تأثير متغيرات التشغيل بعملية التفريغ الكهربائي

زهير سمين شكر
مدرس مساعد
المعهد التقني - بعقوبة / قسم الكهرباء

د. مصطفى احمد رجب
أستاذ مساعد
المعهد التقني - بعقوبة / قسم الميكانيك

الخلاصة :

أوضحت نتائج البحث ان زيادة زمن مكوث النبضة يؤدي الى انخفاض معدل إزالة كل من معدن القطعة المشغلة والقطب وان أعلى معدل إزالة كان للكاربيد من نوع(GT 30) بينما كان أوطأ معدل إزالة للكاربيد من نوع (K 30)، والذي كان معدل استهلاك الأقطاب في (K 30) أعلى من النوع الأول (GT 30) كما أوضحت النتائج ان استهلاك أقطاب النحاس كان اكبر من استهلاك أقطاب الكرافيت بغض النظر عن مقدار زمن مكوث النبضة. من ناحية أخرى وجد أن زمن مكوث النبضة من (5 ← 100) مايكروثانية يؤدي الى ارتفاع مقدار الخشونة السطحية وبالتالي الى انخفاض مقاومة الكسر العرضي .أما زيادة الضغط من (50 ← 145) كيلو باسكال يقود إلى انخفاض في معدل إزالة القطب في حين أن زيادته إلى(250) كيلو باسكال يؤدي الى زيادة معدل إزالة القطب. وقد بينت النتائج أيضا أن زيادة ضغط المحلول الالكتروليتي من (50 ← 145) كيلو باسكال يؤدي إلى انخفاض الخشونة السطحية والصلادة لجميع الكاربيدات المستخدمة،وبالتالي زيادة مقاومة الكسر العرضي ، بينما يحدث العكس من ذلك عند زيادة ضغط المحلول الالكتروليتي إلى(250) كيلو باسكال .

Abstract

The results of research show that the increase in dwell time pulse leads to a decreased rate of removal of each metal piece and the operator and the pole removed, had the highest rate of carbide-type (GT 30) while the lowest rate of removal of carbide-type (K 30), which was the rate of consumption in the polar (K30) is higher than the first type (GT30) and the results showed that the consumption of copper cathode was greater than consumption of Graphite Electrodes, regardless of the amount of time of stay of pulse. On the other hand found that the time of stay of the pulse (5 → 100) ms lead to a high degree of surface roughness and therefore less resistance to accidental breakage. The increase of pressure (50 → 145) kPa leads to a decrease in the rate of removal of the pole, while the increase to (250) kPa leads to increase the rate of removal of the pole. The results showed also that increasing the pressure of the electrolytic solution (50 → 145) kPa leads to a reduction of surface roughness and hardness of all carbides used, and therefore increase the resistance of accidental breakage, while the opposite will happen that when you increase pressure solution to electrolytic (250) kPa.

الغرض من البحث :

يهدف البحث إلى دراسة تأثير متغيرات عملية التشغيل بالشرارة الكهربائية والمتضمنة على زمن مكوث النبضة وضغط المحلول الالكتروليتي على خواص كاربيدات القوالب (K30 ،GT50، GT30) المتمثلة بمقاومة الكسر العرضي والصدمة ، ومعدل إزالة الكاربيد ، واستهلاك الأقطاب ، بغية تحسين كفاءة عملية التشغيل لمكائن القطع بالشرارة الكهربائية في معمل القوالب التابع لشركة نصر للصناعات الميكانيكية.

المقدمة : Introduction

تحصل عملية التشغيل بالشرارة الكهربائية نتيجة التفريغ الكهربائي الحاصل على سطح القطب والذي يكون بشكل معكوس للشكل النهائي المطلوب للمنتج ، حيث يتم التشغيل عندما يتولد سيل متواصل من الشرارة الكهربائية التي تصطدم بسطح الشغلة مؤدية إلى صهر (Melting) وتبخير المعدن (Vaporsing) ، لذا تتكون فوهات (Craters) على السطـح المشغل مما يؤدي الى تنقر القطعة واستهـلاك القطب،بينما يساعـد المحلـول الالكتروليتي على إزالــة المخلفـات (Debris) الناتجة خلال العملية وإبعادها عن موقع التشغيل [1 ، 2] .

يعتمد حجم المعدن المزال على المتغيرات الأساسية لعملية التشغيل (المتمثلة بالفولتية ، كثافة التيار، زمن مكوث النبضة ، القطبية) وعلى نوع المعدن المشغل ، نوع القطب . كما ويؤثر حجم المعدن المزال بدوره على الخشونة السطحية للسطح المشغل وكذلك على تأكل القطب عند استمرار التشغيل ، حيث يفقد القطب شكله الدقيق مما يستوجب ضرورة استبداله [3 ، 4] . ولكي تنجز عملية التشغيل بالشرارة الكهربائية بشكل منتظم ومستمر يتطلب ذلك شرارة كهر بائية مستقرة وفجوة (Gap) مناسبة بين القطب (العدة) والشغلة التي تكون بحدود (0.025) ملم ، حيث إن اتساع الفجوة لا يساعد على تأين المحلول الالكتروليتي وبالتالي يعيق حصول عملية التشغيل ، بينما يؤدي صغر الفجوة الى التحام القطب بالشغل لذا يتم التحكم بهذه الفجوة عن طريق مؤازر ميكانيكي(Servo – Mechanism) [5] كما يؤدي زيادة التيار الى زيادة كمية المعدن المزال من الشغلة وتؤثر أيضا الطاقة الكهربائية الموجودة في كل نبضة على خشونة السطح المشغل وكما موضح في العلاقة التالية [6] :

$$Ra = 0.75 + 0.43\ Ip^{(0.6)}.\ E^{(0.106)} \text{ ----------(1)}$$

حيث ان : Ra = Mean Surface Roughness (um)

Ip = Pulse Current (A)

E = Pulse Energy (J)

كما ويعتبر اختيار القطبية للشغلة (Work piece) وللقطب (Electrode) ومن أكثر العوامل المؤثرة على مقدار التآكل الذي يحصل للقطب والشغلة ، وفي اغلب الأحيان يربط القطب (أداة القطع) الى القطب السالب والقطعة المشغلة الى القطب الموجب عند التشغيل باستخدام نبضات قصيرة ألازمان (100 مايكرو ثانية) في حين يربط قطب التشغيل الى القطبية الموجبة عند استخدام نبضات بأزمان طويلة(1000 مايكروثانية) [7،8] .

وقد أثبتت بعض الدراسات [9 ،10] مساوئ استخدام المركبات العضوية كمحاليل الكتروليتية حيث انها تسبب توليد غازات سامة ، بالإضافة إلى عناية خاصة في النقل والخزن كما انها تؤدي الى حدوث حرائق، وكذلك فأنها تؤدي الى تبديد جزء من طاقة الشرارة خلال التفاعل الكيمياوي كما وجد أيضا ان استخدام النحاس كقطب لتشغيل الفولاذ يؤدي الى تكوين طبقة من القطران التي يصعب إزالتها من الشغلة في حين يؤدي استخدام الكرافيت كقطب لتشغيل الفولاذ الى إشباع المحلول الالكتروليتي بكاربيد الحديد (Fe_3C) .

الإجراء العملي : Experimental Produce

تم اختيار الكاربيدات (K30 ,GT50 ,GT30) في هذا البحث لكونها أكثر أنواع الكاربيدات استخدما في صناعة القوالب ، وان اغلب منشأتنا الصناعية تعتمد عليها في صناعة القوالب. الجدول (1) يوضح التركيب الكيميائي لهذه المواد . اما بالنسبة الى مواد أقطاب التشغيل فهي من النحاس أو الكرافيت ، والجدول (2) يوضح بعض الخواص الفيزياوية لهذه المواد .

استخدام جهاز اختبار الكسر العرضي (TRS) بعد تصفيرهُ ومعايرته ، نوع (Universal Testing System Zwick 1454) لتحديد طاقة الكسر العرضي للعينات التي تم تشغيلها في ظروف مختلفة وقد تم استخدام عوارض إسناد كاربيدية نوع SH للتحميل وحسب المواصفات القياسية ISO – 3327 , B 406 - 76 . وقد أنجزت عملية التشغيل بالشرارة الكهربائية بعد تحضير العينات وإعداد الماكنة للتشغيل ، كما تم ضبط الماكنة وفق ظروف التشغيل الموضحة حسب الجدول (3- a , b) .في حين تم حساب معدل إزالة المعدن بالاعتماد على الزمن المستغرق خلال عملية التشغيل بالشرارة الكهربائية حيث حدد وزن العينة قبل التشغيل وبعده لتحديد مقدار الفقدان بالوزن نتيجة التشغيل .

$$\text{معدل إزالة المعدن} = \frac{\text{وزن المعدن المزال (ملغم)}}{\text{الزمن (دقيقة)}}$$

وزن المعدن المزال (ملغم)= وزن العينة قبل التشغيل (ملغم)- وزن العينة بعد التشغيل (ملغم)

اما نسبة التآكل في القطب (العدة) فقد تم حسابها بالاعتماد على معدل إزالة المعدن للقطب والشغلة حسب المعادلة التالية :

$$\text{نسبة تآكل القطر} = \frac{\text{معدل إزالة معدن القطب (ملغم/دقيقة)}}{\text{معدل إزالة معدن القطعة المشغلة (ملغم/دقيقة)}}$$

ان عينات عملية التشغيل بالشرارة الكهربائية قد تم تقطيعها من قضبان قياسية منتجة بطريقة تكنولوجيا المساحيق ، وبطول (43.2) ملم لغرض اختبارات الكسر الصدمي ، وقد اخذ بنظر الاعتبار دقة الأبعاد وتعامد الأسطح من محاورها لجميع العينات وكذلك خشونة السطح ونظافتها بإزالة المتعلقات الناتجة عن عملية التلبيد (Sintering). في حين تم تحضير أقطاب التشغيل بالشرارة الكهربائية بعد تقطيعها من قضبان الكرافيت (كرافيت 86 % + ألمنيوم 14 %) والنحاس النقي 98 .99 % ، وقد تم تشغيل هذه الأقطاب وحسب الأبعاد المطلوبة لها بمقطع مسطح وبأبعاد(5 ×10× 36) ملم ، حيث أجريت عملية الصقل على السطح البيني للقطب المقابل للقطعة المشغلة اما فيما يخص حساب إجهاد الكسر العرضي فقد تم من خلال المعادلة التالية :

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2}$$

حيث ان : σ = إجهاد الكسر العرضي (نيوتن \ ملم^2)

F = الحمل المطلوب للكسر (نيوتن)

L = المسافة بين المسندين للاسطوانتين (ملم)

b = عرض العينة (ملم)

h = ارتفاع العينة (ملم)

النتائج والمناقشة : Result and Discussion

تتضمن ظروف التشغيل بالشرارة الكهربائية على عدة متغيرات تسيطر على كفاءة التشغيل والمتمثلة بزمن مكوث النبضة (الذي يساعد على استقرارية حدوث الشرارة الكهربائية بين القطب والقطعة المشغلة وبالتالي استمرار عملية التشغيل).

1) تأثير زمن مكوث النبضة على:

a) معدل إزالة المعدن للكاربيدات باختلاف نوع القطب

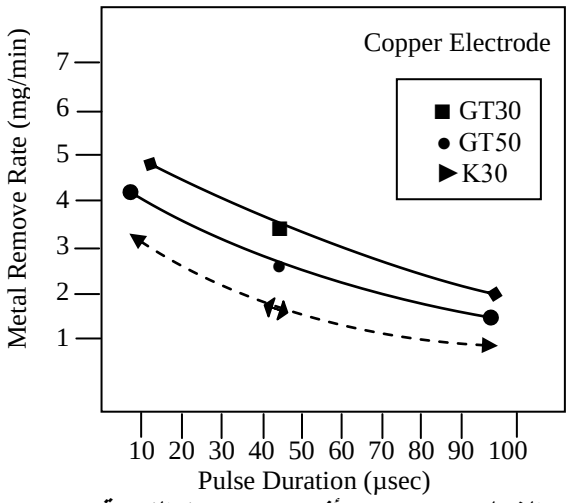
يوضح الشكل (1) تأثير زمن مكوث النبضة على معدل إزالة المعدن للكاربيدات المشغلة باستخدام أقطاب من النحاس ، حيث وجد ان زيادة زمن مكوث النبضة من (5) مايكروثانية الى (30) مايكروثانية يؤدي الى إنخفاض في عدد ضربات الشرارة وبالتالي تنخفض القابلية على إزالة عدد أكبر من الاجزاء الصغيرة من سطح القطعة المشغلة.وبالتالي يؤدي الى انخفاض معدل ازالة المعدن لجميع الكاربيدات المستخدمة (K30 ، GT 30 ، GT 50) نتيجة انخفاض عدد ضربات الشرارة التي لها القابلية على إزالة عدد كبير من الأجزاء الصغيرة من سطح القطعة المشغلة نتيجة الانصهار والتبخر الحاصل في ان واحد ولكن عند زيادة زمن مكوث النبضة الى (100) مايكروثانية فان الانخفاض في معدل الإزالة يكون قليل بسبب الانصهار الكبير للطبقة السطحية للقطعة المشغلة ، حيث ان هذا الانصهار يؤدي الى توسيع الفوهات التي تظهر على السطح لذا يقل تأثيرها في انخفاض معدل الإزالة للمعدن نتيجة تشتت الحرارة في منطقة الانصهار .

أما الشكل (2) فيبين تأثير زمن مكوث النبضة على معدل إزالة المعدن لقطعة التشغيل باستخدام أقطاب الكرافيت حيث ينخفض معدل إزالة المعدن بشكل كبير عند زيادة زمن مكوث النبضة من (5 - 30) مايكروثانية ، ولكن هذا الانخفاض يقل قليلا عند زيادة زمن المكوث إلى (100) مايكروثانية وعند الإمعان في الأشكال (1،2) نجد إن معدل الإزالة عند تشغيل الكاربيد (GT30) هو اكبر مما هو عليه للكاربيد (GT50) والأخير هذا بدوره يكون معدل الإزالة فيه اكبر من الكاربيد (K30) وقد يرجع السبب في ذلك الى الاختلاف في كل من التركيب الكيمياوي وحجم الحبيبات لتلك الكاربيدات .

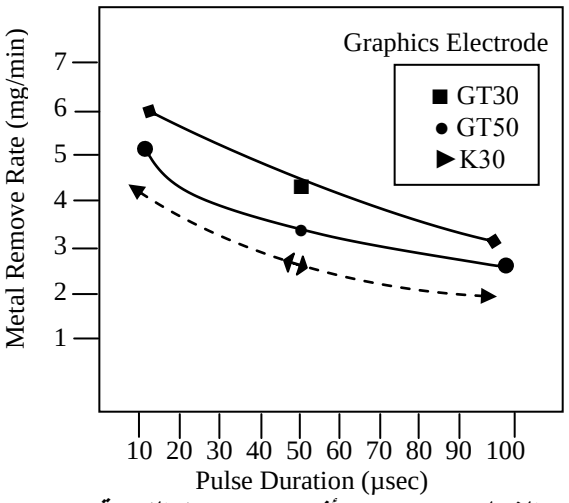
حيث وجد ان الكاربيد من نوع (GT30) يتضمن على (85 %) كاربيد و (15 %) كوبلت كمادة رابطة ، أما الحجم الحبيبي لها فهو صغير بحدود (0.75) مايكرومتر مما يسهل من عملية قلعها أثناء تعرضها للشرارة الكهربائية (بسبب تركيز الحرارة) والذي يساعد على ذلك أيضا هو نسبة المادة الرابطة القليلة (الكوبلت) التي تحيط بحبيبات الكاربيد (GT30) تكون رقيقة ، وعلى هذا الأساس يكون معدل الإزالة كبير .

أما الكاربيدات من نوع (GT50) [المتضمنة على (75 %) كاربيد مع (25 %) كوبلت ، والحجم الحبيبي لها بحدود 1.2 مايكرومتر] فان المادة الرابطة التي تحيط بالحبيبات تكون ذات طبقة سميكة يصعب قلعها أو إزالتها من سطح الكاربيد بسبب احتياجها الى طاقة عالية أثناء التفريغ الكهربائي في حين وجد ان الكاربيدات من نوع (K30) معدل إزالة المعدن لها منخفض جدا بالمقارنة مع الأنواع السابقة بسبب الحجم الحبيبي لها (بحدود 3 - 2 مايكرومتر) الذي يحتاج الى طاقة عالية لانتزاع الحبيبات من سطح القطعة المشغلة خلال عملية التفريغ الكهربائي.

وعند إجراء المقارنة بين الإشكال السابقة (1 ، 2) نجد ان معدل الإزالة لجميع الكاربيدات المستخدمة اكبر ما يمكن عند استخدام أقطاب الكرافيت بالمقارنة مع أقطاب النحاس بسبب قابلية التوصيل الحراري العالية للنحاس مقارنة بالكرافيت حيث تزداد الحرارة في منطقة لتشغيل نتيجة حدوث الشرارة الكهربائية وهذه بالتالي تؤدي الى استهلاك أقطاب النحاس بشكل أسرع من أقطاب الكرافيت .



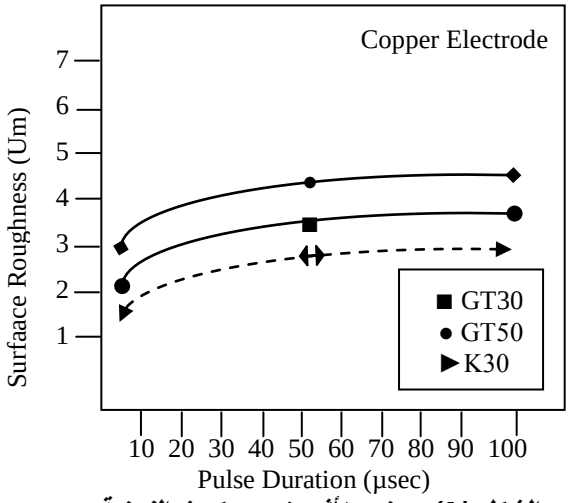
الشكل (1) يوضح تأثير زمن مكوث النبضة على معدل إزالة المعدن للكاربيدات باستخدام أقطاب النحاس



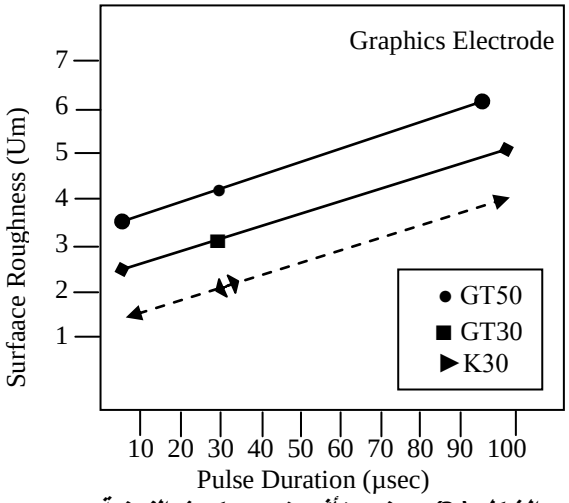
الشكل (2) يوضح تأثير زمن مكوث النبضة على معدل إزالة المعدن للكاربيدات باستخدام أقطاب الكرافيت

b) الخشونة السطحية للكاربيدات باختلاف نوع القطب

عند مقـارنة أنواع الكاربيدات GT30 ، K30 نجد ارتفاع نسبة الكوبلت في النوع GT50 الذي يقدر بـ (25 %) و (15 %) ، (6 %) للأنواع (GT30 ، K30) على التوالي حيث أن نسبة الكوبلت تعني الانصهار الكبير لهذه المادة وتجمعها على السطح خلال ضربات الشرارة الكهربائية التي تأخذ أشكال مشابهة للفوهات البركانية مما يزيد من الخشونة السطحية وعند المقارنة بين الأشكال (3- 4) وجد أن الخشونة السطحية عند التشغيل بأقطاب من الكرافيت تكون أعلى مما هو عليه عند التشغيل بأقطاب من النحاس والسبب في ذلك يعود إلى أن الحرارة المتركزة في منطقة التشغيل عند استخدام أقطاب الكرافيت تكون أكثر، نتيجة انخفاض قابلية التوصيل الحراري لها وبالتالي انخفاض تبدد الحرارة عندها ، لذا يزداد انصهار معدن الكوبلت ومن ثم ترتفع الخشونة السطحية لان التصاق معدن الكوبلت المنصهر بسطح القطب يلعب دور كبير في زيادة الخشونة السطحية.



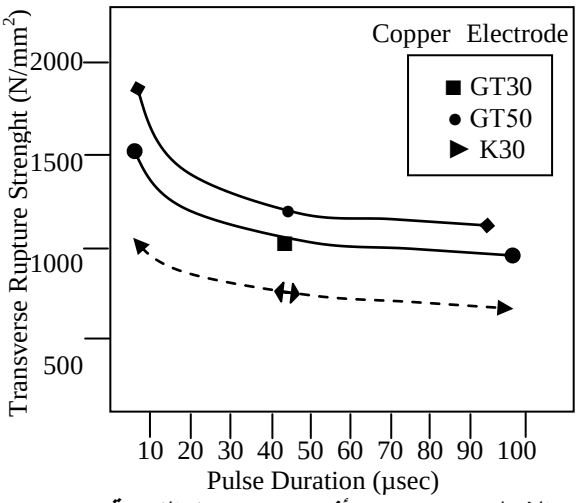
الشكل (4) يوضح تأثير زمن مكوث النبضة على الخشونة السطحية باستخدام أقطاب النحاس



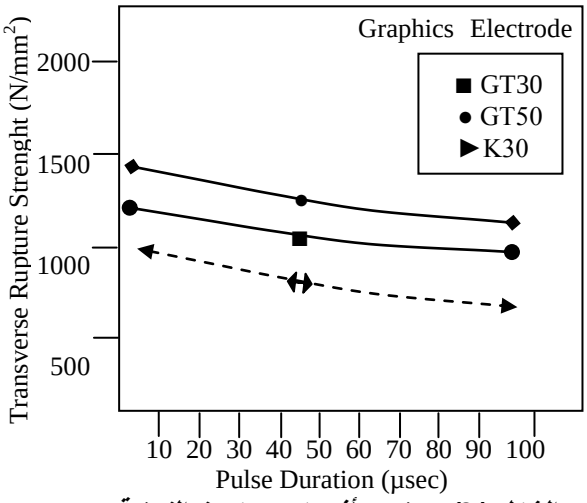
الشكل (3) يوضح تأثير زمن مكوث النبضة على الخشونة السطحية باستخدام أقطاب الكرافيت

c) مقاومة الكسر العرضي للكاربيدات المستخدمة باختلاف نوع القطب:

إن التوصيل الحراري العالي لأقطاب النحاس يسهل من تبدد الحرارة الناتجة إثناء العملية وبالتالي يقل انصهار معدن الكوبلت ومن ثم تنخفض الخشونة السطحية كما توضح الإشكال (5، 6) تأثير زمن مكوث النبضة على إجهاد الكسر العرضي حيث ينخفض إجهاد الكسر العرضي مع زيادة زمن مكوث النبضة لجميع الكاربيدات المستخدمة في البحث نتيجة ارتفاع الخشونة السطحية وتكون الشقوق الدقيقة على سطح التشغيل لها ، التي تعمل على تمركز الاجهادات وبالتالي حدوث الفشل.عند المقارنة بين أنواع الكاربيدات نجد ان الكاربيدات من نوع (GT50) لها أعلى مقاومة للكسر العرضي يليها النوع(GT30)، ثم النوع (K30) والسبب في ذلك يعود الى النسبة العالية من الكوبلت (Co) في الكاربيد (GT50) بالمقارنة مع الأنواع الأخرى ، حيث أن النسبة العالية من الكوبلت تزيد من المتانة ومقاومة الكسر العرضي إما بالنسبة إلى تأثير نوع القطب على مقاومة الكاربيد للكسر العرضي فقد وجد ان المقاومة الكسر العرضي لأقطاب النحاس اكبر من أقطاب الكرافيت بسبب الخشونة السطحية العالية الناتجة عن التشغيل بأقطاب الكرافيت .



الشكل (5) يوضح تأثير زمن مكوث النبضة على مقاومة الكسر العرضي باستخدام اقطاب النحاس

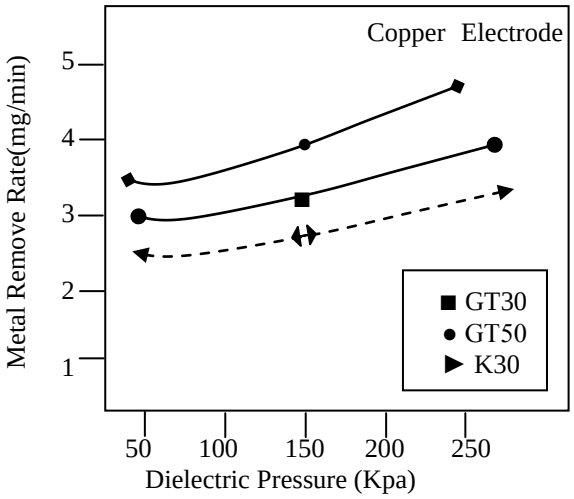


الشكل (6) يوضح تأثير زمن مكوث النبضة على مقاومة الكسر العرضي باستخدام اقطاب الكرافيت

2)تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على :

a) معدل إزالة الكاربيدات المستخدمة على قطب النحاس

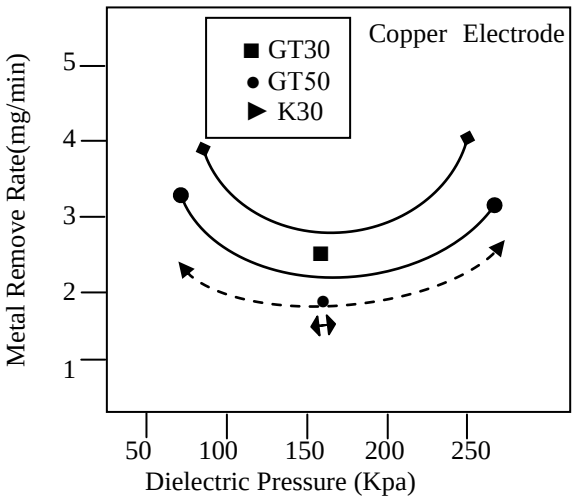
يوضح الشكل (7) تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على معدل ازالة الكاربيدات (GT30 ، GT50 ، K30) عند تشغلها بالشرارة الكهربائية باستخدام أقطاب النحاس حيث وجد زيادة معدل ازالة الكاربيدات مع زيادة ضغط المحلول الالكتروليتي نتيجة إمكانية وسهولة خروج نواتج عملية التفريغ من منطقة التشغيل مما يسهل من حدوث واستمرار الشرارة الكهربائية واستقرارها بكفاءة لغرض إزالة جسيمات الكاربيد من السطح في حين يؤدي استخدام ضغوط منخفضة للمحلول الالكتروليتي إلى تراكم مخلفات التشغيل في تلك المناطق مما يعيق حدوث الشرارة الكهربائية وفي أحيان أخرى يؤدي إلى حدوث الدائرة القصيرة نتيجة امتلاء الفجوة بين القطب وسطح قطعة التشغيل بتلك المخلفات كما يلاحظ أيضا من الشكل (7) ان معدل الإزالة لكاربيد (GT30) اكبر بالمقارنة من معدل الإزالة للكاربيدات (GT50) و(K30) وهذا يرجع أيضا إلى الاختلاف في التركيب الكيمياوي لكل منها حيث ان نسبة المادة الرابطة (Co الكوبلت) في الكاربيد (GT30)تكون قليلة (بحدود 15%) بالمقارنة بالأنواع الأخرى (GT50 ، K30) مما يقلل من قوة التماسك بين جسيمات الكاربيد (GT30) وسهولة انتزاعها بالإضافة إلى صغر حجم تلك الجسيمات (GT30) مقارنة بالكاربيدات الأخرى (GT50 ، K30) مما يسهل من اقتلاعها خلال تعرضها للشرارة الكهربائية (بسبب تركيز الحرارة عليها) وسهولة إزالة معدن الكوبلت الذي يحيط بتلك الجسيمات .



الشكل (7) يوضح تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي لقطب النحاس

b) معدل استهلاك القطب باختلاف الكاربيدات المستخدمة:

إن تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على معدل إزالة معدن قطب النحاس وكما موضح في الشكل (8) والذي يبين في البداية انخفاض معدل إزالة القطب مع زيادة ضغط المحلول من (50 ← 145) كيلو باسكال بسبب تجمع مخلفات عملية التشغيل عند استخدام الضغوط الواطئة والتي تؤدي الى تركيز الحرارة على القطب وليس على سطح القطعة المشغلة وبما ان نقطة انصهار النحاس اقل من نقطة انصهار الكاربيد لذا يستهلك قطب النحاس بسرعة وفي بعض الأحيان يؤدي ذلك الى حدوث الدائرة القصيرة بسبب الضغوط الواطئة للمحلول ، حيث يلاحظ عند زيادة ضغط المحلول الى (145) كيلو باسكال فان ذلك يؤدي الى سهولة إمكانية خروج مخلفات عملية التفريغ بعيدا عن منطقة التشغيل مما يسهل من إزالة معدن القطب في حين ان زيادة ضغط المحلول الى (250) كيلوباسكال فان معدل ازالة معدن القطب هو الذي يزداد في هذه الحالة بسبب انتقال جزء من الحرارة (الناتجة عن الشرارة الكهربائية خلال العملية) الى القطب كما يؤدي استخدام الضغوط العالية للمحلول الالكتروليتي الى حدوث ظاهرة الخواء في المقاطع الحادة مما يؤدي الى تبخر المحلول وزيادة في استهلاك معدن القطب .

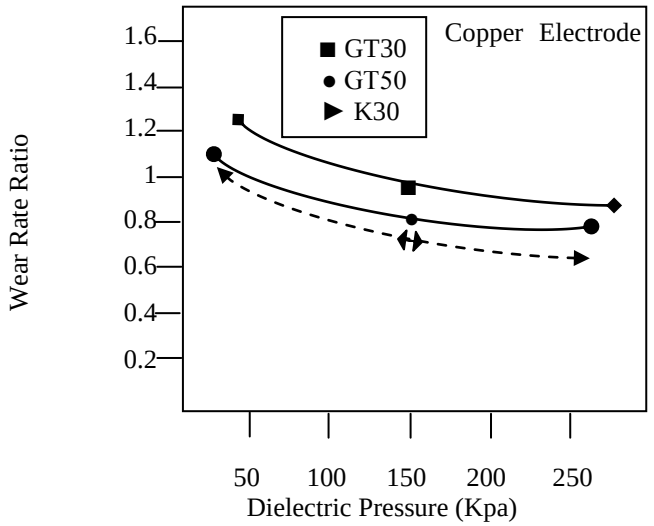


الشكل (8) يوضح تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على معدل إزالة معدن قطب النحاس

c) نسبة تآكل القطب الى الكاربيدات المستخدمة:

إما الشكل (9) فيوضح تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على نسبة التآكـل حيث ان زيادة ضغـط المحلـول من (50 ← 145) كيلو باسكال.

يؤدي الى انخفاض نسبة تأكل قطب النحاس الى الشعلة وهذا يعني ان معدل إزالة معدن الشعلة يكون اكبر من معدل إزالة معدن القطب ولكن عند زيادة ضغط المحلول الى (250) كيلوباسكال فسوف يحصل العكس أي ان معدل إزالة معدن القطب سوف يكون اكبر من معدل إزالة معدن الشعلة لان الضغوط العالية سوف تعمل على خروج المخلفات بعيداً عن منطقة التشغيل مما يجعل الشرارة الكهربائية أكثر كفاءة في معدل الإزالة.

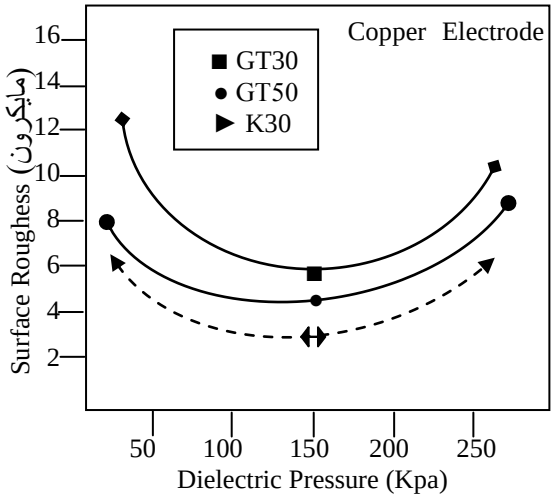


الشكل (9) يوضح تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على نسبة تآكل معدن قطب النحاس

d) الخشونة السطحية للكاربيدات المستخدمة:

يوضح الشكل (10) تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على الخشونة السطحية للكاربيدات المستخدمة في البحث حيث يلاحظ في البداية انخفاض مقدار الخشونة السطحية مع زيادة ضغط المحلول من (50 ← 145) كيلوباسكال والسبب في ذلك يرجع الى ان زيادة ضغط المحلول يؤدي الى دفع مخلفات التفريغ الكهربائي بعيدا عن منطقة التشغيل وعدم التصاقها بسطح الشعلة (نتيجة الحرارة العالية).

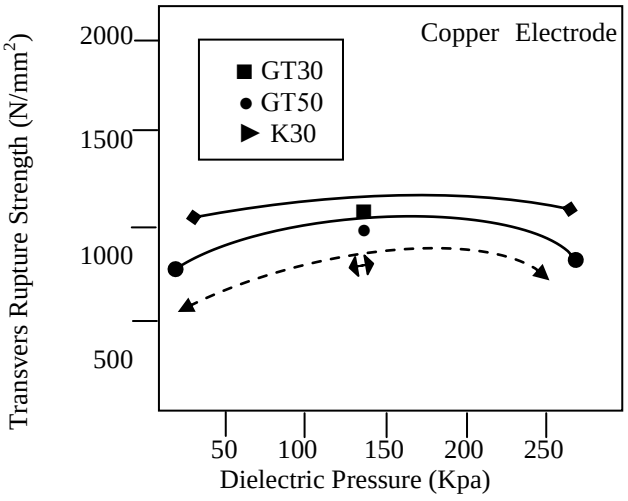
ولكن هذا الشيء يحصل عند استخدام الضغوط الواطئة حيث تلتصق نواتج التشغيل بسطح الشعلة مما يؤدي الى تركيز الشرارة الكهربائية وبالتالي رفع درجة الحرارة وانصهار تلك المناطق وتوسيعها ومن ثم زيادة خشونة السطح في حين عند زيادة ضغط المحلول الى (250) كيلوباسكال فان ذلك يؤدي الى ارتفاع الخشونة السطحية ولكن بمعدل اقل من الحالة الأولى بسبب الحرارة العالية الناتجة من التشغيل نتيجة تبخر المحلول ومن ثم توسيع الفوهات الناتجة عن ضربات الشرارة الكهربائية على سطح الشعلة التي تعمل على زيادة الخشونة السطحية.



الشكل (10) يوضح تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على الخشونة السطحية باستخدام قطب النحاس

e) مقاومة الكسر العرضي للكاربيدات المستخدمة:

إما الشكل (11) فيوضح تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على مقاومة الكسر العرضي للكاربيدات حيث يلاحظ في البداية زيادة مقاومة الكسر العرضي للكاربيد مع زيادة ضغط المحلول من (50 145) كيلوباسكال بسبب انخفاض الخشونة السطحيةمما يزيد من الانماء السطحي للسطح المشغل وبالتالي زيادة مقاومة الكسر ،بعد ذلك تنخفض مقاومة الكسر العرضي مع زيادة ضغط المحلول الالكتروليتي بسبب حدوث ظاعرة الخواء في مقاطع المادة مما يودي الى تبخير المحلول وزيادة الخشونة السطحية والشقوق المجهرية الناتجة والتي تعتبر جميعها مناطق لتركيز الاجهادات(Stresses Concentration) .



الشكل (11) يوضح تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي على مقاومة الكسر العرضي للكاربيدات باستخدام قطب النحاس

الاستنتاجات : Conclusions

1. تزداد قيمة الخشونة السطحية للقطعة المشغلة مع زيادة زمن مكوث النبضة، حيث تزداد هذه القيمة بشكل كبير عند استخدام أقطاب الكرافيت بالمقارنة مع أقطاب النحاس ، وهذا بالتالي يقود الى انخفاض في مقاومة الكسر العرضي للقطعة المشغلة .
2. زيادة زمن مكوث النبضة يؤدي الى انخفاض كل من معدل إزالة القطب ومعدل إزالة معدن الشعلة ، لكن معدل استهلاك أقطاب النحاس يكون أسرع من استهلاك أقطاب الكرافيت في جميع الظروف
3. زيادة ضغط المحلول الالكتروليتي يؤدي الى زيادة معدل إزالة معدن الشعلة وزيادة مقاومة الكسر العرضي ، إما زيادته (الضغط) عن حد (144) كيلو باسكال فسوف يعمل على تقليل الخشونة السطحية ومعدل إزالة القطب ونسبة التآكل .أي ان زيادة ضغط المحلول له تأثير عكسي .
4. الكاربيدات من نوع (GT 30) تعطي اكبر معدل إزالة للمعدن في جميع الظروف على عكس النوع (K30) . إما الكاربيدات من نوع (GT50) فلها اكبر مقاومة للكسر العرضي ، بالإضافة إلى أنها تعطي أعلى خشونة سطحية .
5. يعتبر استخدام أقطاب الكرافيت في تشغيل الكاربيدات ناجحا بسبب معدل الإزالة الكبير لمعدن الشعلة ، والذي أحيانا قد يؤدي الى حدوث الدائرة القصيرة وزيادة الخشونة السطحية .

الجدول (1) يوضح التركيب الكيمياوي وبعض الخواص للكاربيدات المستخدمة في البحث

Properties of carbides	GT 30	CT 50	K 30	SH
Density 9 / cm	13.9	13.1	14.59	13.9
Transverse rupture strength	2400	2700	1600	1900
Hardness Hv.	1050	800	1300	1550
Wc grain size mm	0.75	1.3	2.3	2.3
Impact value J	1.8	2.6	1.4	0.77
Thermal conductivity w / m.k	115	90	110	90
Co (wt %)	15 %	25 %	6 %	5.5 %
Wc (wt %)	83 %	75 %	94 %	86 %
Tic + Tas (wt%)	(1.5+0.5)%	----	----	(2.5+6)%

الجدول (2) يوضح خواص الأقطاب المستخدمة في البحث

Properties of electrodes	Cu	Graphics G
Compositions	99.98%	A1 14 % G86 %
Melting point C	1083	3800
Young's modules of elasticity	129.4	-------
Electric conductivity μΩ m	60	0.03
Thermal conductivity W (m.k)	394	24
Density g / cm^3	8.85	2.2

الجدول (3 - a) يبين ألازمان المستغرقة في عملية التشغيل نتيجة تغيير زمن مكوث النبضة

Machining period min	Pulse duration (μs)	Type of electrode	Carbide Type of
60 – 54 53 – 30	5 5	Copper graphite	GT30, GT50, K30
85 – 70 65 –45	30 30	Copper Graphic	GT30, GT50, K30
100 – 85 85 –55	100 100	Copper Graphite	GT30, GT50, K30

الجدول (3 - b) يبين ألازمان المستغرقة في عملية التشغيل نتيجة تغيير ضغط المحلول الالكتروليتي

Machining min	Dielectric pressure (kpa)	Type of electrode	Type of Carbide
110 – 65	48	Copper	GT30, GT50, K30
85 – 70	144	Copper	GT30, GT50, K30
60 - 45	240	Copper	GT30, GT50, K30

References

1. K.C Jain and L.N. Aggarwol, 1986, “Unconventional methods of machining”, Metal Cutting science and production technology, Jan.
2. P.C. pandey and S.T. Jilani, 1986, “Electrical machining characteristics of cemented carbides”, Wear, pp. 77 – 88.
3. L.C.Lee, L.C.Lim, V.Narayanan and V.C.Venkatesh, 1988, “Quantification of surface damage of tool steel after EDM”, Int. J.Mach. Manufacture. , Vol. 28, No. 4,pp. 359 – 372.
4. ASTM, 1988, “Metal test and analytical procedures”, Annual book of ASTM standards Designation, pp.36 – 88.
5. M.A.E.R. Merdan and R.D. arnell, 1989, “Surface integrity of a die steel after electro discharge. Machining: 1 structure, composition, and hardness”, surface engineering Vol. 5, No. 2, pp. 158 – 164.
6. L.C.Lim, y .s. Wong and L.C. lee, 1990, “Effect of reagents on electro discharge machined surface and globule appendages”, surface engineering, Vol. 6, No. 3, and pp. 206 – 217.
7. Masozawa, 1990, “Drilling of deep micro holes by EDM using additional capacity, Bull Japan soc of prec. Eng. Vol. 24, No. 4 , pp 275 – 286 .
8. D.F.Dauw, C.A Brown, J.P. van Criethuysen and J.F.L.M. Albert, 1990, “surface to pography investigations by fractal analysis of spark eroded electrically conductive ceramics”, Cirp annals manufacture technology, vol. 39, No.1, pp 161 – 165.
9. د. مصطفى احمد رجب ، 2002 ، " دقة الأبعاد وطبيعة الأسطح المثقبة بالتفريغ الكهربائي وشعاع الليزر " مجلة جامعة دمشق للعلوم والهندسة ،دمشق ، سوريا ، المجلد (19) – العدد (1)-ً2003.
10. د. مصطفى احمد رجب ، 1998 ، " تأثير ظروف القطع على مقدار البلى وخشونة السطح عند التشغيل بدرجات الحرارة العالية " ، مجلة التقني ، هيئة التعليم التقني ، بغداد ، موثق للنشر حسب الرقم / 754 في 1998/6/4 .