

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

Зміст

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ.....	91
М.В. Агеева, доцент, Д.И. Залесный, магистр, В.В. Наталенко, студент, ДГМА, г. Краматорск.....	91
СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ДУГИ ПРИ СВАРКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНВЕРТОРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	92
В.В. Бурлака, докторант, доцент, С.В. Гулаков, профессор, ГВУЗ «ПГТУ»	92
РАЗРАБОКА МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТА ИЗ ТВЕРДОГО СПЛАВА.....	93
Е.В. Кудинова, ассистент, ГВУЗ «ПГТУ».....	93
ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ДУГИ ПРИ НАПЛАВКЕ ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ.....	94
А.И. Кулябина, аспирант, ГВУЗ «ПГТУ».....	94
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАПЕЛЬ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ НАПЛАВКЕ ПОД ФЛЮСОМ ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ С МЕХАНИЧЕСКИМ ПЕРЕНОСОМ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА.....	96
Е.В. Лаврова, доцент, ГВУЗ «ПГТУ».....	96
ПОКРАЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛІ СТ.3 ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ЛЕГУВАННЯМ НІКЕЛЕМ ТА ХРОМОМ...97	
Г.Г. Лобачова, асистент, Є.В. Івашенко, доцент, Н.А. Шаповалова, провідний інженер, Т.В. Підгірний, студент, НТУУ «КПІ»	97
ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛІ СТ.3 ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ЛЕГУВАННЯМ АЛЮМІНІЄМ ТА ГРАФІТОМ...99	
Г.Г. Лобачова, асистент, Є.В. Івашенко, доцент, Н.А. Шаповалова, провідний інженер, Ю.М. Сікорський, студент, НТУУ «КПІ».....	99
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МАШИН КОНТАКТНОЙ СВАРКИ.....	101
С.К. Поднебенная, докторант, доцент, В.В. Бурлака, докторант, доцент, С.В. Гулаков, профессор, ГВУЗ «ПГТУ».....	101
МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	102
Д.А. Рассохин, младший научный сотрудник, ГВУЗ «ПГТУ»	102

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ
ТА МАШИНОБУДУВАННІ

ПЛАЗМЕННОЕ	ПОВЕРХНОСТНОЕ	АЗОТИРОВАНИЕ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ		103
В.А. Мазур к.т.н., доц. ГВУЗ «ПГТУ»		103

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ

*М.В. Агеева, доцент, Д.И. Залесный, магистр,
В.В. Наталенко, студент, ДГМА, г. Краматорск*

Главной задачей технологического процесса восстановления ходовых МНЛЗ с помощью наплавки рабочего слоя является обеспечение его характеристик, отвечающих условиям эксплуатации и снижение энергоемкости процесса. Воздействием продольного магнитного поля (ПРМП) возможно повышение эффективности дуговой наплавки под флюсом за счет увеличения коэффициента расплавления проволоки и уменьшения размеров зоны проплавления основного металла.

Устройство для создания ПРМП представляет собой соленоид с круглым ферросердечником с обмоткой из медной проволоки диаметром 2,0 мм. Устройство крепили к головке сварочного автомата АДС-1002. Магнитное поле генерировали пропусканием постоянного тока в обмотке устройства ввода ПРМП от выпрямителя ВСЖ-303. Индукцию ПРМП измеряли миллитесламетром типа ЭМ-4305 с датчиком Холла с базой 1х1 мм.

Наплавки выполняли автоматом АДС-1002 постоянным током обратной полярности от выпрямителя ВДУ-1202. В исследованиях использовалась проволока SK 742N-SK и флюс Rekord SK диаметром 3,6 мм. Параметры режимов наплавки: $I_n = 500 \dots 520$ А; $U_d = 30 \dots 32$ В; $V_n = 36$ м/ч. Оптимальное значение ампервитков – 2880. Экспериментально установлено, что оптимальный уровень индукции составляет 20...30 мТл.

Данные показали, что при дуговой наплавке проволокой SK 742N-SK с воздействием ПРМП ширина валика незначительно увеличилась, глубина проплавления уменьшается почти в 2 раза, площадь наплавленного металла увеличивается в 1,4 раза, площадь проплавления уменьшается в 1,5...2 раза, доля участия основного металла уменьшается в 2 раза.

Таким образом, воздействие ПРМП позволяет увеличить производительность процесса наплавки на 40...42 %. ПРМП целесообразно применять при наплавке проволокой SK 742N-SK роликов машин непрерывногорить заготовок.

Процесс дуговой наплавки с воздействием ПРМП является энергосберегающим.

**СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ДУГИ ПРИ СВАРКЕ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНВЕРТОРНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

В.В. Бурлака, докторант, доцент, С.В. Гулаков, профессор, ГВУЗ «ЛГТУ»

Инверторные источники питания для сварки по сравнению с традиционными низкочастотными обладают рядом преимуществ: малая масса, небольшие габариты, меньший потребляемый от сети ток из-за значительного уменьшения реактивной мощности.

Однако при сварке электродами постоянного тока возникают специфические проблемы с зажиганием и удержанием дуги при ручной дуговой сварке (РДС), объясняющиеся низким напряжением холостого хода (U_{xx}) инверторных источников. Так, для источников, выполненных по мостовой схеме, U_{xx} составляет 60 – 65 В, а для источников на основе прямоходового преобразователя U_{xx} составляет 50 – 60 В. Тем не менее, поджиг дуги при работе с прямоходовым источником легче, поскольку его напряжение U_{xx} представляет собой импульсы амплитудой порядка 100 В и скважностью 0,5.

При использовании электродов переменного тока проблем с поджигом и удержанием дуги не возникает, поскольку в их обмазке содержатся присадки, облегчающие и продлевающие ионизацию дугового промежутка.

Для облегчения поджига и стабилизации дуги при работе с электродами постоянного тока и питанием от инверторного источника авторами разработано и изготовлено устройство, обеспечивающее значительное повышение напряжения U_{xx} источника в момент поджига дуги. В сварочную цепь (последовательно с электродом) включен дроссель, выполненный на магнитопроводе с воздушным зазором для линеаризации вебер-амперной характеристики и стабилизации индуктивности. Этот дроссель имеет вторую обмотку, подключенную через конденсатор к выходу полумостового преобразователя, управляемого однокристальным микроконтроллером (МК). Программа МК обеспечивает «накачку» последовательного контура, образованного второй обмоткой дросселя и конденсатором, на частоте несколько выше резонансной. Это необходимо, во-первых, для управления током накачки, во-вторых, для обеспечения мягкого включения силовых транзисторов. ЭДС, наводимая в основной обмотке, включенной последовательно с электродом, в экспериментальном образце достигает 300 В на частоте порядка 52 кГц, что обеспечивает легкий поджиг дуги. При горении дуги работа полумоста блокируется.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

РАЗРАБОКА МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТА ИЗ ТВЕРДОГО СПЛАВА

Е.В. Кудинова, ассистент, ГВУЗ «ПГТУ»

Реализация того или иного варианта плазменного упрочнения твердых сплавов осуществляется выбором соответствующего оптимального режима плазменного нагрева, определяемого расчетным путем с последующей обязательной практической обработкой. Основными регулируемыми параметрами режима являются мощность плазменной струи $Q=I \cdot U$ (где I – ток плазменной струи, U – напряжение) и скорость обработки

Выбор оптимальных режимов плазменной обработки твердосплавного инструмента выполнен с использованием расчетной модели

$$T(Y_0, Z_0, t) = \frac{2q}{V \cdot c \gamma} \cdot e^{-\frac{Z_0^2}{4at}} \cdot e^{-\frac{Y_0^2}{4a \cdot (t_0 + t)}}$$

При этом, в зависимости от требуемой температуры нагрева (обработка с оплавлением карбидов и связки или без), в уравнения необходимо вводить теплофизические характеристики карбидов или кобальтовой фазы.

Таблица 1 – Химический состав и твердость исследованных сплавов в исходном и упрочненном состояниях

Марка сплава	Состав, %			Исходная твердость HV	Твердость HV после плазменной обработки					Максимальная степень упрочнения
	W	Ti	Co		с полным расплавлением композиций	с частичным расплавлением (Со-фазы)	с превращениями в карбиды и связке	с превращениями в связке		
ВК4	96	-	4	1420-1470	1530-1675	1570-1590	1680-1725	1420-1470	1,21	
ВК6	94	-	6	1380-1445	1515-1635	1550-1565	1645-1695	1380-1445	1,23	
ВК8	92	-	8	1405-1450	1515-1670	1520-1545	1590-1620	1405-1450	1,15	
ВК15	85	-	15	1290-1320	1530-1640	1400-1440	1535-1575	1290-1320	1,22	
Т5К10	85	5	10	1420-1475	1600-1685	1580-1610	1660-1700	1420-1475	1,19	
Т15К6	79	15	6	1455-1500	1600-1685	1600-1625	1705-1725	1455-1500	1,18	

Исследованиями установлено, что при изменении эффективной тепловой мощности плазменного нагрева в пределах 20...150 кВт/см² (в зависимости от состава, формы и размеров упрочняемого твердо-

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

сплавного изделия) возможна обработка режущих кромок пластин с полным поверхностным расплавлением композиции, частичным расплавлением (только связующей фазы), без расплавления с превращением в карбидах и связке или превращениями только в связке. Полученные значения твердости при различных технологических вариантах плазменного упрочнения приведены в таблице.

Повышение твердости спеченных твердых сплавов при плазменной обработке на оптимальных режимах обусловлено действием твердорастворного и дисперсионного механизмов упрочнения связующей фазы, повышением степени дисперсности карбидной фазы и, как следствие, зернограницного упрочнения композиции при увеличении удельной поверхности межфазных границ «карбид-карбид» и «карбид-связка».

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ДУГИ ПРИ НАПЛАВКЕ ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ

А.И. Кулябина, аспирант, ГВУЗ «ПГТУ»

Дуговая наплавка ленточным электродом нашла широкое применение для восстановления и упрочнения рабочих поверхностей деталей машин и инструмента в тяжелом, энергетическом машиностроении, металлургии и других отраслях промышленного производства благодаря высокой производительности процесса, малой доли участия основного металла в наплавленном, простотой реализации и ряда иных достоинств.

Однако, этот процесс характеризуется и рядом специфических особенностей, влияющих на качество наплавленного слоя [1].

Одним из факторов, определяющих особенности протекания процесса наплавки, является характер перемещения дуги по торцу электрода.

В ряде работ [2, 3] показано, что дуга (или дуги), постепенно оплавляя торец электрода, с большой скоростью перемещаются вдоль него, задерживаясь на краях ленты.

Такой характер перемещения дуги маловероятен с энергетических позиций. Перемещение активных пятен дуги с расплавленных участков торца ленты и основного металла на холодные нецелесообразно, т.к. дуге энергетически выгоднее удлиняться, оплавляя электрод по высоте, а не перемещаться на холодные участки.

Исследования показали, что процесс перемещения дуги по торцу электрода происходит за счет его периодических коротких замыканий на изделие (рис. 1). При этом должны быть созданы условия для ста-

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

бильного возбуждения дуги в месте короткого замыкания. Особенно сложными условиями такого возбуждения являются моменты короткого замыкания в участках торца ленты, где ранее образовалась капля металла электрода (рис. 2).



Рисунок 1 –Процесс короткого замыкания торца ленточного электрода на изделие

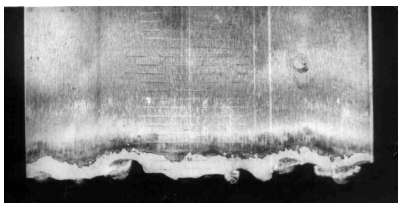


Рисунок 2 – Капли на торце ленточного электрода, образованные при его плавлении

Осуществить стабильное протекание процесса плавления ленточного электрода при дуговой наплавке можно, используя «расщепленный» токоподвод к вылету электрода, питание элементов которого производится от отдельных источников с высокочастотным преобразованием энергии и специальными ВАХ.

Литература

1. Гулаков С.В. Наплавка под флюсом ленточным электродом / С.В. Гулаков, В.Н. Матвиенко, Б.И. Носовский. – Мариуполь : ПГТУ, 2006. – 136 с.
2. Кравцов Т.Г. Электродуговая наплавка электродной лентой / Т.Г. Кравцов. – М. : Машиностроение, 1978. – 168 с.
3. Размышляев А.Д. Автоматическая электродуговая наплавка ленточным электродом под флюсом. – Мариуполь : ПГТУ, 2013. – 180 с.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ КАПЕЛЬ
ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ НАПЛАВКЕ ПОД ФЛЮСОМ
ЛЕНТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОДОМ С МЕХАНИЧЕСКИМ
ПЕРЕНОСОМ ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА**

Е.В. Лаврова, доцент, ГВУЗ «ПГТУ»

В настоящее время перед предприятиями и организациями, занимающимися вопросами сварочного производства, стоит проблема повышения производительности труда, улучшения качества выпускаемой продукции, разработки энергосберегающих экологически чистых процессов и конкурентно способных изделий.

Одним из способов решения данной проблемы является совершенствование в направлении снижения их трудоемкости и материалоемкости, а также улучшения их санитарных и экологических показателей.

Управление переносом электродного жидкого металла при наплавке под флюсом ленточным электродом является одной из важных проблем, оказывающих влияние на качество наплавленного шва.

Для определения необходимых условий для получения ожидаемого эффекта, а именно параметров плавления электродного металла, времени образования капли электродного металла с оптимальными характеристиками целесообразней получить эти условия в численном виде на основе аналитических зависимостей.

В процессе плавления ленточного электрода капля перемещается вместе с дугой и накапливает тепловую энергию, перенося ее в сварочную ванну в момент короткого замыкания.

Если электродный жидкий металл переходит струей, то капля достигает дна сварочной ванны и интенсивно передает тепловую энергию в этом месте. Если капля при ударе о поверхность ванны растекается по ширине ванны, то тепловая энергия распределяется более равномерно.

Для исключения указанных недостатков в данной работе предлагается, изогнуть ленточный электрод и с помощью приводных роликов, вращающихся с постоянной скоростью, и подающего устройства подавать в зону наплавки.

Таким образом, для достижения равномерного распределения тепловой энергии по ширине наплавленного валика при наплавке под флюсом ленточным электродом с управляемым механическим переносом жидкого металла, необходимо определить частоту колебаний торца ленточного электрода для заданных размеров капли. В результате чего значительно снижается вероятность образования дефектов (пор, несплавлений и т.д.), а значит повышается качество наплавленных изделий.

**ПОКРАЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
СТАЛІ СТ.3 ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ЛЕГУВАННЯМ
НІКЕЛЕМ ТА ХРОМОМ**

*Г.Г. Лобачова, асистент, Є.В. Іващенко, доцент, Н.А. Шаповалова,
провідний інженер, Т.В. Підгірний, студент, НТУУ «КПІ»*

Для поліпшення строку служби деталей машин, різального та штампового інструменту, які працюють в умовах тертя, підвищених температур і агресивних середовищ, широко застосовують покриття.

Електроіскрове легування (ЕІЛ) – це перспективний та ефективний метод обробки металевих поверхонь, що забезпечує формування зміцненого покриття при використанні електродів з будь-яких електропровідних матеріалів; є екологічно чистим, енерго- та ресурсозберігаючим процесом. За умов високих температурних та концентраційних градієнтів під дією імпульсних іскрових розрядів відбуваються складні зміни хімічного та фазового складу локальних ділянок поверхні матеріалу катоду, що визначає широкий комплекс фізико-механічних властивостей [1, 2].

Традиційно під час ЕІЛ використовують легувальні електроди, виготовлені з твердосплавних сполук. Нажаль, такі аноди є стійкими до ерозії за низьковольтних розрядів процесу обробки.

В даній роботі, як альтернативу компактованим електродам, нами запропоновано послідовне нанесення чистих металів (нікелю та хрому), ерозія яких значно перевищує ерозію твердосплавів, що збільшує ефективність формування покриття. Враховуючи взаємну розчинність нікелю та хрому при взаємодії між собою та з матеріалом основи (сталлю Ст.3), стає можливим створення багатокомпонентних функціональних покриттів, що надає їм покращених фізико-механічних властивостей.

В роботі були проведені процеси послідовного ЕІЛ сталі Ст.3 за схемами: Cr-Ni, Ni-Cr, Cr-Ni-Cr-Ni, Ni-Cr-Ni-Cr, Cr-Ni-Cr-Ni-Cr-Ni, Ni-Cr-Ni-Cr-Ni-Cr.

Електродні пари (катод – анод) та легувальні аноди підбиралися з урахуванням їх необмеженої взаємної розчинності (Fe-Cr, Fe-Ni, Cr-Ni), що під час ЕІЛ забезпечує високу адгезію нанесених покриттів з основою.

Обробку проводили на установці «Елітрон - 26А» при силі струму розряду 1,5 А, напрузі 60-70 В та тривалості легування на кожній стадії процесу 3 хв.

Досліджено вплив кількості стадій (2, 4, 6) та послідовності (Cr-Ni, Ni-Cr) стадій нанесення хрому та нікелю в процесі ЕІЛ на кінетику формування, товщину, мікротвердість та стійкість покриттів до зношування.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

Кінетику формування покриттів визначали гравіметричним методом – за зміною маси катоду та аноду після кожної хвилини ЕІЛ. За даними гравіметричного аналізу виявлено ефективне формування легованих шарів після всіх процесів ЕІЛ. Це можна пояснити утворенням твердих розчинів необмеженої розчинності матеріалів електродів та основи (Ni, Cr, Fe).

Встановлено, що зі збільшенням кількості стадій легування товщина легованого шару збільшується: після двостадійних процесів ЕІЛ у різних послідовностях нанесення хрому та нікелю складає 15 – 20 мкм, після чотирьохстадійних – 25 – 30 мкм, після шестистадійних – 55 – 60 мкм.

Встановлено, що зростання поверхневої мікротвердості сталі Ст.3 відбувається після усіх проведених процесів: 3,5 – 4 ГПа (двостадійне ЕІЛ); 5,3 – 6 ГПа (чотирьохстадійне ЕІЛ); 6,3 – 7,5 ГПа (шестистадійне ЕІЛ).

Випробування на стійкість до зношування відбувалася на оригінальній машині тертя в умовах сухого тертя-ковзання за схемою «площина по площині» під навантаженням 4 кг протягом трьох годин. Інтенсивність зношування визначалася гравіметричним методом як співвідношення втрати маси зразка через кожні 20 хвилин випробування до площі тертя. Встановлено, що зразки з покриттями після ЕІЛ (4 та 6 стадій) мають зносостійкість у 4 – 5 разів більшу, ніж вихідна поверхня сталі Ст.3.

Встановлено, що послідовність ЕІЛ хромом та нікелем сталі Ст.3 не здійснює суттєвого впливу на товщину, мікротвердість та зносостійкість покриттів.

Література

1. Верхотуров А.Д. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей / А.Д. Верхотуров, И.М. Муха. – К. : Техніка, 1982. – 181 с.

2. Электродные материалы для электроискрового легирования / [А.Д. Верхотуров, И.А. Подчерняева, Л.Ф. Прядко, Ф.Ф. Егоров]. – М. : Наука, 1988. – 224 с.

**ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
СТАЛІ СТ.3 ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ ЛЕГУВАННЯМ АЛЮМІНІЄМ
ТА ГРАФІТОМ**

*Г.Г. Лобачова, асистент, Є.В. Іващенко, доцент, Н.А. Шаповалова,
провідний інженер, Ю.М. Сікорський, студент, НТУУ «КПІ»*

Сучасне машинобудування потребує надійності та довговічності деталей машин та механізмів, які б задовольняли широкому спектру експлуатаційних характеристик. Значно скоротити витрати високо-вартісних матеріалів при виготовленні нових деталей можна шляхом зміцнення та відновлення їх робочих поверхонь. Така задача може бути вирішена шляхом розробки та впровадження новітніх технологій зміцнення металевих виробів.

Одним з енерго- та ресурсозберігаючих методів обробки є електроіскрове легування (ЕІЛ), яке забезпечує формування локального покриття з високою адгезією до основи при використанні будь-яких струмопровідних матеріалів.

Наразі ЕІЛ широко застосовується для підвищення твердості, зносо-, жаро- та корозійної стійкості, а також відновлення розмірів інструментів, які раніше перебували в експлуатації. Зокрема, для забезпечення високої зносостійкості деталей необхідно щоб їх поверхня одночасно з високою твердістю мала пластичність та низький коефіцієнт тертя. Цього можна досягти формуванням у поверхневому шарі декількох фаз з різними характеристиками – високою твердістю, пластичністю та властивостями твердого мастила.

В літературних джерелах [1, 2] зустрічаються відомості про те, що під час ЕІЛ графітовим анодом ефект зміцнення та підвищення зносостійкості обумовлений термічним впливом імпульсного розряду і утворенням у сформованому шарі карбідів за рахунок дифузії та взаємодії графіту з рідкої фазою матеріалу катода. Зважаючи на це, для підвищення зносостійкості доцільно було б використовувати графіт як зміцнюючу фазу (карбіди), так і як тверде мастило (у вільному стані). Однак, за екстремальних умов обробки утворюються лише карбіди, а вільного графіту в поверхневих шарах оброблюваних зразків не спостерігається [3]. Поява вільного графіту у покритті під час ЕІЛ можлива модифікуванням розчину залізовуглецевих сплавів графітизуючими елементами [3]. Вони здатні утворювати з вуглецем сполуки, що є центрами кристалізації графіту, перешкоджаючи утворенню карбідів або сприяють подрібненню наявних графітових включень.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

Мета даної роботи полягає у дослідженні будови та властивостей (мікротвердість, стійкість до зношування) поверхні сталі Ст.3 після багатостадійного електроіскрового легування алюмінієм та графітом.

Процеси ЕІЛ здійснювали за новими технологічними схемами послідовного нанесення алюмінію (Al) та графіту (C) у послідовності: Al-C-Al-C; C-Al-C-Al; Al-C-Al-C-Al; C-Al-C-Al-C; Al-C-Al-C-Al-C; C-Al-C-Al-C-Al. Обробку проводили на лабораторній установці «Елітрон-26А» за струму розряду 2 А, напруги 60–70 В, амплітуди коливань аноду 50 ± 3 Гц. Загальна тривалість обробки на кожній стадії процесу складала 3 хв./см².

Виявлено, що максимальна мікротвердість поверхневих шарів маловуглецевої сталі Ст.3 залежить від матеріалу аноду, який використовувався на останній стадії ЕІЛ. Покриття після обробки з останньою стадією нанесення графіту мають більшу мікротвердість (8,7–11 ГПа), ніж покриття після обробки з останньою стадією нанесення алюмінію (6,7–8,8 ГПа).

Встановлено, що зносостійкість зразків з покриттями зростає у 8–11 разів порівняно з вихідною необробленою поверхнею сталі Ст.3, що можна пояснити наявністю в покритті графіту у незв'язаному стані, який відіграє роль твердого мастила під час випробувань на зносостійкість протягом трьох годин за схемою сухого тертя-ковзання «площина по площині».

Література

1. Превращение в поверхностных слоях сплавов железа при электроискровом легировании графитом / А. И. Михайлюк, А. Е. Гитлевич, А. И. Иванов, Е. И. Формичева, Г. И. Димитрова, А. И. Грипачевський. // Электронная обработка материалов. – 1996. – №1. – С.23 – 27.
2. Верхотуров А. Д. Влияние режимов электроискрового легирования и электродных материалов на структуру и износостойкость покрытий / А. Д. Верхотуров, Ю. И. Мулин, Е. С. Астапова, В. А. Агапатов, М. И. Щетинин, А. В. Козырь, В. В. Соловьев // Электронная обработка материалов. – 2004. – № 3. – С.17 – 21.
3. Мулин Ю. И. Особенности формирования и свойства покрытий, нанесенных методом электроискрового легирования на сталь / Ю. И. Мулин // ФиХОМ. – 2006. – №4. – С. 60 – 66.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МАШИН КОНТАКТНОЙ СВАРКИ**

*С.К. Поднебенная, докторант, доцент, В.В. Бурлака, докторант, доцент,
С.В. Гулаков, профессор, ГВУЗ «ПГТУ»*

К наиболее часто встречающимся факторам, негативно влияющим на процесс контактной сварки, относят колебания питающего напряжения и изменение сопротивления вторичного контура машины контактной сварки (МКС) за счет внесения в него ферромагнитных масс. Колебания напряжения, достигающие в условиях работающего производства $\pm 20 \%$, могут приводить к снижению прочности сварного соединения, вплоть до непроваров, выплесков жидкого металла, прожогов [1]. Таким образом, разработка методов снижения влияния этих факторов на сварочный процесс является актуальной.

Существующие методы снижения влияния возмущающих факторов на сварочный процесс в основном направлены на совершенствование тиристорных источников питания МКС, эффективность которых с точки зрения влияния на питающую сеть невысока. Представляет интерес использование в качестве источника питания МКС непосредственного преобразователя трехфазного напряжения в однофазное матричного типа.

Такой преобразователь позволяет формировать выходное напряжение заданной амплитуды и частоты, в зависимости от технологических параметров сварки и внешних возмущающих воздействий в режиме реального времени. В основе системы управления преобразователем лежит принцип поддержания заданной энергии в месте сварки. Кроме того, имеет смысл изменение характеристики источника питания на различных этапах сварки: для прогрева имеет смысл поддерживать мягкую характеристику, а непосредственно саму сварку проводить при жесткой характеристике источника. Это даст возможность обеспечить лучший контакт в месте сварки, и, таким образом, повысить ее качество.

При этом достигается практически единичный коэффициент мощности источника питания, чем обеспечивается его электромагнитная совместимость с электрической сетью.

Литература

1. Климов А.С. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки: Учебное пособие / А.С. Климов, И.В. Смирнов, А.К. Кудинов, Г.Э. Кудинова. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 260 с.

МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Д.А. Рассохин, младший научный сотрудник, ГВУЗ «ЛГТУ»

На сегодняшний день в различных отраслях промышленности широко применяются полимерные материалы, позволяющие решить широкий спектр ремонтных задач. Одной из таких является восстановление опорных поверхностей крупногабаритных деталей тяжело-нагруженных металлургических машин. Данная проблема - актуальная задача, поскольку замена таких деталей на новые не может быть выполнена из-за высокой их себестоимости. Поэтому в металлургии принята практика установки в таких машинах защитных сменных планок в область между опорной поверхностью и фундаментом. В реальных условиях в зазор между планками и опорной поверхностью попадает вода, что при повышенных температурах вызывает активные коррозионные процессы. Результат такого воздействия – износ опорных площадок. Например на Стане 3000 такой износ составляет от 2 до 5 мм за 2-3 года эксплуатации. Данная проблема наблюдается и в фундаментных плитах турбоагрегатов тепловых электростанций с таким же по величине износом.

Наиболее распространенный способ восстановления таких поверхностей – это выполнение наплавки. Применение наплавки при восстановлении станин прокатного оборудования или фундаментных плит требует обработки большой площади, а также специальных станков для фрезерования.

Кафедрой МОЗЧМ совместно с кафедрой МиТСП выполняются испытания комбинированного слоя с использованием композитных материалов и наплавки. Суть исследования заключается в использовании наплавочного слоя в качестве армирующего материала, а композитный материал – это прочный и, главное, герметичный слой, применение которого не требует последующей обработки. С этой точки зрения предложенная технология использования современных композитных материалов в комплексе с использованием сварочных технологий является эффективным и экономически целесообразным методом решения проблем восстановления оборудования.

ПЛАЗМЕННОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ АЗОТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

В.А. Мазур к.т.н., доц. ГВУЗ «ПГТУ»

Технологические процессы повышения эксплуатационных свойств инструментальных и конструкционных сталей за счет насыщения поверхностного слоя азотом, углеродом, бором и другими химическими элементами (химико-термическая обработка ХТО) широко распространены в различных отраслях промышленности и дают хорошие результаты.

Главными ограничивающими факторами для процессов ХТО являются: потребность в дорогостоящем оборудовании, большая длительность процесса насыщения поверхности на необходимую глубину, значительные энергозатраты.

Перспективным направлением является сочетание химико-термической обработки с поверхностным упрочнением высококонцентрированными источниками нагрева, например с плазменной поверхностной обработкой. Примером подобных процессов может выступать плазмохимическая обработка - плазменное азотирование, плазменная нитроцементация.

Исследование азотирования в газовом дуговой разряде низкого давления (дуговой разряд с накаливаемым катодом в качестве эмиттера электронов) показали, что азотирования подложек с армко-железа, хромистых сталей и титана в смеси $Ar - N_2$, а также стали Р6М5 в азоте происходит в условиях поддержания их необходимой температуры и в «плавающем» (отрицательном) потенциале. Однако по продолжительности такая обработка практически не отличается от печного газового азотирования. Время процесса может достигать нескольких часов.

Сочетание плазменной упрочняющей обработки с азотированием, в отличие от выше описанного процесса, на данный момент изучено слабо. Однако это направление является перспективным, поскольку позволяет реализовать некоторые особенности процесса насыщения поверхностного слоя сталей азотом, причем время процесса сокращается до нескольких секунд или минут (в зависимости от габаритов детали):

1. Повышение легированности твердого раствора (растворение карбидной фазы при плазменном модифицировании) способствует увеличению растворимости азота в α -фазе. Повышение растворимости азота в α -фазе тормозит образование на поверхности слоя хрупких высокоазотистых фаз, тем самым способствует повышению прочности.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗВАРЮВАННІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

2. Термоциклирование интенсифицирует процесс растворения карбидов и обеспечивает высокую концентрацию легирующих элементов в перенасыщенном α -твердом растворе термообработанной стали. Термоциклирование увеличивает количество дефектов кристаллической решетки, облегчает диффузию, активизирует процесс азотирования и обеспечивает увеличение толщины диффузионного слоя. Нагрев до температуры отпуска и длительная выдержка в процессе азотирования позволяют создать необходимые физико-механические свойства основного металла упрочняемого изделия.

3. Плазменная обработка высоколегированных инструментальных сталей с высоким содержанием W, V, V создает возможность для получения поверхностных слоев с высоким уровнем твердости (до 12,5 ГПа).

Важным условием качественного азотирования является правильное проведение начальной термической обработки инструмента, надлежащей очистки его поверхности, отсутствие обезуглероживания.

Процессы плазменного азотирования изучались с использованием образцов из стали Р6М3 (0,80 - 0,88 С; 3,8 - 4,4 Сr; 5,5 - 6,5 W; 1,7 - 2,1 V, 3,0 - 3,5 Мо) после стандартной термообработки (HRC 63-65; микротвердость 8,5 - 9 ГПа). Глубина азотирования и фазовый состав определялись по изменению микротвердости (прибор ПМТ-3). Плазменная обработка проводилась с варьированием содержания азота в плазмообразующем газе от 5 до 40%.

Исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Плазменная обработка с одновременным азотированием поверхности является перспективным направлением повышения работоспособности режущего инструмента. Благодаря высокой степени насыщения твердого раствора углеродом и легирующими элементами, а также из-за высокой плотности дислокаций, что возникает при плазменной модификации повышается скорость диффузии азота в стали.

2. Широкие технологические возможности плазменной обработки позволяют получать насыщенные азотом слои глубиной соразмерной со стандартной технологией газового и жидкостного азотирования