Условия за устойчиво възбуждане на електродъговия разряд във вакуум при различни диаметри на кухия катод

Николай Фердинандов

Abstract: *This report presents the results related to research, establishing the possibility of a stable stimulation of the arc discharge at different diameters of the hollow cathode. It is used a burner which is working on multilevel scheme for stimulation of the discharge.*

Key words: *hollow cathode arc, burner, vacuum tehnology.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Електродъговият разряд с кух катод във вакуум е един изключително перспективен източник на енергия, който може да се използва за осъществяване на редица технологични процеси, като заваряване, наваряване, спояване и дори термообработване. Кухите катоди се изработват от волфрам или тантал и са с различни диаметри. За нуждите на заваряването приложение намират такива с диаметър до около 3-4mm и рядко по-големи. При наваряване обикновено диаметърът е над 4mm (в зависимост от използваната схема на работа). В първия случай разходът на плазмообразуващ газ най-често е в рамките на 0,6÷2,5 l/h, а във втория - над 2,5 l/h.

За възбуждане и поддържане на разряда с кух катод се използват основно три типа горелки работещи по едно, дву и многостепенната схеми [2,3]. Последната намира най-широко практическо приложение поради своята простота и надеждност. При нея нагряването на кухия катод до температура на термоемисия става с помощта на спомагателен електродъгов разряд съществуващ между спомагателен меден електрод и кухия катод. За възбуждането му се използва високочестотен разряд от осцилатор или единичен високоволтов импулс например от кондензаторна батерия.

Възникването на такъв искров разряд и впоследствие спомагателен зависи от материала, формата и състоянието на повърхността на електродите, разстоянието между тях, химичния състав и налягането на газа по между им, както и от стойността на напрежението приложено между тях.

Вследствие работата на помпения агрегат при кухи катоди с различен диаметър налягането между тях и спомагателния електрод е различно. Това от своя страна е свързано с необходимостта от натичане в някои случаи на по-големи от нормалните (работни) количества плазмообразуващ газ с цел възбуждане на разряда.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Цел:

- изследване възможността за устойчиво възбуждане на електродъговия разряд във вакуум при различни диаметри на кухия катод.

Задачи:

- избор на основни фактори влияещи върху възможността за стабилно възбуждане на разряда с кух катод, които да бъдат изследвани;
- избор на нива на вариране и установяване посоката им на влияние;
- избор на подходящ софтуер за обработване на получените резултати и построяване на съответните графични зависимости.

МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО:

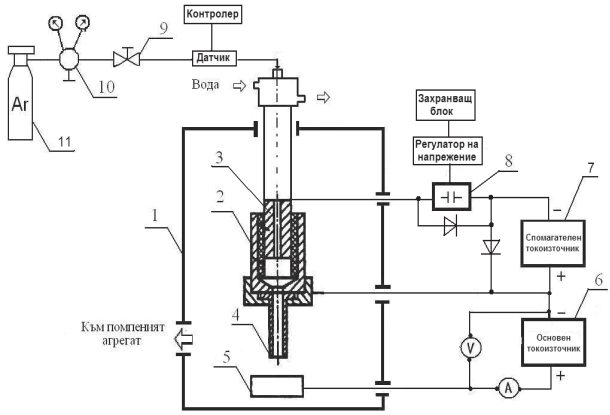
За постигане на набелязаната цел е проведен многофакторен експеримент по план от втори порядък [1], даващ възможност да се получи съответната регресионна зависимост между изследваните фактори и изходния параметър.

Тъй като в случая, като плазмообразуващ газ се използва аргон марка 5.0, а спомагателният електрод е изработен от мед, като управляеми фактори, които да бъдат променяни при провеждане на изследванията са приети: разстоянието между електродите (между спомагателния електрод и основата на горелката) и стойността на приложеното между тях напрежение (фиг.1). Изходният параметър е количеството плазмообразуващ газ необходимо за възбуждане на разряда. Натуралните и кодираните им стойности са показани в таблица 1.

Таблица 1 Нива на вариране на управляемите фактори

Нива на вариране	Натурални стойности		Кодирани стойности	
	Разстояние между електродите, mm	Напрежение между електродите, V	X1	X2
Горно ниво	7	600	+1	+1
Средно ниво	12	500	0	0
Долно ниво	17	400	-1	-1
Интервал на вариране	5	100	-	-

Изборът на нива на вариране на управляемите фактори – разстояние между електродите е направен въз основа на геометричните размери на горелката, а максималната стойност на напрежението е ограничено от необходимостта за безопасна работа.



Фиг. 1. Схема на работа при провеждане на експериментите
1- вакуумна камера;
2- горелка; 3- спомагателен електрод; 4- кух катод;
5- анод;
6- основентокоизточник;
7спомагателен токоизточник;
8- кондензаторна батерия;
9- микронатекател;
10- редуцир вентил;
11- бутилка с плазмообразуващ газ.

Използвани са два диаметъра на кухия катод – 3,5mm (прилаган по-често при заваряване) и 6mm (използван по-често при наваряване). Те се изработват от танталово фолио и са с размери: дължина – 30mm и дебелина на стената – 0,2mm. Токоизточниците са със стръмно падащи външни характеристики, като големината на тока на спомагателния е 40A, а на основния – 100A. Дълбочината на вакуума в камерата е $P_0 = 5.10^{-2}$ mbar.

След установяване на необходимото разстояние (спомагателния електрод е съставен) и напрежение между електродите (чрез регулатор) се натича плазмообразуващ газ през 0,1l/h, до момента на стабилно възбуждане на разряда. Регулирането му се осъществява с помощта на микронатекател Leybold AG, а отчитането на съответното количество – чрез датчик Hastings Mass Flow Controller и цифров уред (контролер) Hastings Flow Monitor (фиг.1).

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ:

Резултатите от проведените експерименти са показани в таблица 2.

Таблица 2 Резултати от проведените експерименти

№ опит	X_1	X_2	$h_{ср}$ при $d_{кк}$ = 3,5mm	$h_{ср}$ при $d_{кк}$ = 6mm
1	17	400	0.9	4.1
2	17	500	0.7	3.2
3	17	600	0.3	2.4
4	12	400	1.2	4.4
5	12	500	0.9	3.4
6	12	600	0.5	2.6
7	7	400	1.5	4.6
8	7	500	1.0	3.6
9	7	600	0.7	2.8

Където: X1 – разстояние между електродите (mm); X2 – напрежение между електродите (V); $h_{ср}$ - средна стойност на количеството плазмообразуващ газ необходим за устойчиво възбуждане на разряда (l/h).

Опитните данни са обработени с помощта на софтуерния продукт за регресионен анализ “STATISTICA 7” [4], като с него са изчертани и повърхнините на еднакъв отклик и са получени следните уравнение на регресия:

$$\hat{Y} = 10{,}29 - 0{,}05.X - 0{,}016.X_2 - 0{,}0011.X^2 + 8.10^{-5}.X_1.X_2 + 5{,}833.10^{-6}.X_2^2$$ - при $d_{кк}$ = 6mm (1)

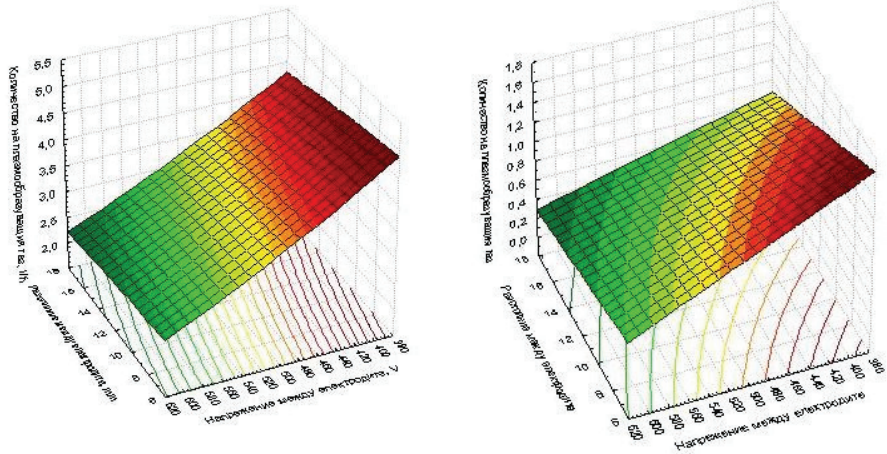
$$\hat{Y} = 4{,}04 - 0{,}129.X_1 - 0{,}005.X_2 + 6{,}67.10^{-5}.X_1^2 + 0{,}0002.X_1.X_2 - 3{,}33.10^{-7}.X_2^2$$ - при $d_{кк}$ = 3,5mm (2)

От графичните и таблични зависимости, представящи получените резултати (табл.2 и фиг.2) се вижда, че при по-малки разстояния между електродите и по-ниски запални напрежения е необходимо дебитът на натичания газ да бъде по-голям. В такъв случай след възбуждане на разряда количеството на плазмообразуващия газ трябва да бъде намалено до работно. Тъй като това изисква време и с цел да се запази целостта на обработваното изделие е необходимо възбуждането и установяването на режима на работа да става върху друго тяло, а впоследствие да се преминава върху основното, което усложнява схемата на работа.

При катоди с диаметър 3,5mm е възможно използването на запално напрежение с по-ниска стойност (500V) независимо от разстоянието между електродите, като количествата на натичания газ са типични за този диаметър и за технологичния процес на заваряване.

При кухи катоди с диаметър 6mm, обаче е необходимо стойността на напрежението и евентуално разстоянието между електродите да бъдат максималните възможни, което би осигурило възбуждане на разряда при работни количества на плазмообразуващия газ, а не при по-големи, които впоследствие да бъдат коригирани.

Тъй като промяната на запалното напрежение става значително по-лесно в сравнение с разстоянието между електродите, подходящ вариант е монтиране на спомагателен електрод с дължина осигуряваща максимално разстояние между тях и след това увеличаване на напрежението до устойчиво възбуждане на електродъговия разряд с кух катод във вакуум.



а) б)

Фиг.2. Зависимост на необходимото количество плазмообразуващ газ от стойността на напрежението и разстоянието между електродите при d_{kk} = 6mm (а) и d_{kk} = 3,5mm (б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изяснени са основните фактори, влияещи върху възможността за устойчиво възбуждане на разряда с кух катод при използване на многостепенна схема на работа: разстоянието, налягането на газа и стойността на напрежението между електродите.

Установени са посоките на влияние на тези фактори.

Опитно получени и графично представени са връзките между стойността на напрежението, разстоянието между електродите и необходимото количество на плазмообразуващия газ гарантиращ стабилно възбуждане на разряда с кух катод.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Митков А., С. Кардашевски, Статистически методи в селскостопанската техника, Земиздат, София, 1977.

[2] Неровны В.М., Ямполский В.М. Сварочные дуговые процессы в вакууме. М. Машиностроение. 2002. 264 с.

[3] Трифонов М., Фердинандов Н. Усъвършенствана горелка с кух катод за електродъгово обработване във вакуум. Научни трудове на Русенския университет “Ангел Кънчев”, 2005, том 44, серия 2 “Прогресивни машиностроителни технологии”, с. 245 – 249.

[4] www.statsoft.com

За контакти:

Гл.ас. Николай Фердинандов “Материалознание и технология на материалите”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 206, e-mail: nferdinandov@ru.acad.bg

Докладът е рецензиран