ISSN 1999 – 8716

مجلة ديالى
للعلوم الهندسية

المجلد الرابع ، العدد الثاني ، صفحات البحث(٣٧- ٤٦) كانون الاول ٢٠١١

تأثير متغيرات التشغيل بالتفريغ الكهربائي على سمك الطبقة المعاد سبكها

د.مصطفى أحمد رجب النجار
أستاذ مساعد
المعهد التقني_بعقوبة/قسم الميكانيك
Email:mostafaalnajar@yahoo.com

زهير سمين شكر
مدرس مساعد
المعهد التقني ــ بعقوبة / قسم الكهرباء
Email:zuhairalsagar@yahoo.com

(الاستلام:- ٢٠١٠/٥/٣٠ ، القبول:- ٢٠١٠/١١/٢٣)

الخلاصة

أوضحت نتائج البحث أن زيادة زمن مكوث النبضة تؤدي إلى زيادة سمك الطبقة المعاد سبكها،كما وجد ان زيادة ضغط المحلول الالكتروليتي عن (150) ميكاباسكال يؤدي الى زيادة معدل إزالة الكاربيد المشغل ،بينما ينخفض سمك الطبقة المعاد سبكها. لكن زيادة ضغط المحلول الالكتروليتي إلى(250) كيلو باسكال يؤدي إلى زيادة سمك الطبقة المعاد سبكها . كما أوضحت النتائج أيضا أن زيادة زاوية مقدمة القطب (الكاربيد نوع GT30) تؤدي إلى زيادة سمك الطبقة المعاد سبكها .

الكلمات الدالة: النبضة، التفريغ الكهربائي، المحلول الالكتروني، الكاربيد.

الهدف من البحث

يهدف البحث إلى دراسة تأثير ظروف التشغيل بالتفريغ الكهربائي على سمك الطبقة المعاد سبكها التي تؤدي إلى تدهور الخصائص الميكانيكية للقطع المشغلة بهذه الطريقة. أما بالنسبة إلى ظروف التشغيل التي تم دراستها فانها تتضمن زمن مكوث النبضة وضغط المحلول الالكتروليتي. كما يهدف البحث أيضا إلى دراسة تأثير الشكل الهندسي للقطب المتمثل بزاوية رأس القطب ونصف قطر مقدمة القطب على سمك الطبقة المعاد سبكها. أما المادة المشغلة فهي عبارة عن الكاربيدات من نوع K30 GT50 GT30

المقدمة

يعتمد مبدأ التشغيل بالشرارة الكهربائية على الصهر والتبخير الموضعي المحدد حسب شكل الأداة المصممة بالاعتماد على الشكل النهائي للمنتج. أما عملية التشغيل فتتم نتيجة تدفق الشرر الكهربائي الذي يكون على هيئة نبضات ذات تردد معين. تحدث بين الأداة [التي تمثل القطب السالب(Cathode)عادة] والشغلة [التي تمثل القطب الموجب (Anode)]، وهذا التفريغ الكهربائي المتمركز في هذه المنطقة يؤدي إلى الارتفاع الشديد في درجة الحرارة التي تصل بحدود (8000–12000)°م وسبب هذا الارتفاع يحصل نتيجة فقـــدان الإلكترونات (المنبعثة من القطب السالب أثناء عملية التفريغ) إلى جزء كبير من طاقتها عند اصطدامها بســـــطح القطعة المشغلة ، ثم تعمل هذه

الإلكترونات على تأين جزيئات المحلول الالكتروليتي . ويحدث نتيجة الارتفاع الشديد في الحرارة إلى انصـــهار وتبخير موضعي للمنطقة المتعرضة للتفريغ، بحيث ينتج عن ذلك تنـــــقرات صغيرة على الســـــطح المشـــــغل تشبه الفوهـــات البركانية(Craters) [3، 2،1].

أوضحت البحوث والدراسات [5،4] تأثير زمن مكوث النبضة على سمك الطبقة المعاد سبكها (Recast Layer) والشقوق المجهرية المتكونة فيها على سطح المعدن المراد تشغيله نتيجة اختلاف معدل التبريد، حيث استخدم النحاس كقطب لتشغيل الكاربيدات المسنترة { K30 GT30 GT5 } [5]، والكيروسين كمحلول الكتروليتي ، أما التشـــــغيل فقد تم بزمن نبضة يتراوح ما بين (1ـــ1000) مايكرو ثانية ، وقد أوضحت النتائج أن الزيادة في زمن مكوث النبضة يؤدي إلى زيادة سمك الطبقة المعاد سبكها ، لكن زيادة نسبة الكوبلت في الكاربيد المشغل قد تسبب في انخفاض سمك الطبـــقة المعاد سبكها .في حين بينت دراسة أخرى [6] أن سمـــك الطبقة المعاد سبكها {الناتجة من تشغيل فولاذ العـــدد (Tool Steel) واستخدام النحاس أيضا كقطب للتشغيل والبرافين كمحلول الكتروليتي } تزداد مـــع زيادة زمن مكوث النبضة ، حيث يؤدي زيادة زمن مكوث النبضة بحدود

(20) مايكرو ثانية إلى تكون هذه الطبقة بسمك (20) مايكرومتر ويزداد السمك الى (42) مايكرو متر عند زيادة زمن مكـــوث النبضة إلى(500) مايكروِثانية . أظهرت الدراسة تكون شقوق مايكروية على سطح الشغلة بعمق – 15 (3) مايكرو متر عند زمن مكوث نبضة (20) مايكرو ثانية بينما كان العمق بحـــدود(35) مايكرو متر عند زمن مكوث (500) مايكرو ثانية . من ناحية أخرى وجـــــدأن اتساع الفجوة بين القطب(العدة) والقطعة المشغلة يؤدي إلى تقليل أثر الشرارة على السطح المشغل وهذا يعني تقليل سمك الطبقة المعاد سبكها ، على الرغم من أن هناك ضرورة لأتساع تلك الفجوة عنـــــد استخدام الماء المقطر كمحلول الكتروليتي[7] . كما تجدر الإشارة إلى أن مقدار الضرر الحاصل على سطح فولاذ العدد نتيجة التشغيل بالشرارة الكهربائية(عند استخدام النحاس كقطب للتشغيل والبرافين كمحلول الكتروليتي) عند استخدام قيم مختلفة من التيار تتراوح مابين (5-25) أمبير تؤكد على تكون الطبقة المعاد سبكها التي تتألف من جزئين الأول خارجي يمتد على سطح العينة من الداخل والثاني وسطي ينمو إلى خارج المعدن الأساس، كما يمكن الاستدلال على كمية المعدن المنصهر من خلال سمك الطبقة المعاد سبكها أثناء عملية التشغيل ، حيث أن زيادة سمك الطبقة المعاد سبكها يؤدي إلى زيادة كمية المعدن المنصهر، مع الأخذ بنظر الاعتبار أن سمك هذه الطبقة يعتمد على نوع المعدن المشغل ، كما يمكن التعبير عن العلاقة ما بين طاقة النبضة وسمك الطبقة المعاد سبكها من خلال المعدلة التالية :-

$$dw = (3.57)(E)^3 \quad \text{----------(1)}$$

حيث ان E= طاقة النبضة Pulse Energy (mJ)

dw = متوسط عمق الطبقة المعاد سبكها [8] Mean Depth of Recast Layer (µm)

في حين أن هناك علاقتان تربط إحداهما بين الخشونة السطحية وتيار النبضة وطاقة النبضة ، وتربط الاخرى بين الخشونة السطحية وتيار النبضة وسمك الطبقة المعاد سبكها ،وكما مبين في أدناه:

- :

$$Ra = (0.75) + (0.43)(Ip)^3(E) \quad \text{---------- (2)}$$
$$Ra = (0.75) + (0.23)(Ip)(dw)^2 \quad \text{----------(3)}$$

حيث أن : Ip = تيار النبضة (A) Pulse Current

E = طاقة النبضة (MJ) Pulse Energy

Ra= متوسط الخشونة السطحية(µm) [8] Mean Surface Roughness

حيث وجد ان كثافة الشقوق المجهرية تتناسب مع سمك الطبقة المعاد سبكها والتي بدورها تعتمد على كل من نوع المعدن المشغل (من حيث الخواص الحرارية له) وطاقة النبضة ونبضة التيار [8] .

الإجراء العملي (Experimental Procedure)

استخدمت الكاربيدات (K30 , GT50, GT30) في هذا البحث كقطع مشغلة بالتفريغ الكهربائي لكونها أكثر أنواع الكاربيدات المستخدمة في صناعة القوالب في شركات وزارة الصناعة والمعادن والجدول(١) يوضح التركيب الكيميائي والخواص الفيزياوية والميكانيكية لها، والذي أجري في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية ،باستخدام جهاز التحليل الطيفي(Spectrometer) نوع (ARL) . في حين يبين الجدول (٢) التركيب الكيميائي وبعض الخصائص الفيزياوية للأقطاب المستخدمة في البحث وهي عبارة عن أقطاب من النحاس والكرافيت والتي أجريت أيضا في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية . أما عملية التشغيل بالشرارة الكهربائية فقد تمت بعد تحضير العينات وإعداد الماكنة للتشغيل ، والماكنة من نوع (AGIETRON-EMS-3.30) ، حيث تم اختبار المساند المناسبة لمسك العينات وتثبيتها على ماكنة التشغيل وضبط الماكنة. ولغرض التأكد من المسافة المطلوبة والتناظر بين سطحي العدة(القطب)والشغلة وتلافي حصول أي اختلاف في مساحة السطوح لذا تم تصفير الشغلة والقطب باستخدام مبين القياس (Dial Gage). وقد تم تحضير العينات الخاصة بعملية التشغيل بالشرارة الكهربائية بعد تقطيعها من قضبان قياسية منتجة بطريقة تكنولوجيا المساحيق ، مع الأخذ بنظر الاعتبار دقة الأبعاد وتعامد السطوح المنتجة بالإضافة إلى خشونة تلك السطوح ونظافتها .أما أقطاب التشغيل بالشرارة الكهربائية فقد تم تحضيرها من قضبان الكرافيت (86% كجرافيت +14% ألمنيوم) أوالنحاس النقي (98– 99) %، وقد تم تشغيل تلك الأقطاب على نوعين من الأشكال،الأول بمقطع مسطح وأبعاد(5ملم ،10 ملم ،36 ملم) والثاني تم تشغيله بالسلك(Wire Cutting)،نوع (AGIETRON-243) مع أجراء عملية الصقل على السطح البيني للقطب المقابل للشغلة ، حيث تم تحضير العينات لغرض الفحص المجهري من خلال إسنادها على الساخن باستخدام مواد لدائنية حرارية باستخدام الضغط والحرارة وبعد ذلك تم اخذ النماذج لأجراء عملية التنعيم والصقل النهائي عليها باستخدام معجون ماسي (Diamond-paste). ومن ثم الإظهار لغرض تصوير العينات لمعرفة الأطوار الداخلة في التركيب .

أما الطبقة المعاد سبكها فقد تم بيانها من خلال الفحص المجهري الضوئي لبيان تأثير ظروف التشغيل ونوع وشكل الأقطاب على التراكيب المجهرية لمنطقة التشغيل والمناطق المتأثرة بالحرارة وبيان ظهور الطبقة المعاد سبكها باستخدام محلول الإظهار [% 10 [KOH] +% [K_3 Fe $(CN)_6$]]. [8]

كما استخدم المجهر الإلكتروني الماسح (Scanning Electron Microscope) نوع (Stereo scan 240 Cambridgbe Co.) لبيان طبوغرافية سطح التشغيل بالشرارة الكهربائية وظهور التشققات المجهرية التي تؤدي إلى تركيز الاجهادات ومن ثم إلى الفشل المفاجئ.

النتائج والمناقشة (Results And Discussions)

١ – تأثير زمن مكوث النبضة

يوضح الشكلان (١ ، ٢) تأثير زمن مكوث النبضة على سمك الطبقة المعاد سبكها ، حيث يزداد سمك الطبقة مع زيادة زمن مكوث النبضة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة مع زيادة الزمن وبالنتيجة سوف تتصهر سبيكة اليوتكتيك المتضمنة على الكوبلت والكاربيد، بحيث تظهر هذه السبيكة على سطح الكاربيد المشغل وبذلك يزداد سمك الطبقة المعاد سبكها مع زيادة زمن مكوث النبضة .

٢- تأثير نوع الكاربيدات المشغلة

عند تشغيل الكاربيدات من نوع (GT50) بالشرارة الكهربائية يزداد سمك الطبقة المعاد سبكها نتيجة احتوائها على نسبة عالية من الكوبلت الذي يؤدي إلى تكوين سبيكة اليوتكتيك من كاربيد التنكستن (WC) والكوبلت ، بينما يكون سمك هذه الطبقة قليل بالنسبة للكاربيد من نوع (GT30) بسبب وجود كاربيد التيتانيوم (TiC) وكاربيد التنتاليوم (TaC) التي تكون قابليتها للذوبان في الكوبلت قليلة ، كما أن نقطة انصهار سبيكة اليوتكتيك لها تكون عالية وبذلك سوف تكون الحرارة المتولدة من الشرارة غير كافية لصهرها بنسبة كبيرة وعليه تكون الطبقة المعاد سبكها قليلة كما موضح بالشكل (٣) .

من ناحية أخرى وجد أن الشقوق الدقيقة المتكونة على سطوح الكاربيدات المشغلة تؤدي إلى تركيز الاجهادات وهذا يعني حدوث الفشل المفاجئ كما مبين بالشكل (٤) .

٣- تأثير نوع القطب

عند استخدام أقطاب الكرافيت يكون سمك الطبقة المعاد سبكها كبير بالمقارنة مع أقطاب النحاس بسبب قابلية التوصيل الحراري الواطئة للكرافيت وعليه تكون الحرارة مركزة على سطح الشغلة فتنصهر سبيكة اليوتكتيك بشكل سريع فتظهر إلى الخارج ، بينما عند استخدام أقطاب من النحاس تكون الطبقة المعاد سبكها ذات سمك منخفض نتيجة تبدد الحرارة خلال القطب (لأنه ذو قابلية توصيل حراري عالية) وهذا يعني انصهار محدود لسبيكة اليوتكتيك حيث تظهر على السطح المشغل على هيئة طبقة رقيقة هشة التركيب.

٤- تأثير ضغط المحلول الالكتروليتي

زيادة ضغط المحلول الالكتروليتي من (50) إلى (150) كيلو باسكال يؤدي إلى تقليل سمك الطبقة المعاد سبكها بسبب زيادة فاعلية التبريد وبالتالي عدم تركيز الحرارة في تلك المنطقة ، بينما يزداد سمك تلك الطبقة ولكن بشكل اقل عند زيادة ضغط المحلول الالكتروليتي إلى المقدار (250) كيلو باسكال بسبب الزيادة في معدل إزالة معدن الشغلة فترتفع بذلك درجة الحرارة في منطقة التشغيل فتسبب تبخير المحلول الالكتروليتي . والشكل (5) يوضح ذلك.

٥- تأثير نصف قطر مقدمة القطب

يوضح الشكل (6) زيادة سمك الطبقة المعاد سبكها مع زيادة نصف قطر مقدمة القطب بسبب اتساع منطقة حدوث الشرارة الكهربائية على سطح القطب ، حيث أن الزيادة في نصف قطر مقدمة القطب يؤدي إلى توزيع الحرارة وتشتتها وعدم تركيزها على سطح الشغلة وهذا بدوره يعمل على تعرض المنطقة المشغلة إلى حرارة أكثر ومن ثم إلى صهر تلك المنطقة وبالتالي زيادة الطبقة المعاد سبكها . من ناحية أخرى وجد أن زيادة نصف قطر مقدمة القطب إلى المقدار (0.5) ملم تؤدي إلى زيادة سمك الطبقة المعاد سبكها التي تمتاز بهشاشية التركيب نتيجة ظهور الشقوق المجهرية التي تعتبر مواقع لتركيز الاجهادات ، أما زيادة نصف قطر مقدمة القطب الى المقدار (1) ملم فانه يؤدي إلى تجانس الطبقة المعاد سبكها على سطح الكاربيد.

٦- تأثير زاوية مقدمة القطب

يبين الشكل (7) زيادة سمك الطبقة المعاد سبكها مع زيادة زاوية رأس القطب من الزاوية (°30) إلى (°75) بسبب زيادة مساحة المنطقة المعرضة للتسخين واتساع منطقة التشغيل ، في حين وجد أن زيادة زاوية مقدمة القطب إلى المقدار (°90) يؤدي إلى تقليل سمك الطبقة المعاد سبكها بسبب تشتت الشرارة الكهربائية وانتشارها بمساحة أوسع ومن ثم انخفاض درجة الحرارة على سطح القطعة المشغلة .[6,4] .

نستنتج من خلال ما سبق ذكره ، بان سمك الطبقة المعاد سبكها (Recast Layer) تتأثر بكل من نوع القطب ونوع المادة المشغلة بالإضافة إلى ظروف التشغيل (المتمثلة بزمن مكوث النبضة وضغط المحلول الالكتروليتي) وكذلك تتأثر

بهندسية شكل القطب (المتضمن نصف قطر وزاوية مقدمة القطب). ومن الجدير بالذكر أن زيادة سمك الطبقة المعاد سبكها تعني الزيادة في خشونة السطح المشغل وعدم انتظام إنهائه السطحي ، أما ظهور الشقوق الدقيقة (المجهرية) فهو يعني تركيز للاجهادات في تلك المواقع والتي سرعان ما تؤدي إلى نمو تلك الشقوق مع زيادة دورات التحميل المتعاقبة إلى أن تصل تلك الشقوق إلى طول حرج (Critical) لا يمكن للأجزاء التي تتضمنها على تحمل الحمل المسلط عليها ، لذا تنتهي بحدوث الفشل المفاجئ . وهذا يعني إن لسمك الطبقة المعاد سبكها دور كبير في تحديد الخصائص الميكانيكية للمقاطع الهندسية .

الاستنتاجات

١. الزيادة في زمن مكوث النبضة وضغط المحلول الالكتروليتي إلى حد (150) كيلو باسكال يؤدي الى زيادة في سمك الطبقة المعاد سبكها

٢- يعتمد سمك الطبقة المعاد سبكها على نوع القطب فكلما ازدادت قابلية التوصيل الحراري له قل سمك الطبقة نتيجة تركيز الحرارة الضعيف على سطح الشغلة .

٣- هيئة وشكل القطب تؤثر بشكل كبير على سمك الطبقة المعاد سبكها ، فزيادة نصف قطر مقدمة القطب يزيد سمك الطبقة المعاد سبكها نتيجة تركيز حرارة الشرارة الكهربائية على السطح المشغل وكذلك الحال عندما تزداد زاوية مقدمة القطب الى المقدار(75°) فإنه يزداد سمك الطبقة نتيجة اتساع مساحة المنطقة المعرضة للتسخين، لكن زيادة الزاوية الى المقدار (90°) يقلل من سمك تلك الطبقة بسبب تشتت الشرارة الكهربائية.[6,4].

المصادر

١- د. مصطفى احمد رجب ((دقة الأبعاد وطبيعة الأسطح المثقبة بالتفريغ الكهربائي وشعاع الليزر))، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية ،رقم 5128 ،و. د. سوريا، دمشق 2002 .

٢- د. مصطفى احمد رجب ، ((الظروف المثلى لتشغيل اللقم الكاربيدية بالشرارة الكهربائية)) ، وقائع مؤتمر الهندسة الميكانيكية الأردني الدولي الخامس ، 26 –28 / نيسان ، عمان ، الأردن،2004 .

3- Masozawa, ((Drilling of Deep Micro holes by EDM Using Additional Capacity)), Bull Japan Soc. Of Prec. Eng. . . . Vol .24, No. 4, P... 275- 276, 1981.

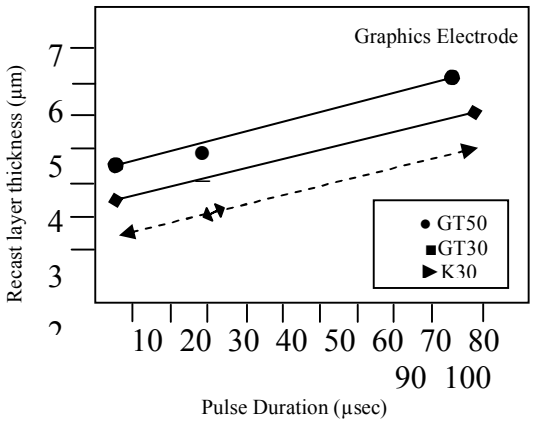
4-P.C. Pandey and S. T. Jilani, ((Electrical Machining Characteristics of Cemented Carbides)), Wear, P. 77– 88. 1986.

5-L.C. Lim. Y. S. Wong and L. C. Lee)) ،Effect of Reagents on Electro Discharge Machined Surface and Globule Appendages ،((Surface Engineering, Vol. 6 ،No. 3, P 206-207 .1990.

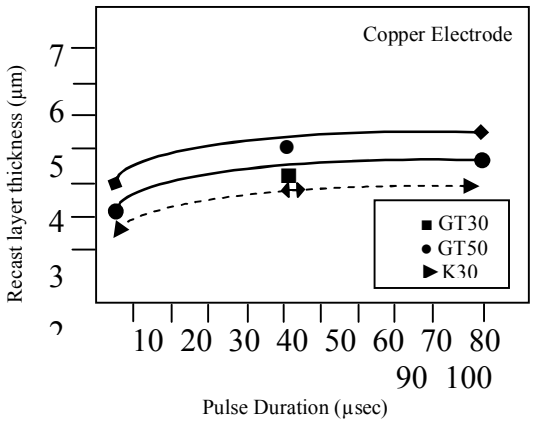
6-M. A. E. R. Merdan and R.D. Arnell, ((Surface Integrity of Die Steel after Electro discharge Machining: Structure, Composition and Hardness)), Surface Engineering, Vol.5, No.2, P. 158-164.1990.

7- Aerden & Temel, ((Investigation of the Use of Water as a Dielectric Liquid in EDM)) ، Machine Tool Design and Research, Vol. 22, P. 437 – 440, Sep. 1981.

8-L. C. Lee ،L. C. Lim, V. Narayanan & V.C. Venkatesh, ((Quantification of Surface Damage of Tool Steels after EDM)) ،Int. J.Mach .Tools Manufacture, Vol. 28, No. P. 359-372, 1988.



الشكل (١): تأثير زمن مكوث النبضة على سمك الطبقة المعاد سبكها باستخدام قطب الكرافيت.



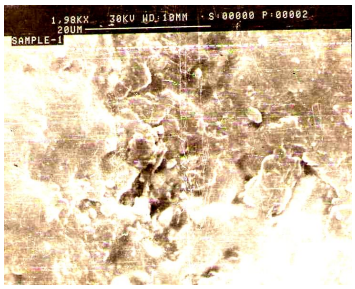
الشكل (٢): تأثير زمن مكوث النبضة على على سمك الطبقة المعاد سبكها، باستخدام قطب النحاس.

شكل (3-a): يوضح سمك الطبقة المعاد سبكها عند تشغيل الكاربيد من نوع (K30) باستخدام قطب الكرافيت ، بزمن نبضة (100) مايكروثانية ، قوة التكبير (200X).

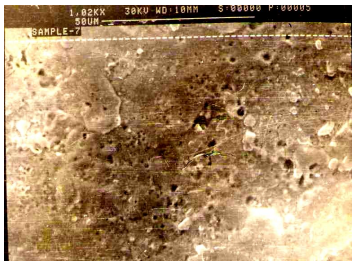
شكل (3-b): يوضح سمك الطبقة المعاد سبكها عند تشغيل الكاربيد من نوع (GT50) باستخدام قطب الكرافيت، بزمن نبضة (100) مايكروثانية ، قوة التكبير (200X) .

شكل (3-c): يوضح سمك الطبقة المعاد سبكها عند تشغيل الكاربيد من نوع (GT30) باستخدام قطب الكرافيت، بزمن نبضة (100) مايكروثانية ، قوة التكبير (200X).

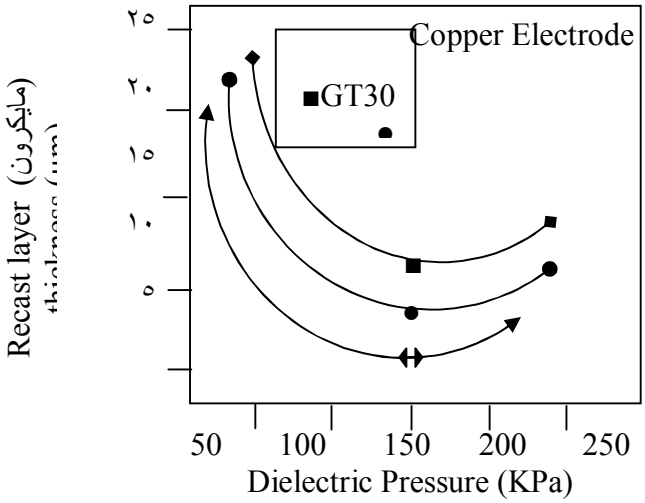
شكل (4-a): الشقوق الدقيقة المكونة على سطح الكاربيد من نوع (GT30) .



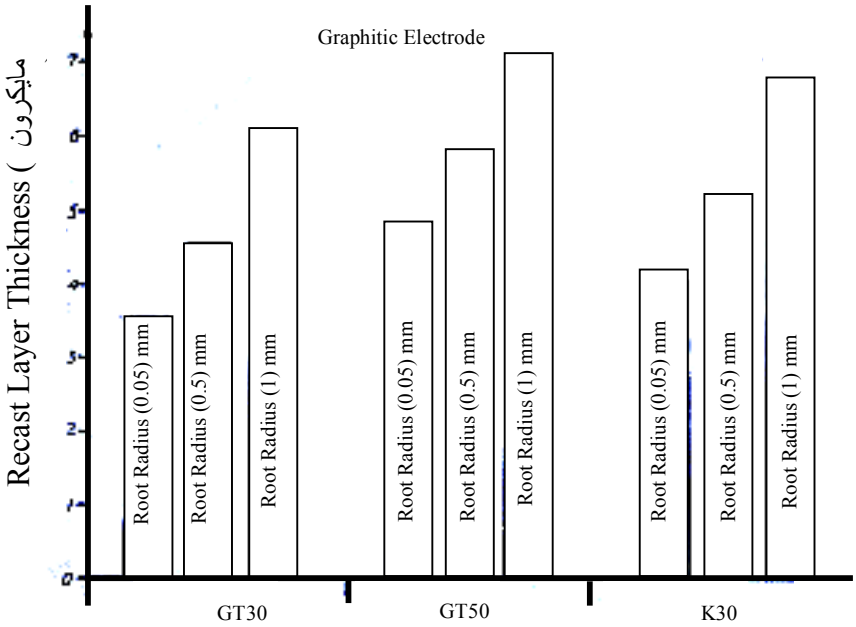
شكل (4-b): الشقوق الدقيقة المكونة على سطح الكاربيد من نوع (K30) .



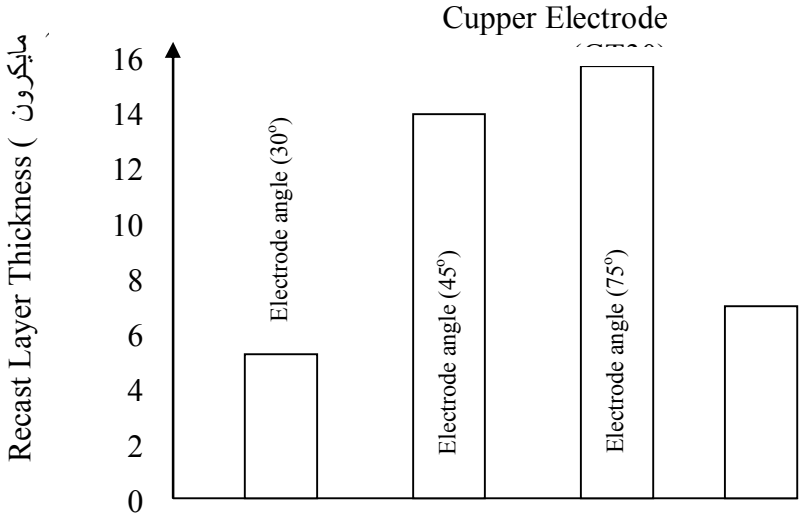
شكل (4-c): الشقوق الدقيقة المكونة على سطح الكاربيد من نوع (GT50) .



شكل (5): العلاقة بين ضغط المحلول الالكتروليتي و سمك الطبقة المعاد سبكها ، باستخدام قطب من النحاس.



شكل (6): يوضح تأثير نصف قطر مقدمة قطب النحاس على سمك الطبقة المعاد سبكها، باختلاف نوع الكاربيد المشغل.



شكل (٧): يوضح تأثير زاوية مقدمة قطب النحاس على سمك الطبقة المعاد سبكها، بأختلاف نوع الكاربيد المشغل.

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

[8] Properties of carbides	GT 30	CT 50	K 30
Density g / cm³	13.9	13.1	14.59
Transverse rupture strength	2400	2700	1600
Hardness HV.	1050	800	1300
Grain size (mm)	0.75	1.3	2.3
Impact value (J)	1.8	2.6	1.4
Thermal conductivity (w / m.k)	115	90	110
Co (wt %)	15 %	25 %	6 %
WC (wt %)	83 %	75 %	94 %
TiC + TaS (wt %)	(1.5+0.5)%	----	----

الجدول (2): يوضح خواص الأقطاب المستخدمة في البحث.

Properties of electrodes	Copper Cu	Graphite 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

Effect of the Parameters of Electric Discharge machining On the Recast Layer Thickness.

Zuhier Sameen Shuker Assistant Lecturer

Dr.Mustafa Ahmed Rijab Assistance Professor

Technical Institute- Baquba

ABSTRACT:- Results have indicated that recast layer thickness increases with pulse duration increase ,As for dielectric pressure ,it was found that as it increases up to 150 MPa Carbide removal rate increases , While recast layer thickness decrease ,as a result. However, further increase of dielectric pressure to 250 MPa causes recast layer thickness increase.

Results regarding electrode tip radius showed that as radius increases carbide removal is increased. As for tip angle for carbide GT30 results have indicated that increasing the angle causes an increase of recast layer thickness.