалів – компактні (дроти, стрічки) та порошкові матеріали.

При контактному наварюванні процес утворення покриття відбувається в результаті нагрівання до пластичного стану деталі та матеріалу, що наварюється.

На теперішній час наварювання покриттів з компактних та порошкових матеріалів, що відрізняється високою продуктивністю і забезпечує стабільну якість з'єднань, застосовується в автомобільному, а також сільськогосподарському машинобудуванні та інших галузях при відновленні та зміцненні деталей.

Якість наварювання покриттів забезпечується виконанням повного технологічного циклу, що складається з окремих операцій: попереднього стискання матеріалу електродами машини, нагріванням матеріалу та деталі з утворенням литої зони, і охолодження з'єднання після наварювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У процесах деформації і рекристалізації можливо виділити інкубаційний період, що характеризується лінійним зростанням зерна [1]. Починаючи з деякої температури спостерігається утворення осередків, що інтенсифікують процес рекристалізації. При цьому пластичність металів знаходиться в складній залежності від температури процесу. В результаті нерівномірного нагрівання литої зони і деформації її при стискуванні електродами можливе утворення тріщин і надривів [1, 2]. Б. Ф. Якушин [3] показав, що такі тріщини виникають при швидкості деформації в температурному інтервалі ламкості, який більший деякого граничного «темпу» деформації.

При контактному наварюванні покриттів з компактних матеріалів частина зусилля, прикладеного до електроду, витрачається на деформацію дроту чи стрічки в зоні наварювання. Тому, при виборі режиму наварювання покриттів з компактних матеріалів необхідно враховувати властивості матеріалів деталей та покриттів [4-6].

Режим наварювання характеризується величиною струму, тиском між електродами, розміром і формою контактної поверхні електродів, при цьому струм і тиск є функцією часу [6, 7].

Як зазначає Б. Д. Орлов, [1], міра нагрівання поверхні при наварюванні лише побічно пов'язана з температурою плавлення в середині зварювального контакту. Цей зв'язок порушується, наприклад, при забрудненні поверхні деталі. Після припинення імпульсу зварювального струму відбувається кристалізація розплавленого металу. Характер кристалізації визначається теплопередачею в електроди і зварювані деталі. Метал ядра знаходиться під впливом розтягуючих напружень, що виникають і що розвиваються в зварній точці внаслідок усаджування шва. Усаджування металу може викликати дефекти ядра: пори, тріщини [1, 2]. Ущільнення металу в ядрі забезпечується проковуванням. У дослідженнях [1, 2] встановлено, що при контактному наварюванні покриттів з компактних матеріалів із збільшенням зусилля стискування електродів знижується вірогідність появи тріщин в зварній точці.

Постановка завдання. Мета виконаних досліджень полягає у встановленні закономірностей розподілу електричного струму в зоні утворення одиначної зварювальної точки при контактному наварюванні порошкових та компактних матеріалів при відновленні автомобільних деталей.

Викладення основного матеріалу. При наварюванні покриттів з компактних матеріалів за рахунок притискання їх електродами відбувається контакт на границі деталь-покриття окремими мікроставами на поверхні матеріалу. При недотриманні режимів наварювання може спостерігатися їх розплавлення при проходженні електричного струму, що приводить до виплесків і порушення процесу наварювання.

Після ввімкнення зварювального струму відбувається пластична деформація литої зони зварювальної точки. Внаслідок нерівномірного нагрівання металу біля міжелектродної області утворюється зона з різним ступенем рекристалізації.

Якість покриття, отриманого контактним наварюванням, визначається статичною міцністю зчеплення покриття та деталі, яка залежить від розмірів литого ядра точки. У зв'язку з відсутністю обґрунтованих розрахунків розмірів литого ядра, з точки зору здобуття оптимальної міцності з'єднання, вибір параметрів проводиться на підставі емпіричних формул, пов'язаних з товщиною покриттів.

Виникнення тріщин в зварному ядрі визначається співвідношенням трьох характеристик: температурного інтервалу крихкості, пластичності металу в цьому інтервалі і темпу наростання пружно-пластичних деформацій по мірі зниження температури [1, 2]. В залежності від форми, розмірів і жорсткості з'єднання, а також від режимів і технології наварювання покриттів деформація металу до кінця процесу кристалізації може бути меншою, рівною або більшою мінімальної пластичності металу. У останніх двох випадках утворення гарячих тріщин неминуче. Наявність внутрішніх макродефектів в литому ядрі зварної точки вуглецевої сталі має небажаний ефект. В результаті інтенсивного тепловідведення в електроди покритті відбувається загартування ядра точки. Мала пластичність ядра підсилює дію макродефектів, які можуть бути центрами розповсюдження тріщин внаслідок температурних змін і механічних навантажень.

При контактному наварюванні покриттів з компактних матеріалів на вуглецеві сталі в металі спостерігаються фазові і структурні зміни, розвиваються місцеві пластичні деформації і напруження. Властивості навареного покриття залежать від умов нагрівання і охолодження. Швидкість охолодження зварної точки може досягати значних величин $(0,6 \dots 12,5) \cdot 10^3$ К/с [63]. Висока швидкість кристалізації приводить до утворення стовпчастих кристалів, що знижують механічні властивості металу [5]. Схема кристалізації має істотний вплив на концентрацію деформації в металі шва і температурному інтервалі ламкості, на пластичність і хімічну неоднорідність зварного з'єднання.

Параметри режиму, які визначають кінцеву структуру в зоні наварювання покриттів з компактних матеріалів зазвичай встановлюються шляхом підбору в процесі досліджень.

При проходженні в компактному матеріалі змінного струму спостерігається явище *поверхневого ефекту* [1, 2], що приводить до зміни густини струму від периферії до центру поперечного перетину провідника (рис. 1). Ця зміна тим більша, чим вище частота струму і більший діаметр провідника. Зміна густини струму була визначена в [1] за наступним співвідношенням:

$$i_r = i_{r_1} \cdot e^{-r/\Delta}, \quad (1)$$

де i_r – густина струму в точці r , А/м²;

i_{r_1} – густина струму на поверхні провідника, А/м²;

r – координата точки, м;

Δ – відстань від поверхні дроту у напрямку до його центру, на якому густина убуває в $e=2,71$ раз в порівнянні з густиною струму на поверхні, м:

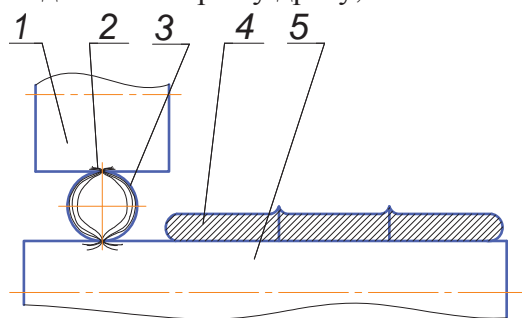
де $\omega = 2\pi f$;

f – частота струму, Гц;

μ – магнітна проникність матеріалу дроту;

β_0 – магнітна постійна ($\beta_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м);

g – питома електропровідність матеріалу дроту, $\text{Om}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$.



1 – електрод-ролик; 2 – умовні лінії струму; 3 – дріт; 4 покриття; 5 – деталь (вал).

Рисунок 1 – Розподіл ліній струму при наварюванні дроту

Джерело: розробка автора

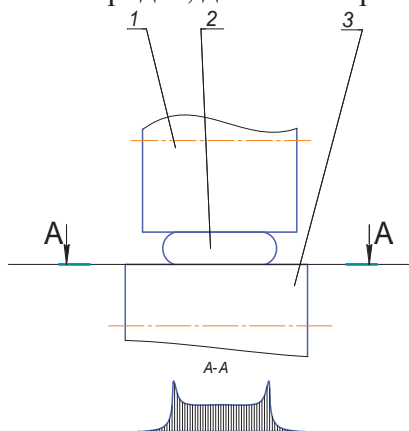
При збільшенні товщини покриття спостерігається криволінійна залежність зміни електричного потенціалу. Таким чином, при нанесенні покриттів зростаюча неоднорідність електричного поля – одна з причин отримання шарів з нерівномірними фізико-механічними властивостями. При цьому, концентрація дефектів в покриттях (пори, окисні включення і т.д.) відбуватиметься в зонах, де густина струму найменша, тобто безпосередньо в місцях викривлення ліній струму.

Характер тепловиділення при контактному наварюванні компактних матеріалів визначається електричним полем в зварюваних деталях і електродах.

Електричне поле – сукупність потенціалів або густини струму в різних точках зварюваних деталей в різні моменти часу. Для наварювання покриттів з компактних матеріалів характерне нерівномірне електричне поле, що пов'язане з дією геометричного, температурного і магнітоелектричного чинників.

Геометричний чинник обумовлений тим, що розміри електричних контактів, як правило, набагато менші розмірів поверхні деталі та покриття. Ілюстрацією впливу геометричного чинника служать характер електричного поля в рівномірно нагрітих деталях при точковому наварюванні покриттів з компактних матеріалів (рис. 2) [4].

Поле густини струму залежить від абсолютних значень потенціалів і електричних опорів компактного матеріалу, деталі, на яку наварюється покриття, і електродів. Найбільша густина струму (рис. 2) досягається поблизу границь контактів в результаті розтікання струму в електродах, деталі і покритті.



1 – електрод-ролик; 2 – дріт; 3 – деталь.

Рисунок 2 – Розподіл густини струму в перерізі

Джерело: розробка автора

Характер поля залежить також від геометричних розмірів електроду, розташування в ньому охолоджувального каналу.

Температурний чинник проявляється в обтіканні струмом більш нагрітих ділянок з'єднання, що відрізняються підвищеним опором, в умовах нерівномірного температурного поля і поля електричних опорів.

Густина струму поблизу границь ядра помітно підвищується (до 25 % і більше) і знижується в середині ядра.

Метал сьгає пластичного стану через деякий час з початку імпульсу. Ядро виникає в області контакту деталь-покриття, де досягається найбільша густина струму і у меншій мірі позначається теплообмін з електродами. Температура в контактї електрод-деталь досягає максимального значення до кінця імпульсу і складає в середньому 400...500 °С (для сталей) і підвищується із зростанням темпу наварювання покриттів з компактних матеріалів.

При нанесенні покриттів контактним наварюванням *порошкових* матеріалів характер розподілення густини струму значно відрізняється від наварювання компактних.

Процес контактного наварювання порошкових матеріалів характеризується використанням електричного струму силою 15...30 кА, вторинною напругою 1...6 В, тиском до 100 МПа. Спостерігається висока швидкість нагрівання покриття. За даними роботи [6-8], швидкість нагрівання при наварюванні порошкових матеріалів при густині струму 0,9...1,2 кА/мм² перевищує 50000 К/с.

Контактне наварювання передбачає отримання покриттів в твердій фазі, оскільки в цьому випадку гарантується збереження в покритті основних функціональних властивостей, притаманних вихідній порошковій системі (збереження спадкової структури).

Проте, застосування даного методу обмежене через відсутність систематичних випробувань і рекомендацій по розробці технологічних процесів і їх дослідженню. Це, перш за все, відноситься до досліджень процесів ущільнення і нагрівання порошкових шарів, а також до методики вибору оптимальних технологічних параметрів наварювання.

При контактному наварюванні порошків також має місце неоднорідність електричного потенціалу, що створює градієнт температури в зоні наварювання покриття [7].

Нагрівання порошкового матеріалу, так як і компактного, визначається одночасно протікаючими процесами виділення тепла (за законом Джоуля-Ленца) і його поширення (теплопередачею).

Однак, якщо розглядати загальну картину тепловиділення не в суцільній масі металу, а в міжчастинкових контактах металевого порошку і в безпосередній близькості від них, то необхідно мати на увазі ряд самостійних і незалежних один від одного осередків тепловиділення [7, 8]: у зоні контакту, де відбувається викривлення ліній електричного струму; за рахунок електричного опору мікроставів, безпосередньо створюючих контакт; у природних окисних плівках; теплота Пельтьє (для випадку використання постійного електричного струму) по межах контакту плівок та металу деталі або по межах різнорідних металів.

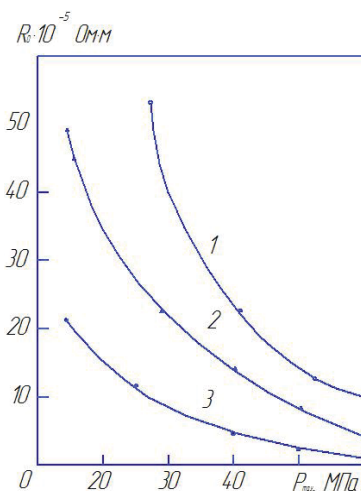
Електричний опір порошкового шару при контактному наварюванні – величина змінна, залежна в загальному випадку від температури і тиску процесу. Із зростанням температури пластична деформація частинок порошкового матеріалу приводить до збільшення їх контактних поверхонь, руйнування поверхневих плівок і зниження пористості порошкового шару.

Враховуючи незначний час нагрівання (0,02...0,04 с), що характеризується тривалістю пропускання імпульсів електричного струму, можна передбачити, що стабільність тепловиділення в порошковому шарі задаватиметься початковим електроопором. Цей легкоконтрольований параметр характеризує термонавантаження наварювання, визначаючи максимальне значення струму.

При здійсненні процесу наварювання якісне покриття (у якому відсутні ділянки проплавлення, пори і т. д.) досягається лише в тому випадку, якщо шар порошкової шихти має низький і стабільний по перетину початковий електроопір і гарну ущільнюваність при малому тиску пресування (40...70 МПа).

Використання порошкових матеріалів з високим питомим електроопором приводить до зниження електропровідності порошкового шару, дестабілізації процесу наварювання порошку, що виявляється в утворенні локальних зон нагрівання і виплеску частини металу у вигляді крапель. В результаті цього явища спостерігається зниження міцності зчеплення наварених покриттів. Покриття формується неоднорідним, з великою кількістю дефектів. Різко збільшується зношування електродів, що відбувається, в основному, за рахунок ерозійного руйнування робочої поверхні і налипання на неї розплавленого металу.

На формування початкового електричного опору великий вплив має величина тиску порошку. Початковий електроопір для металевих порошоків змінюється обернено-пропорційно зміні тиску в порошковому матеріалі (рис. 3).



: 1 – ПЖ1; 2 – ПГ С1–ПГ–С1+50% ФХ–800

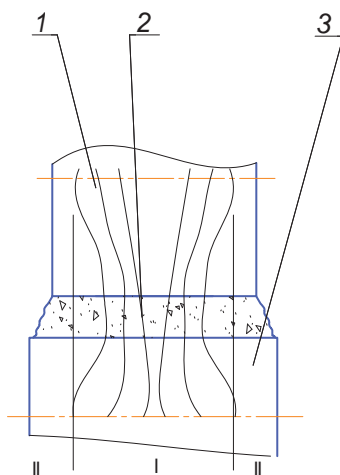
Рисунок 3 – Залежність початкового електричного опору порошкового шару від тиску в порошок для різних матеріалів

Джерело: [7]

В дослідженнях особливостей формування початкового електричного опору при контактному наварюванні порошку [10] було встановлено, що розподіл питомого електричного опору ρ_0 носить характер пропорційний епюрі нормального тиску. Залежність зміни електричного опору узгоджується з даними про зміну щільності порошку при його спресуванні [10 - 12], що свідчить про превалюючий вплив щільності на електричну провідність порошкового шару.

Отже, в поперечному перерізі шару (у площині, перпендикулярній напрямку наварювання роликом) (рис. 4) можна виділити дві області I – центральна та II – периферійна). Ущільнення порошку відбувається в області I при його прокатуванні

електродом-роликом. У зонах II практично ущільнення не відбувається. Така зонна будова контактної області викликає відмінність в нагріванні порошкового шару по його ширині. Утворюються відповідно три ділянки: центральна I і дві граничних II.



1 – електрод-ролик; 2 – дріт; 3 – деталь; I – центральна зона; II – гранична зона

Рисунок 4 – Схема ушілення (а) в поперечному перерізі покриття

Джерело: розробка автора

В центральній зоні порошок має максимальну щільність і мінімальний електроопір, що обумовлює проходження через нього електричного струму (струму наварювання). У граничних областях II поверхня деталі і порошковий шар нагріваються за рахунок теплопередачі від зони I. Міцність зчеплення і твердість шару тут знижуються, відмічається низька щільність і велика кількість окисних плівок. Ці ділянки при функціонуванні покриття можуть викришуватися.

Наварене покриття в зонах II характеризується пористістю 20...30%, при цьому розмір пор коливається від 1 до 100 мкм. На границях між частками порошку повністю зникають окисні плівки. В зоні I наварювання, внаслідок дії тиску з боку ролика, порошковий шар ущільнюється, внаслідок чого стабілізується його електричний опір і інтенсифікується процес нагрівання. Відбувається формування основних функціональних властивостей покриття – міцності зчеплення, зносостійкості.

Питомий електроопір порошкового шару зменшується із зростанням температури. Це пояснюється збільшенням пластичної деформації часток порошкової шихти, що приводить до збільшення площі їх контактних поверхонь, руйнування поверхневих плівок при нагріванні, зниженні пористості порошкового шару. При досягненні температур (0,4...0,8) $T_{пл}$ електричним опором шихти є активний опір матеріалу порошку, а опір міжчасткових контактів незначний.

Подальше нагрівання приводить до деякого зростання електроопору шихти, що пояснюється збільшенням електроопору металу покриття при його нагріві.

При здійсненні процесу контактного наварювання металевих порошоків якісні покриття можливо отримати лише у випадку, якщо шар порошкової шихти має низький і стабільний електроопір по перерізу і гарну ущільненість при малих тисках пресування, що застосовуються при наварюванні (40...70 МПа).

Таким чином, враховуючи високу швидкість нагрівання і малу тривалість проходження електричного струму через металевий порошок, можливо зробити висновок, що стабільність тепловиділення в порошковому шарі буде в значному

ступеню визначатися величиною початкового електроопору. Цей параметр характеризує термонавантаженість контактної наварювання і визначає максимальне значення струму наварювання.

Висновки. При контактному наварюванні компактних (дріт, стрічка) та порошкових матеріалів має місце неоднорідність густини електричного поля, що визначає нерівномірне розподілення температурного поля в зоні утворення литого ядра і впливає на якість наварених покриттів. При контактному наварюванні компактних матеріалів відбувається недогрівання центральної зони ядра, що спричиняється дією геометричного, температурного і магнітоелектричного чинників.

На основі встановленого зв'язку між параметрами процесу можливо зробити висновок, що неоднорідність електричного поля при контактному наварюванні порошкових матеріалів та нерівномірне нагрівання порошкових матеріалів і дефекти покриттів, до яких воно приводить, пов'язане з особливостями ущільнення порошку. Внаслідок згущення ліній електричного струму в центральній зоні спостерігається локальне підвищення температури. Крім того, пори являються діелектричною фазою і збільшують електроопір на периферійних ділянках. Підвищувати якість покриттів, які отримуються контактним наварюванням можливо, забезпечуючи якісне ущільнення порошкового матеріалу по всьому перерізу покриття.

Список літератури

1. Технология и оборудование контактной сварки: учебник для машиностроительных вузов / Б.Д. Орлов, А.А. Чакалев, Ю.В. Дмитриев и др.; Под общ. ред. Б.Д. Орлова. М: Машиностроение, 1986. 352 с.
2. Кочергин К.А. Контактная сварка. Л: Машиностроение, 1987. 240 с.
3. Якушин Б.Ф. Современное состояние проблемы горячих трещин в сварных соединениях // 1-й Симпозиум «Трещины в сварных соединениях сталей», ЧССР, 13-17 апреля 1981 г. / Доклады МВТУ. Москва. М.: МВТУ им. Баумана, 1981. С. 22-36.
4. Слиозберг С.К. Электроды для контактной сварки. Л.: Машиностроение, 1972. 96 с.
5. Амелин Д.В., Рыморов Е.В. Новые способы восстановления и упрочнения деталей машин электроконтактной наваркой. М: Агропромиздат, 1987. 157 с.
6. Дорожкин Н.Н. Упрочнение и восстановление деталей машин металлическими порошками. Минск: Наука и техника, 1975. 152 с.
7. Ярошевич В.К., Генкин Я.С., Верещагин В.А. Электроконтактное упрочнение. Минск: Наука и техника, 1982. 256 с.
8. Дорожкин Н.Н., Абрамович Т.М., Ярошевич В.К. Импульсные методы нанесения покрытий. Минск: Наука и техника, 1985. 279 с.
9. Клименко Ю.В. Электроконтактная наплавка. М: Металлургия, 1978. 125 с.
10. Дослідження впливу параметрів циліндричних електродів на формування покриттів при контактному наварюванні порошків. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Красота. М.В., А.М. Артюхов, І.В., Шепеленко І.В., Дубовик В.О. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.*. Кіровоград, КНТУ, 2010. Вип. 40. С. 179-185.
11. Лопата Л.А., Красота М.В. Расчет температурных полей при нанесении покрытий способом электроконтактного припекания на наружные цилиндрические поверхности деталей. *Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. праць ХДПУ*. Харків, 2000. Вип. 1. С. 172-176.
12. Черновол М.И., Лопата Л.А., Красота М.В. Совершенствование технологии восстановления детали типа «вал» электроконтактным припеканием металлических порошков. *Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения: Сб. науч. трудов* / под ред. С.А. Астапчика, П.А. Витязя. Мн.: Технопринт, ПГУ. 2001. 736. С. 300-303.

References

1. Orlov, B.D., Chakalev, A.A., Dmitriev, Ju.V & et. al. (1986). *Resistance welding technology and equipment*. B.D. Orlova (Ed.). Moscow: Mashinostroenie [Russian].
2. Kochergin, K.A. (1987). *Kontaktная svarka [Contact welding]*. L: Mashinostroenie [Russian].

3. Jakushin, B.F. (1981). Sovremennoe sostojanie problemy gorjachih treshhin v svarnyh soedinenijah [Current state of the problem of hot cracks in welded joints] . 1-j Simpozium «Treshhiny v svarnyh soedinenijah stalej», ChSSR, 13-17 aprelja 1981 g. Moskva: MVTU im. Baumana, pp. 22-36. [Russian].
4. Sliozberg, C.K. (1972). *Jelektrody dlja kontaktnoj svarki [Resistance welding electrodes]*. L.: Mashinostroenie [Russian].
5. Amelin, D.V. & Rymorov, E.V. (1987). *Novye sposoby vosstanovlenija i uprochnenija detalej mashin jelektrokontaktnoj navarkoj [New methods of restoration and hardening of machine parts by electrical contact welding]*. Moskow: Agropromizdat [Russian].
6. Dorozhkin, N.N. (1975). Uprochnenie i vosstanovlenie detalej mashin metallicheskim poroshkami [Strengthening and restoration of machine parts with metal powders]. Minsk: Nauka i tehnika [Russian].
7. Jaroshevich, V.K., Genkin, Ja.S. & Vereshhagin, V.A. (1982). *Jelektrokontaktnoe uprochnenie [Electrical contact hardening]*. Minsk: Nauka i tehnika [Russian].
8. Dorozhkin, N.N., Abramovich, T.M. & Jaroshevich, V.K. (1985). *Impul'snye metody nanesenija pokritij [Impulse coating methods]*. Minsk: Nauka i tehnika [Russian].
9. Klimenko, Ju.V. (1978). *Jelektrokontaktnaja naplavka [Electrocontact surfacing]*. Moskow: Metallurgija, [Russian].
10. Krasota, M.V., Artiukhov, A.M., Shepelenko, I.V. & Dubovyk, V.O. (2010). Doslidzhennia vplyvu parametriv tsylindrychnykh elektrodiv na formuvannja pokryttiv pry kontaktnomu navariuvanni poroshkiv [Probe of influence of parametres of cylindrical electrodes on formation of coverings at contact welding of powders]. *Konstrujuvannja, vyrobnytvo ta ekspluatacija sil'skohospodars'kyx mashyn – Design, manufacture and operation of agricultural machinery, Vol. 40, 1*, 179-185. [in Ukrainian].
11. Lopata, L.A. & Krasota, M.V. (200). Raschet temperaturnykh polej pry nanesenyy pokrytyj sposobom jelektrokontaktnoho prypekanyia na naruzhnye tsylindrycheskye poverkhnosty detalej [Calculation of temperature fields when applying coatings by electrocontact sintering on the outer cylindrical surfaces of parts]. *Vysoki tekhnologii v mashynobuduvanni. Zbirnyk naukovykh prats' KhDPU – High technologies in mechanical engineering: coll. Science. against the KhDPU, Vol. 1.*, 172-176 [Russian].
12. Chernovol, M.I., Lopata, L.A. & Krasota, M.V. (2001). Sovershenstvovanie tehnologii vosstanovlenija detali tipa «val» jelektrokontaktnym pripekaniem metallicheskih poroshkov [Improvement of the technology of restoration of a part of the "shaft" type by electrocontact sintering of metal powders]. *Teoreticheskie i tehnologicheskie osnovy uprochnenija i vosstanovlenija izdelij mashinostroenija: Sb. nauchn. trudov – Theoretical and technological foundations of hardening and restoration of mechanical engineering products: Sat. scientific works* (S.A. Astapchika, P.A. Vitjazja Eds.), 736, 300-303. [Russian].

Yuriy Kuleshkov, Prof., DSci., **Timofey Rudenko**, Assoc. Prof., Phd tech. sci., **Mykhailo Krasota**, Assoc. Prof., Phd tech. sci., **Ruslan Osin**, . Assoc. Prof., Phd tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

The Researching of Dynamic Electricity Distribution Along with the Renovation of Automobile Details by the Contact Covering Welding

The goal of completed research is determination of common factors of dynamic electricity distribution in the area of simple welding spot forming due to contact welding-on compact and powdered materials.

Due to contact welding-on of compact (rod, belt) and powdered materials there is the dissimilarity of an electric field, which determines the unequal distribution of temperature field in the area of the moulded core creating and influence on the welded on covering quality. By the contact welding-on of compact materials, there is an occurrence of central core zone unheating, which is coming as a result of geometrical, temperature and magnetic-electric factors.

During contact welding of metal powders, considering high speed of heating and a small-time of dynamic electricity passage through powder, it is possible to make a conclusion, that the stability of heat generation in a powder surface will be determined by starting electricity resistance value. High-quality plating can be reached if the powder charge will have low and stable electricity resistance in a cross-section and good compactness under the condition of low compress pressure, which is used for welding. (40 ... 70 MPa).

Electrical field dissimilarity with contact welding-on powdered materials leads to unequal heating of powdered materials and covering defects, which is taking place due to the features of powder compression. As a result of current lines concoction in the central area is observed at a local temperature increase. Besides, interstices are dielectrical phase and increase electrical resistance in the peripheral areas. To increase the quality of coverings, got by contact welding-on is able due to providing high-quality powder material compression on the whole covering cut.

contact welding-on, electrode wheel, current lines, powdered material, covering

Одержано (Received) 29.10.2020

Прорецензовано (Reviewed) 05.11.2020

Прийнято до друку (Approved) 21.12.2020