

Електромагнитно управление на разряда с кух катод във вакуум

Николай Фердинандов

Abstract: *Within the report also developed a magnetic control system arc discharge with hollow cathode in a vacuum. Its use allows a control of the heat flux through the scanning of the discharge on the surface of the article.*

Key words: *Hollow cathode arc, Magnetic system for direction of the vacuum arc*

ВЪВЕДЕНИЕ

Електродъговият разряд с кух катод е разработен, като източник на топлина за осъществяване на широк кръг технологични процеси – заваряване, наваряване, спояване и дори термично обработване при ниски налягания. Целесъобразно е той да бъде използван основно за обработване на химически активни материали като високолегирани стомани, титанови сплави, медни сплави, алуминиеви сплави и др.

Разрядът съществува устойчиво при големина на тока $I_p=5\div 500A$, работно налягане $P_{\text{раб}}=(1\div 10^{-2})Pa$ и количество на подавания плазмообразуващ газ $G_{Ar}=0,3\div 3,0mg/s$ [3]. Максималната плътност на топлинния поток в зоната на нагряване е в рамките на $q_{2m}=5\cdot 10^3\div 10^5 W/sm^2$, което позволява той да бъде причислен към високо концентрираните източници на енергия, отстъпвайки само на лазерния и електронен лъч.

Прилагането на този енергиен източник има и редица металургични предимства свързани с по-лесното отделяне на газове от разтопения метал, като съдържанието им често е дори по-малко в сравнение с това при електронно-лъчевото обработване.

Електронната структура на стълба дава възможност използвайки електромагнитни полета да се влияе върху коефициента на съсредоточеност на топлинния поток и по този начин да се регулира топлоотделянето върху анода в широки граници. Това позволява получаването на наварени покрития с минимален коефициент на смесване, заваръчни шевове с различна форма ($h/b=0,2\div 1,0$), съединения чрез високотемпературно спояване на топлоустойчиви сплави на никелова основа, наваряване на работни повърхности с площ до $100cm^2$, изработването на образци от различни материали (стомана, сплави на основата на титан, цирконий, никел и др.) явяващи се елементи от например: датчици за налягане от силфонно-мембранен тип с дебелина $0,3\div 0,7mm$ и много други.

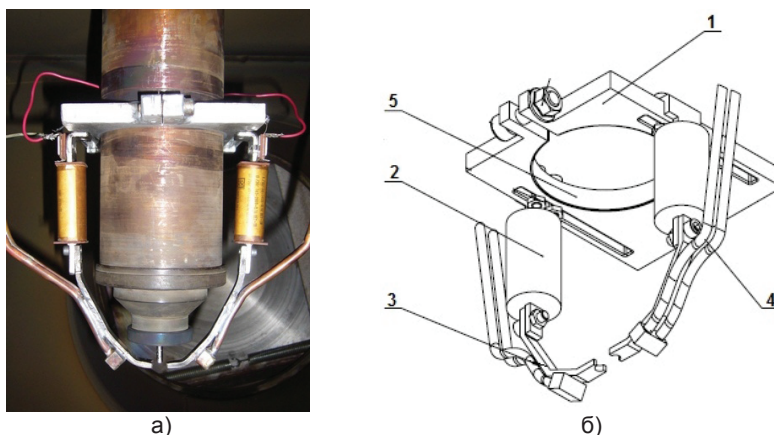
Благодарение на сравнително ниската средна енергия на електроните, стълба се отклонява от слаби магнитни полета ($B=1-4\cdot 10^{-3}T$) гарантиращи концентрираната форма на разряда и при големина на тока под 50A. Причината е намаляване на радиалната дифузия на заредените частици [1, 2].

Целта на работата е да се разработи електромагнитна система за управление на разряда с кух катод във вакуум и да се изследват нейните възможности.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В настоящата работа е представена новосъздадената електромагнитна система (фиг.1), представляваща основен елемент от съществуващата горелка, използвана за обработване чрез електродъгов разряда с кух катод във вакуум [4].

Отклонението на стълба на разряда зависи основно от големината на управляващия ток и размера на крайниците, като в зависимост от съотношението между честотата и амплитудата на управляващия ток може да се получават петна на нагряване с различни размери и конфигурация .



Фиг. 1. Общ вид на съществуващата горелка с монтирана магнитна система за електродъгово обработване с кух катод във вакуум (а) и на самата система (б).
 1- Алюминиева скоба; 2- Бобини; 3- Магнитопроводи; 4- Охладителна система;
 5- Дистанционна втулка.

Електромагнитната система се състои от алуминиева скоба (поз. 1), към която са установени две бобини (поз. 2) с мощност около 6W и обща индуктивност $L=165\text{mH}$. Подвеждането на магнитното поле в зоната на горене на дъгата става с помощта на специални магнитопроводи (поз. 3) изработени от пермалой (Fe + Ni 45–82%). Тази сплав притежава висока магнитна проникваемост, малка коерцитивна сила и малки загуби от хистерезис, благодарение на което се използва в прецизни магнито-механични устройства и там, където има нужда стабилност в среда на променящо се магнитно поле. Двата края на магнитопроводите са на разстояние 12mm един от друг. Тъй като в зоната на дъгата температурата е много висока, с цел предотвратяване на прекомерното им нагряване и евентуално разтопяване магнитопроводите са водоохлаждаеми (поз. 4). За да няма електрическа връзка между магнитната система и екрана на горелката двата елемента се монтират един към друг с помощта на дистанционна втулка (поз. 5), изработена от полиамид.

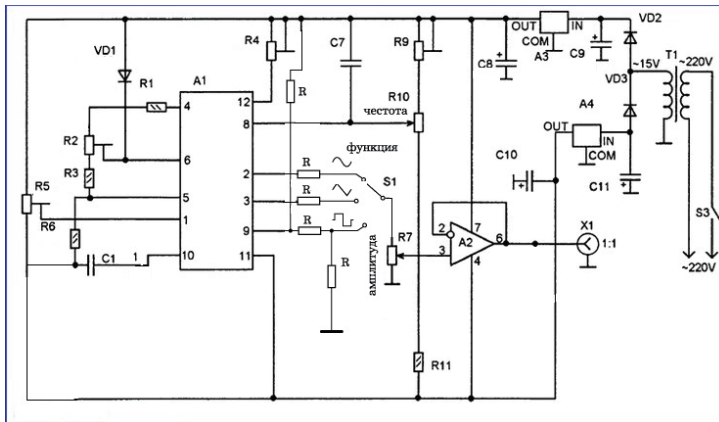
С помощта на тесламетър е измерена плътността на магнитното поле в зоната на разряда, като резултатите са дадени в таблица 1.

Таблица 1. Връзка между големината на захранващото напрежение, управляващият ток и плътността на магнитното поле

Захранващо напрежение, V	Управляващ ток, mA	Плътност на магнитното поле, T
1	1,9	0,00053
2	3,7	0,0011
3	5,6	0,0016
4	7,2	0,0021
5	9,3	0,0027
7,5	14	0,004
10	18,7	0,0053
15	28	0,008
30	56	0,016

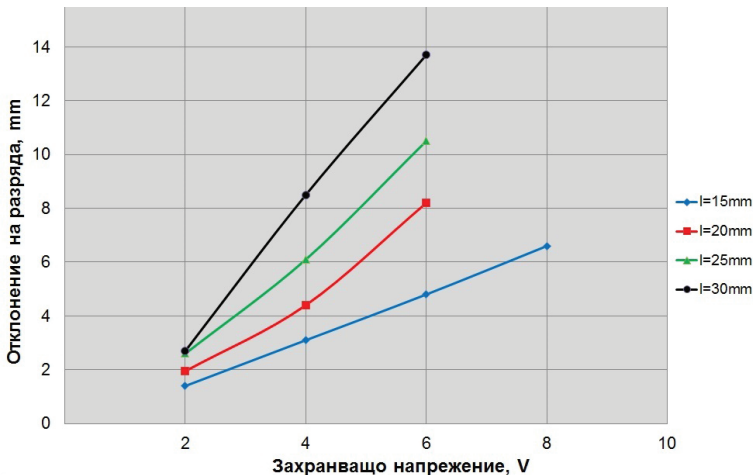
От резултатите се вижда, че плътност на магнитното поле $B=1\pm 4 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ е налице при стойности на захранващото напрежение от порядъка на $U_{\text{запр.}} = 2\pm 7,5 \text{ V}$.

Към електромагнитната система е разработено и специално управление представляващо генератор на правоъгълни, триъгълни и синусоидални сигнали в честотен диапазон от $1\pm 70 \text{ Hz}$ и регулиране на амплитудата на генерираните сигнали от $0\pm 6 \text{ V}$ (фиг. 2). Тук плавна настройка на честотата се извършва с потенциометъра R_{10} . Изходните сигнали се взимат съответно от изводи: 2– синусоидален, 3– триъгълен и 9– правоъгълен посредством галетния превключвател S_1 . Амплитудата на изходния сигнал се задава от потенциометъра R_7 .



Фиг. 2. Генератор на сигнали за нуждите на разработената електромагнитна система

С цел установяване реално пригодността на разработената магнитна система и връзката между големината на захранващото напрежение (плътността на магнитния поток) и разстоянието, на което може да бъде отклонен разряда бяха проведени някои експерименти.



Фиг. 3. Връзка между големината на захранващото напрежение и отклонението на разряда при различните му дължини

Използвани бяха: диаметър на кухия катод $d_{kk}=3,5\text{mm}$; количество на плазмобразуващия газ $Q_{Ar}=3,0\text{l/h}$; големина на тока $I=100\text{A}$; големина на захранващото напрежение на бобините $U_{зхр}=2, 4, 6, 8\text{V}$; дължина на дъговият промеждутък $l=15, 20, 25, 30\text{mm}$.

Измерването на разстоянието, на което се отклонява разряда бе направено с помощта на теодолит „ТННО 010А“, намиращ се на разстояние 2700mm от разряда.

Резултатите (фиг. 3) показват, че отклонението на разряда може да варира в доста широки граници - от около 1,5mm до 14mm едностранно, като максималното е налице при захранващо напрежение 6V и дължина на разряда 30mm. При по-големи стойности на напрежението разряда става нестабилен, поради което тези стойности не бива да се надхвърлят.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената електромагнитна система за управление на разряда с кух катод във вакуум и проведените експерименти позволяват да се направят следните важни изводи:

1. Разработената магнитна система със съответното ѝ управление дават възможност за сканиране чрез стълба на разряда по повърхността на обработваното изделие и получаване на петно на нагриване с различни размери и конфигурация вследствие промяна на съотношение между честотата и амплитудата на управляващия ток. Това ще разшири възможностите на приложение на наличната горелка при наваряване, спояване и най-вече термично обработване (повърхностно уякчаване със и без разтопяване) във вакуум.

2. Чрез промяна на големината на захранващото напрежение и дължината на разряда може да се регулира отклонението на електродъговия разряд с кух катод, като при дължина на дъгата 30mm и напрежение 6V то достига около 14mm едностранно.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Кация К.В., Подъяпольский Г.В., Ямпольский В.М., Сварка в вакууме магнитоуправляемой дугой металла малых толщин. Сварочное производство, №12, 1983, 8-10 с.

[2] Неровный В.М., Бояршина Л.А., Калинин А.Н., Магнитное управление дугой, горящей в вакууме, при наплавке и пайке. Сварочное производство, №12, 1983, 13-14с.

[3] Неровный В.М., Ямпольский В.М. Сварочные дуговые процессы в вакууме. М.; Машиностроение, 2002. 264 с.

[4] Трифонов М., Н. Фердинандов, Хр. Маринов. Усъвършенствана горелка с кух катод за електродъгово обработване във вакуум. Научна конференция АМТЕСН'2005. Русе, България. 147-154с.

За контакти:

Гл. ас. д-р Николай Фердинандов, Катедра “Материалознание и технология на материалите”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, e-mail: nferdinandov@uniruse.bg

Докладът е рецензиран.