

*خواص فولطية- تيار للتفريغ القوس لغاز Ar تحت ضغوط واطئه

جعفر لطيف حجي

أ.م.د. عبد الحسين عباس خضير

م.د. أحمد حميد وناس

جامعة القادسية , كلية التربية , قسم الفيزياء / جامعة القادسية , كلية التربية , قسم الفيزياء / جامعة القادسية , كلية التربية , قسم الفيزياء

Email: Ahmed.Hmeed@qu.edu.iq/Email:Abdlhussain.Khadyair@qu.edu.iq/ Email:jaaferlateef@gmail.com

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تغير تيار التفريغ القوسي مع الضغط وكذلك تغير الفولطية مع الضغط لغاز Ar . وقد تم اجراء التجارب عند ضغط من (2Torr) الى (12Torr) , وقد تم قياس التيار و الفولطيه عند هذا المدى من الضغوط , ولمسافات متغيرة حيث تم تغير المسافة بين الاقطاب ما بين 1mm الى 10mm حيث تبين من خلال البحث ان التيار والفولطية يتغيران مع تغير كل من الضغط والمسافة ولاحظنا مدى الاختلاف بالنتائج لكل اقطاب الكاثود المختلفة المواد.

كلمات مفتاحية : التفريغ القوسي , التيار , الفولطية, شفة الربط ,مادة قطب الكاثود

1-المقدمة

كثيرة للقوس فهو يستخدم في مجالات واسعة مثل الرش البلازمي ,القطع , الاضاءة ومعالجة النفايات السامة,للحام وغيرها [5]. والعديد من الدراسات اجريت للتحقق من تأثير الظروف المختلفة مثل غاز العمل ومواد الاقطاب واشكالها وتطبيق مجال مغناطيسي على خصائص القوس والتفاعلات المعقدة بين البلازما والاقطاب و تبريد الجدران [6] حيث قام الباحث Xiu وجماعته بدراسة الخلل المولد للقوس الكهربائي للتيار المستمر دراسة تجريبية وتوضيح ذلك الخلل حيث قام باختبارات مختلفة لتحديد تأثير العوامل المختلفة على القوس مثل طول الفاصلة بين الاقطاب ,والتيار وغيرها , وقد لاحظ بان فولطية القوس تزداد مع زيادة الفجوة

تعتبر الاقواس الكهربائية بلازما حرارية التي لها العديد من الفوائد , مثل التيار المرتفع , درجة الحرارة المرتفعة , و شدة الاشعاع المرتفعة [1] حيث يكون مقدار التيار من مرتبة 1A فأكثر [2] ويتكون القوس من ثلاث مناطق رئيسية هي : منطقة الانود وعمود البلازما و منطقة الكاثود , مناطق الاقطاب (الانود والكاثود) تتشكل من مناطق الالتقاء بين سحابة بلازما الغاز و المواد الصلبة الموصلة[3] ومناطق القوس ميبنة في الشكل(1), تم توليد هذا النوع من التفريغ صناعيا" منذ اوائل القرن الماضي ومن تلك الفترة بدأت الابحاث تتطور لتحسين تطبيقاته[4] هنالك تطبيقات

$$\begin{aligned} & \rho \left(v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) \\ &= -\frac{\partial p}{\partial z} + j_r B_\theta + \frac{\partial}{\partial z} \left(2\eta \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) \\ &+ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r\eta \frac{\partial v_z}{\partial r} + r\eta \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) + \rho g. \end{aligned} \quad (4)$$

حيث h تمثل الانتالبية، C_p الحرارة النوعية، k

التوصيلية الحرارية، اللزوجة، التوصيلية الكهربائية،

ρ كثافة البلازما، U معامل الانبعاث الاشعاعي كل منهم

يمثل دالة لدرجة حرارة الغاز المحيط بالقوس. المتغيرات

الاساسية وتمثل بدرجة الحرارة T ، الضغط p ، والسرع

v_r المحورية و v_z القطرية، على التوالي فهي دوال

لنصف القطر r و للموقع المحوري z في

المعادلات (1)-(4)، و g يمثل تعجيل الجاذبية .

كثافة التيار j و المجال المغناطيسي B في

المعادلات السابقة يمكن ان نحصل عليها باستخدام

معادلة الاستمرارية و واحدة من معادلات ماكسويل:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\sigma \frac{\partial \phi}{\partial r}) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) = 0 \quad (5)$$

$$j_r = \sigma \frac{\partial \phi}{\partial r} \quad j_z = \sigma \frac{\partial \phi}{\partial z} \quad (6)$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rB_\theta) = \mu_0 j_z \quad (7)$$

حيث ϕ هي الجهد الكهربائي و μ_0 هي سماحية

الفراغ [10].

[7] وقد قام الباحث Zhao Peng وجماعته بدراسة

خصائص قوس بلازما التتروجين مع الانود المنصهر

حيث استخدم في دراسته كاثود مصنوع من الكرافيت و

فحص الجهد باعتباره دالة للتيار و طول البلازما

الظاهري ولاحظ بان الفولطيه تزداد لخطيا" مع زيادة

طول البلازما الظاهري [8].

2-المعادلات الحاكمة

قد بينا في الفقرة السابقة بان القوس يتكون من

ثلاث مناطق رئيسية وكما مبين ذلك في الشكل (1)

وهي منطقة الانود ومنطقة عمود البلازما ومنطقة

الكاثود وسوف نركز على منطقة عمود البلازما حيث

نفترضها بانها منطقة توازن ثرموديناميكي موقعي

(LTE) ونفترض بان التدفق يكون جانبيا" . وعلى هذا

الاساس فأن معادلات الحفظ للكتلة ، الانتالبي ، الزخم

القطري ، و الزخم المحوري للقوس تكون كالآتي، على

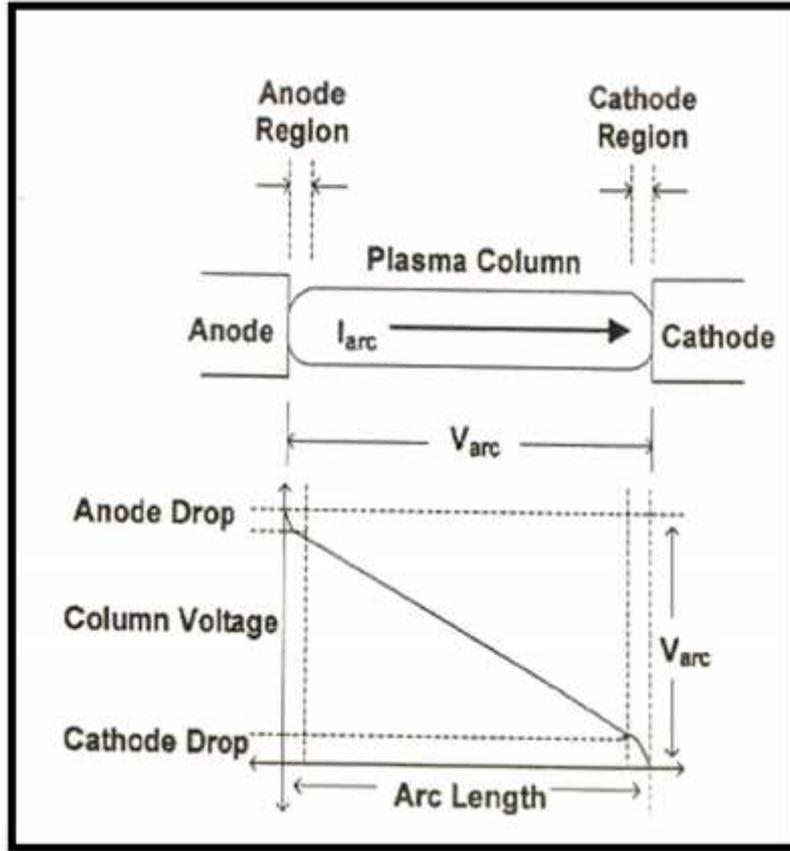
التوالي [9]:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\rho v_r) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho v_z) = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial r} (\rho v_r h) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho v_z h) &= \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{rk}{c_p} \frac{\partial h}{\partial r} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{k}{c_p} \frac{\partial h}{\partial z} \right) + \frac{j_r^2 + j_z^2}{\sigma} - U \end{aligned} \quad (2)$$

$$\rho \left(v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial r} - j_z B_\theta$$

$$\begin{aligned} &+ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(2r\eta \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial z} \left(\eta \frac{\partial v_z}{\partial r} + \eta \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) - 2\eta \frac{v_r}{r^2} \end{aligned} \quad (3)$$



[11]

(1)

-3

على فتحات جانبيه داخلية يتدفق خلالها الماء لغرض التبريد، أما الزجاج الاسطوانية المستخدمة فهي ذات قطر 15cm وطولها حوالي 14.1cm وسمكها 5mm مصنوعة من زجاج البايروكس، أما شفة الربط السفلى المصنوعة من البراص أيضاً تحتوي على فتحة مركزية بقطر (1.5cm) لغرض تغذية الانود بالفولطية وتغيير المسافة الفاصلة بين الاقطاب عن طريق ساق براص محورية، والكاثود المستخدم يكون شكله اسطواني ونهايته مخروطية الشكل بحيث تكون زاوية رأس المخروط حوالي 60° وقد تم استخدام أربعة أنواع من أقطاب الكاثود المصنوع من الحديد Iron والحديد المقاوم للصدأ

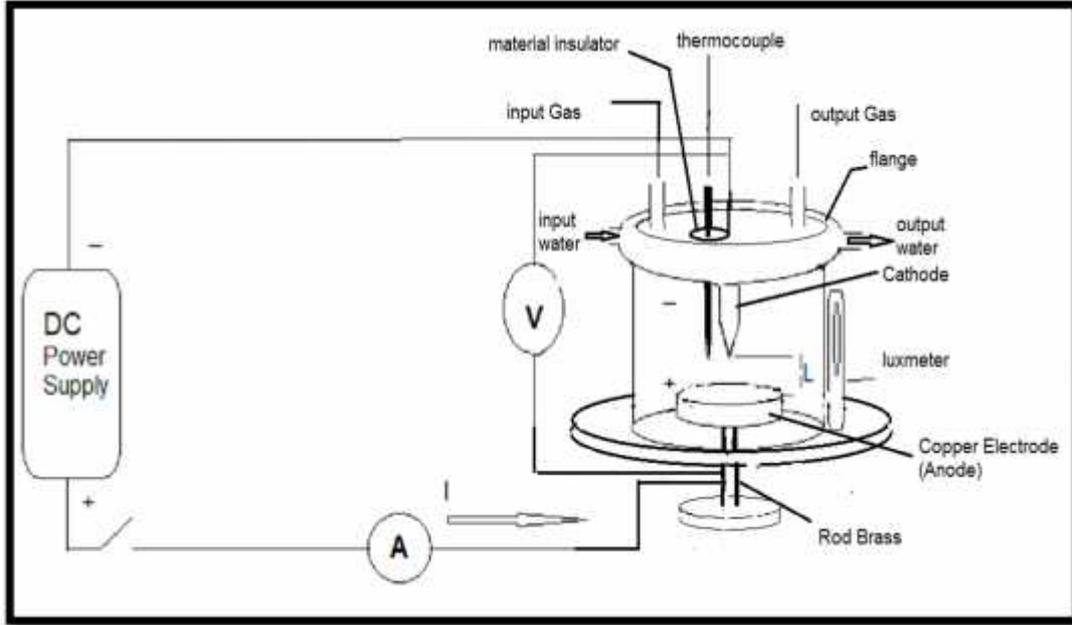
تم استخدام المنظومة التجريبية المبينه في الشكل (2) لدراسة خواص فولطية -تيار للتفريغ القوس، حيث تتكون هذه المنظومة من حجرة التفريغ القوسي والاجهزة المستخدمة:

3-1-حجرة التفريغ القوسي

يتكون هذا الجزء من: شفة ربط (فلنجه) العليا مصنوعة من البراص (Brass) قطرها الخارجي 17.5cm وسمكها 4.38cm تحتوي هذه الفالنجة على ثلاثة فتحات نافذة بقطر (2.1cm) منها لغرض تدفق الغاز ومنها لتغذية الكاثود بالفولطية ومنها لادخال المزيج الحراري داخل الحجرة وايضا" تحتوي

أما الانود فقد تمتهيته من النحاس على هيئة قرص
قطرة تقريبا " 8.6cm وسمكة 1.8cm. والشكل
(4)يبين صورته للانود المستخدم

والبراصBrass و النحاس و Stainless steel
والشكل (3) يبين صورة للاقطاب المستعملة و
المصنوعة من مواد مختلفة .



(2)



(3)



(4)

3-2- الاجهزة المستخدمة

تم استخدام مضخة تفريغ ميكانيكية (Rotary Pump) نوع TRIVAC D16B ذات قدرة تصميمية تصل الى 10^{-2} تور وهي مناسبة لعملنا وقد تم الوصول والحصول على ضغط للحجرة يساوي 10^{-2} تور وبعد ذلك يتم ضخ غاز الاركون للحصول على الضغط المطلوب. تم استخدام مقياس ضغط نوع pirani لقياس الضغط داخل الحجرة. وقد تم قياس فرق الجهد بين الكاثود والانود باستخدام افوميتر رقمي تم ضبطه لقياس فرق جهد المستمر بحدود (0-200) فولط. واستخدامنا اميتر رقمي يمكنه قياس تيارات قيمتها تصل الى 400A. واستعملنا مجهز قدرة ذو تيار عالي من شركة انجيكو INGCO ,مدى التيارات المجهزه بحدود(10-200) أمبير وهو ملائم لظروف العمل.

4- الظروف التجريبية

وجدنا ان الكاثود بعد عدد من التفريغات الكهربية يبدأ بالانصهار جزئياً" مما يتوجب علينا اعادة تشكيله بنفس الهيئة حيث ان طرفه المدبب يبدأ بالذوبان ويتغير شكله , استعملنا الة الشدذ الكهربية ذات سرع متغيره مثبتة على منضدة وباستعمال انواع معينه من اقراص الشدذ الخاصه بتلك الالة . وكذلك الانود فإنه يتأثر بالتفريغ القوسي حيث انه عند اي قراءة فان جزء من المواد المترسبة الناتجة عن انصهار الكاثود تتراكم على الانود مما يستوجب ازالة تلك الرواسب, وبعد اعادة تشكيل الكاثود نستخدم اوراق الصنفرة الخشنه ثم الناعمه ثم الانعم وبعد ذلك يتم غسله بالكحول المركز بمقدار 96% , أما الاسطوانة الزجاجية فوجدنا انها ايضا تتأثر بالرواسب الناتجة عن التفريغ وفي بعض الاحيان

الكاثود و الشكل (5) يبين صورته للكاثود والانود والزجاجة الاسطوانية بعد عملية التفريغ القوسي.

يتطاير رذاذ من الكاثود المنصهر على السطح الداخلي للاسطوانة فاننا لاجل ازالة تلك الرواسب استخدمنا اوراق الصنفرة بدقة لازالة تلك الرواسب، اما عملية تبريد شفة الربط (فلنجه) العليا قد استخدمنا مضخة ماء في عملية تبريد الفلنجه العليا وذلك عن طريق توصيل المضخة بانابيب بلاستيكية تقوم بادخال الماء البارد الى شفة الربط العليا عن طريق ثقبين داخلها وبالتالي تبريد



(5)

5- طريقة العمل

6- النتائج والمناقشة

في الاشكال (6,7,8,9) تم الحصول على قيم للفولطية وللتيار وتغيرهما مع الضغط والمسافة الفاصلة بين الاقطاب ولمختلف مواد أقطاب الكاثود وفي الشكل (6) الذي يبين تأثير مادة قطب الكاثود على العلاقة بين تيار التفريغ القوسي وضغط غاز (Ar) يتبين وبشكل واضح ان التيار يزداد مع زيادة الضغط بسبب ازدياد عدد التصادمات مما يؤدي الى زيادة الالكترونات المتحررة والشكل (8) زيادة التيار مع المسافة الفاصلة بين الاقطاب كان ذلك بسبب زيادة المسار الحر للالكترون وزيادة طاقته الحركية وبالتالي زيادة قدرته على تأين الذرات , ولاحظنا بان مقدار الفولطية وكذلك مقدار التيار يتذبذب وبصوره سريعة بين الهبوط والارتفاع حيث قمنا بأخذ المعدل من مجموع قراءات قمنا بتسجيلها حيث تبين لنا بأن هذا التذبذب في القراءة ناتج عن تدفق الغاز مما يؤثر على استقرارية القوس , وكذلك تبين لنا بان هذا التذبذب ناتج عن ذوبان جزء من الكاثود وهي قضية ثانية تتسبب في عدم استقرارية القوس حيث ان القوس يتذبذب بصورة سريعة حول المحور , والشكل (7) و (9) يبينان بان الزيادة في ضغط الغاز و المسافة بين الاقطاب يسبب زيادة الفولطية بسبب زيادة مقاومة القوس , وهذا يتفق مع الباحث Zhao وجماعته [8], وكذلك لاحظنا بأن مقدار تغير التيار والفولطية مع تغير ضغط الغاز والمسافة الفاصلة بين الاقطاب يكون متقارب بالنسبة للكاثود

1-تفرغ حجرة القوس الكهربائي من الهواء الى ضغط (0Torr)

2-يتم ضبط المسافة الفاصلة بين الاقطاب بأستخدام المسطرة المترية

3-يتم ضخ غاز الاركون Ar الى حجرة التفريغ القوسي

4-تعاد الخطوتين 1 و 3 مرتين لغرض الحصول على ظروف نقاوه افضل للغاز داخل الحجرة, ومن ثم يتم ضبط ضغط الغاز

5-نبدأ بتشغيل مضخة الماء الخاصه بالفلنجه العليا

6-يتم توليد القوس بطريقة السحب

7-تتم عملية تسجيل التيار المار وفرق الجهد والضغط و التيار الذي يجهزه المصدر

8-نزيد تيار القوس ونسجل فرق الجهد ولعدة قيم للتيار.

9-اعادة تشكيل الكاثود وازالة الرواسب المتولدة من التفريغ القوسي

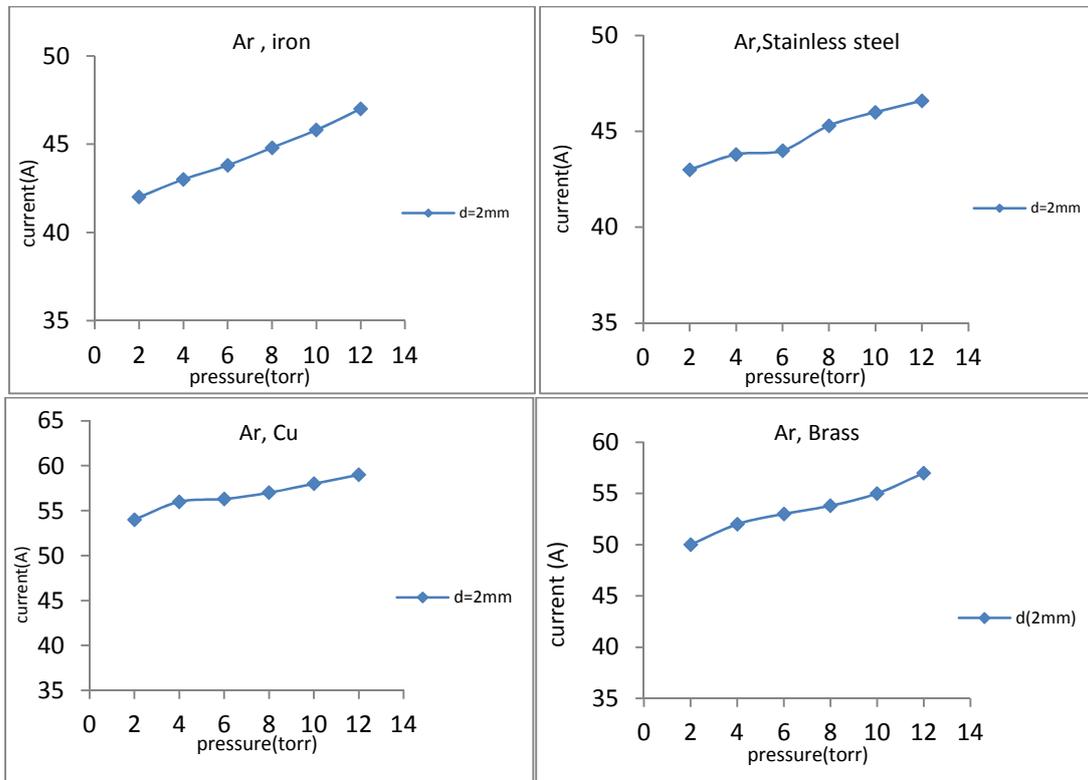
10-تعاد الخطوات من 1 الى 8 لكل نوع من مواد الكاثود

والفولطية مع تغير كل من الضغط والمسافة للقطب المصنوع من مادة الحديد والحديد المقاوم للصدأ تكون مختلفة عن تغير قيم التيار والفولطية في حالة كون القطب مصنوع من النحاس والبراص ويرجع ذلك لاختلاف قيم دالة الشغل للمواد المستخدمة

المتشكل من الحديد والحديد المقاوم للصدأ وكذلك تكون النتائج متقاربة بالنسبة للكاثود المتشكل من النحاس والبراص وقد يكون سبب هذا التقارب في النتائج ناتج عن تقارب دالتي الشغل للحديد والحديد المقاوم للصدأ وكذلك تقارب دالتي الشغل للنحاس والبراص .

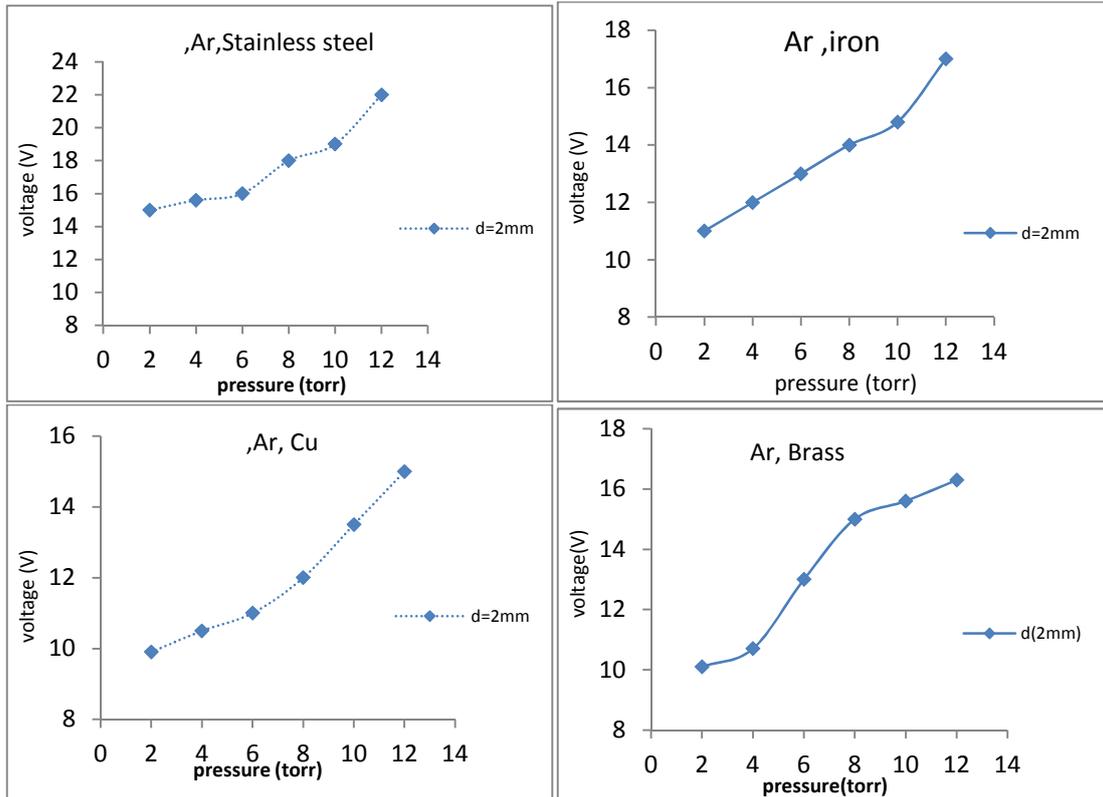
7- الاستنتاجات

ان اختيار مادة القطب مهم جداً في الدراسات المتعلقة بالقوس الكهربائي وعلى هذا الاساس فان تغير التيار



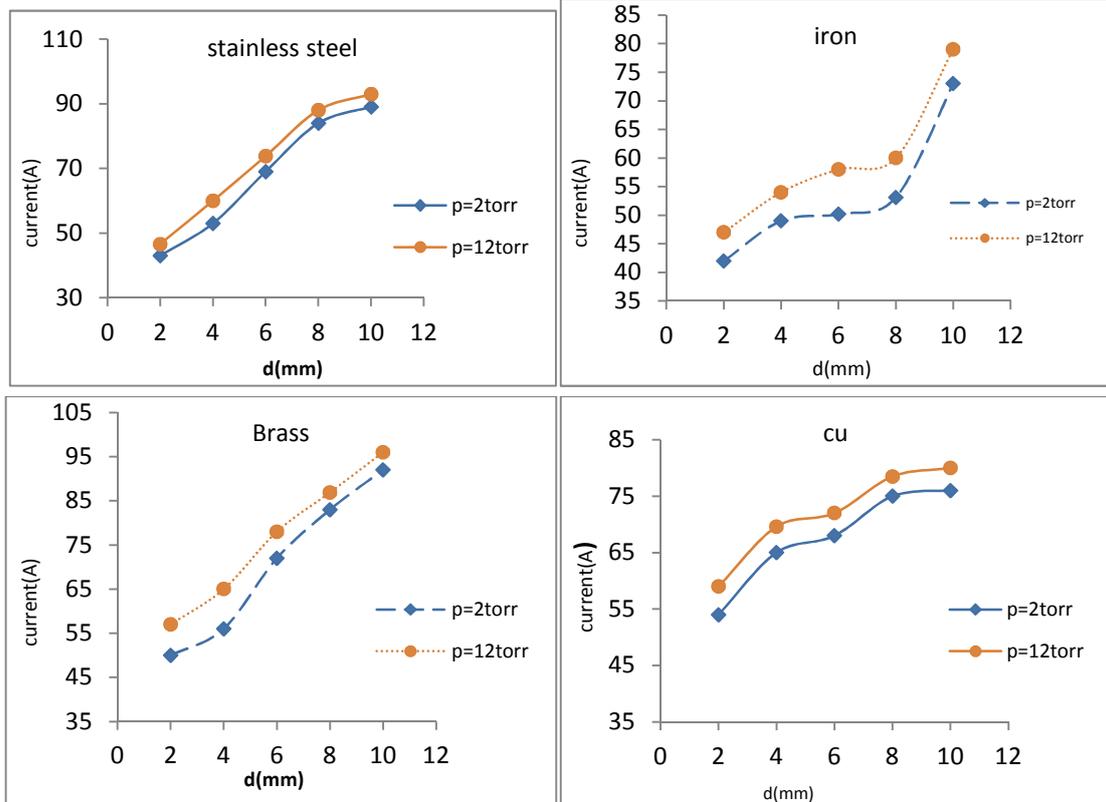
Ar

(6)



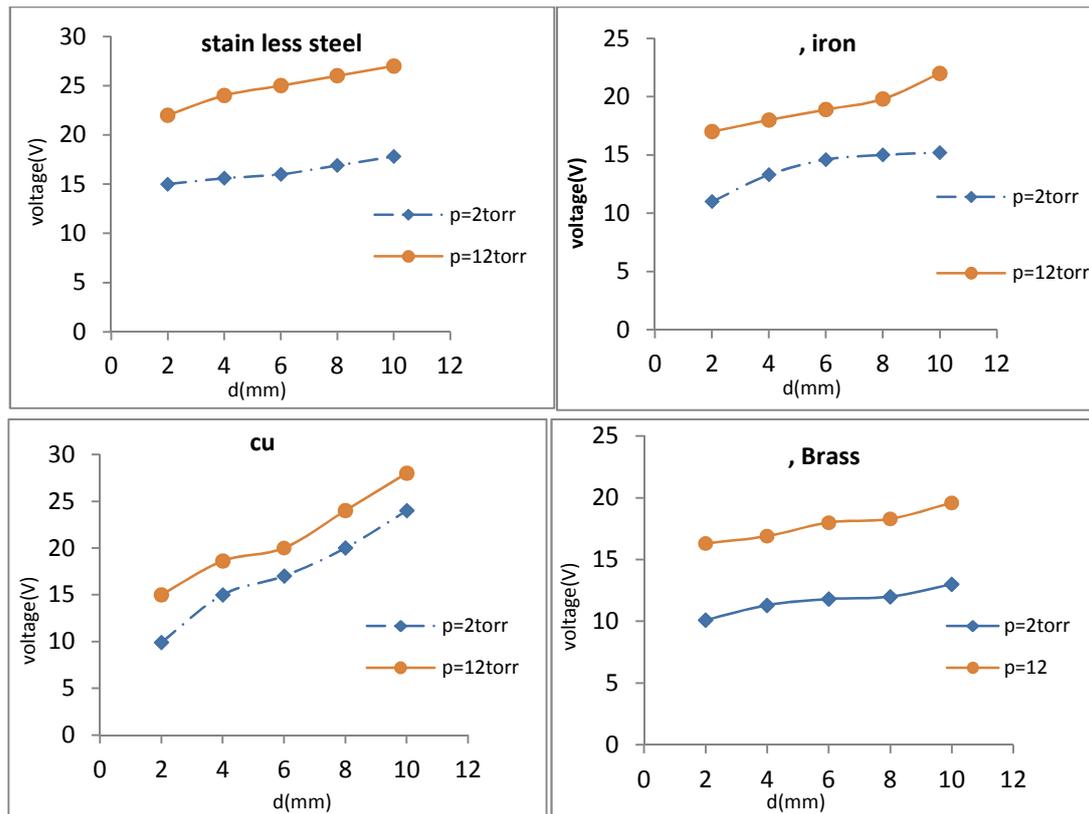
Ar

(7)



(8)

Ar



(9)

Ar

-8

5- He-P.Li, M.S.Benilov 2007, J.Phys.

40 2010-2017

6- Peiuan Zut, J J Lowke and R Morrow, 1992

A unified theory of free burning arcs Cathode

sheaths and cathodes, J. phy. D: phys. 25

7- X. Yau, L. Herrea, Y.Huang, and J.Wang

2012 The Delection of DC Arc fault:

Experimental study and fault Recognition

, IEEE 978-1-4577- 1216.,

1- Zhao.P, Ni.Guo-Hua, Jian .Y M, and

Chen L.W 2010, J,Hazard.Mater,181, 580

2- Yuri P .Raizer, 1991 Gas Discharge Physics

,Springer,

3- J..M.Somerville, 1959 The Electric Arc

London, U.K.:Wiley,

4- Gidalevich E, Goldsmith S and Boxman R

L 2004 Plasma Sci. Source Sci. Technol. 13

454-60

Lowke J J 2003 , Plasma chm.Plasma

Process. 23 585.

11-T.E.Browne, Jr. .1955, The electric arc as

a circuit element, J.Electrochem.Soc

.,vol.102, no.1,pp.27-37,Jan.

8- Z. Peng , N. Guo-Hua , M. Yue-Dong ,N

Masaaki 2013 . Volt- Ampere characteristics

of a nitrogen DC Plasma arc with anode melting

.Chin .Phys.B,vol.22,No.6

9- Loweke J J,Kovitya P, and Schmidt H-P

1992 J. Phys . D: appl Phys. Submitted Lowke J J

10- Tanaka M , Terasaki H , Ushio M ,and

***Voltage-Current characteristics for Arc discharge with low pressure at Argon gas**

JAAFER .L.HAJEE / Dr.Abdul Hussain A.Khudair / Dr.Ahmed H. Wanas

University Al- Qadisiyah.

University Al Qadisiya.

University Al Qadisiya.

College of Education .

College of Education .

College of Education .

physics Department

physics Department

physics Department

Email: Email:jaaferteef @gmail /Email:Abdlhussain.Khadyair@qu.edu.iq / Ahmed.Hmeed@qu.edu.iq

Abstract:

. The research paper discuss the change in current and voltage of arc discharge with the pressure Argon gas respectively . at gas pressure of (2Torr) to (12Torr), we measured current and voltage at this range of pressures by varying distances were changing the distance between the electrodes at range 1mm to 10mm .as shown through research that the current and voltage are changing with every change of pressure and the distance.