

تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين

ودرجة الحرارة على الترسيب الكهربائي للألمنيوم

عمر فاضل داود الأنعمي ، عمر ضياء، براق ثائر، زينب عمران ، رؤى أميد

تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين ودرجة الحرارة على الترسيب الكهربائي للألمنيوم

عمر فاضل داود الأنعمي ، عمر ضياء*، براق ثائر*، زينب عمران* ، رؤى أميد*

قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة ديالى - بعقوبة - ديالى - العراق

*طلبة المرحلة الرابعة قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة ديالى

الخلاصة :

تم دراسة تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين ودرجة الحرارة في عملية الترسيب الكهربائي للألمنيوم ومن النتائج العملية التي تم الحصول عليها تبين لنا ما يلي: زيادة وزن الألمنيوم المترسب بزيادة الجهد المسلط بين القطبين وبزيادة درجة الحرارة وبنقصان المسافة بين القطبين .

الكلمات المفتاحية : الترسيب الكهربائي ، كبريتات الألمنيوم ، المسافة بين الأقطاب.

The effect of voltage ,distance between electrodes and temperature on the electrodeposition process for aluminum

Abstract :

In this work ,we had depended on the parameters affecting the electro deposition process for Aluminum from aqueous solution consisting of Aluminum Sulfate($Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) ,were studied : such as voltage ,distance between electrodes and Temperature .The results showed that weight of Aluminum increased with the increasing of voltage ,Temperature ,but decreased with the increase of distance between electrodes.

Key words: electrodeposition , aluminum sulfate, distance between electrodes,

تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين

ودرجة الحرارة على الترسيب الكهربائي للألمنيوم

عمر فاضل داود الأنعمي ، عمر ضياء، براق ثائر، زينب عمران ، رؤى أميد

المقدمة :

إن عملية الترسيب الكهربائي عكس التآكل الكهروكيميائي ، إذ أنها تعتمد على تحويل ايونات المعدن إلى ذرات على السطح وتتضمن ترسيب مسحوق عال النقاوة من المعدن . تعد الخلية الالكترووليتية الأساس في عملية الترسيب الكهربائي وتشمل القطب الموجب (الانود) الذي تحصل عنده الأكسدة والقطب السالب (الكاثود) الذي تحصل عنده عملية الاختزال والالكترووليت وهو الوسط الموصل للكهربائية إذ يكون فيه جريان التيار مصحوبا بحركة المادة (3-1) إذ أن الايونات التي تحمل الشحنة السالبة تتجه نحو القطب الموجب والايونات الموجبة تتجه نحو القطب السالب لتتحول إلى ذرات (1,4,5) في الفترة الابتدائية وقبل أي نمو منظور على الكاثود ، هناك انخفاض في تركيز المعدن قرب الكاثود ، وزيادة في تركيز ايونات المعدن قرب الانود ، إذ يحدث تدرج بالتركيز بين القطبين . هذه الحالة العامة غير المستقرة تنتج تدفق في التيار تؤدي إلى استهلاك الايونات الموجبة التي تلاقى الالكتروونات المنتشرة على السطح البيئي لتقفز ذرات المعدن إلى موقع الفراغ القريب على سطح الكاثود ، هذا النمو الكهروكيميائي يقود إلى تكوين رواسب معدنية متفرعة وكثيفة أو أشكال هندسية اعتمادا" على الظروف التشغيلية المستخدمة (4,6,7) . أيضا "يعتمد معدل انجاز عملية الترسيب الكهربائي على الخواص الكهروكيميائية لايون المعدن ، كالجهد القياسي وشحنة الايون ومعدل انتقال الايون (8) .

من المعروف إن قوانين التحلل الكهربائي صيغت من قبل العالم فاراداي عام 1833 م ، إذ وضع قانونين مهمين (2,9,10) هما : يتناسب وزن المعدن المترسب مع كمية الكهربائية المارة ومع الوزن المكافئ له وبذلك يمكن الحصول على العلاقة التالية:

$$W = \frac{I t M_w}{n F} \quad (1)$$

إذ أن w : وزن المعدن المترسب (g) ، M_w : الوزن الذري للمعدن المترسب (g/mol)

n : تكافؤ المعدن المترسب ، F : ثابت فرادي $\approx (96500 \text{ coulom /eq})$

I : التيار المار Amper ، t زمن مرور التيار second

إما بخصوص انتقال الكتلة في المحاليل إن نقل الكتلة هي ظاهرة الحركة (وسيلة نقل) لكتلة (أيونات ، مركبات كيميائية) من جزء في النظام إلى آخر في الخلية الكهروكيميائية ، وهناك ثلاث عمليات مسؤولة عن تجهيز ايونات المعدن في المحلول الذي يقل التركيز فيه بجوار الكاثود ، وكذلك عن تحريك ايونات المعدن في المحلول الغني بها بجوار الانود هذه العمليات هي (9,11) : (الهجرة الأيونية ionic migration والانتشار diffusion والحمل convection).

أما المتغيرات المؤثرة في عملية الترسيب الكهربائي فهناك الكثير من العوامل المرتبطة بمعدن الانود والمعدن المراد الترسيب عليه (الكاثود) والمحيط الالكترووليتي والمرتبطة بالظروف الفيزيائية والكيميائية لعملية الترسيب أهمها: التيار الكهربائي (12,13) ، درجة الحرارة (14,15) ، الاستقطاب (16) ، درجة الحامضية (12) ، تركيز الالكترووليت (17) ، الخلط (18) ، المسافة بين القطبين (19,20) ، جهد القطب القياسي (14,17,21) .

تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين

ودرجة الحرارة على الترسيب الكهربائي للألمنيوم

عمر فاضل داود الأنعمي ، عمر ضياء، براق ثائر، زينب عمران ، رؤى أميد

ولابد من الإشارة إلى إن سرعة التآكل والترسيب تعتمد على سرعة انتشار الايونات بين الانود والكاثود ، سرعة التأين عند الانود أو التعادل والاختزال عند الكاثود والسرعة التي تعتمد على حالة الاتزان والاستقرار النهائي لذرة على سطح الكاثود أو المعتمدة على مرحلة تحرر الذرة من التركيب البلوري إلى ذرة حرة عند الانود (17) .

أما ما يتعلق بشأن محاليل الترسيب الكهربائي تستعمل محاليل مركزة جدا" لتجنب النقص السريع لأيونات المعدن في حوض الترسيب على سطح الكاثود وهذا يتطلب أملاح عالية الذوبان ،فنترات الفلز تمتاز بالذوبانية العالية ،لكنها تختزل في (0.7 volt) ،وبالتالي يصعب استعمالها في معظم الأحواض وعليه يجب اختيار أملاح تحوي جذر سالب لا يمكن اختزاله في مدى الفولتيات المستخدمة في المحاليل ، لأن الجذر السالب يؤثر على الفعالية الأيونية في حوض الترسيب (14) . كما أن البيركلورات تمتاز بذبوبانية جيدة لكنها عالية الثمن وقابلة للانفجار ،أما الكربونات فتعمل على تعديل درجة الحمضية وتسهل من عملية السيطرة عليها وكذلك تقلل من استقطاب الانود ،كما أن التركيز العالي يقلل من كثافة التيار. إن استخدام الكلوريدات يساعد في ذوبان الانود ويزيد من معامل الانتشار (22) . أما الكبريتات مادة رخيصة الثمن نسبيا" ومتوفرة تجاريا" وذات ذوبانية جيدة في الماء .

في هذا البحث تم دراسة تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين ودرجة الحرارة في عملية الترسيب الكهربائي للألمنيوم .

الجزء العملي :

الخلية الالكترووليتية electrolytic cell: استخدم حوض من الزجاج على شكل متوازي المستطيلات بأبعاد (30 x50 x30 cm) كما تم تهيئة أقطاب من الألمنيوم لاستخدامها كاثود وكاثود في الخلية بأبعاد متساوية بطول (20cm) وعرض (4cm) وبسمك (0.9cm). زودت الخلية الالكترووليتية بعارضة من الزجاج لتثبيت القطبين ، إذ تم ثقب القطبين واستخدام أسلاك نحاسية لتعليقها بشكل شاقولي وغمرها داخل الحوض الزجاجي ، وضمان حرية تحريك موقع كل قطب داخل الخلية ، وللتحكم بالمسافة فيما بينها . تركت مسافات بين القطبين وجوانب الخلية ، وكذلك بين القطبين وقاع الخلية لضمان انسياب الاكترووليت بشكل سهل دون عائق. أما مساحة القطب المغمورة في المحلول الالكترووليتي كانت (64cm²) ولجميع التجارب . تم ربط القطبين بواسطة الأسلاك الكهربائية وبشكل محكم إلى جهاز القدرة ، فالقطب المرتبط بالقطب الموجب من جهاز القدرة يكون بذلك أنودا" وربط القطب الثاني إلى الطرف السالب من جهاز القدرة ليكون هذا القطب كاثودا" . أما المحلول الالكترووليتي الخاص بترسيب الألمنيوم تم تهيئته بإذابة كبريتات الألمنيوم المائية (Al₂(SO₄)₃.18H₂O) بمزيج من الماء المقطر وحمض الكبريتيك تبدأ عملية الترسيب بتسخين المحلول إلى الدرجة الحرارية المطلوبة (20-35°C) ، ثم نعلق القطبين في المكان المخصص لهما، وتوصل الدائرة الكهربائية لإمرار التيار الكهربائي مع المراقبة للوصول إلى الاستقرارية ، بينما تتم مراقبة درجة الحرارة لمحلول الترسيب باستخدام المحرار الزئبقي لكي يتم الحفاظ على درجة الحرارة . كذلك لابد من تحريك المحلول أثناء عملية الترسيب للتخلص من فقاعات غاز الهيدروجين المتحررة على سطح القطب ولأجل التجانس ويتم ذلك باستخدام خلاط مغناطيسي (Magnetic stirrer). تم تصوير عملية الترسيب الكهربائي للألمنيوم ، وذلك لبيان شكل الترسيب الكهربائي للمسحوق المنتج على سطح قطب الكاثود. بعد اكتمال زمن التجربة (60 min) ، يغسل القطب بالماء المقطر. بعدها يجفف قطب الكاثود داخل فرن التجفيف ودرجة حرارة 100°C ، ثم يوزن القطب.

تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين

ودرجة الحرارة على الترسيب الكهربائي للألمنيوم

عامر فاضل داود النعيمي ، عمر ضياء، براق ثائر، زينب عمران ، رؤى أميد

النتائج والمناقشة Results and discussion

ترسب الألمنيوم على الكاثود بشكل راسب وظهر على سطح الترسيب تعرجات وعقد غير منتظمة لجميع ظروف التشغيل التي استخدمت في هذا البحث وهي كالآتي :

- **تغير الجهد الكهربائي** : لتبيان تأثير الجهد المسلط على القطبين في خلية الكتروليتية تحوي محلول كبريتات الألمنيوم بتركيز (76g / L)، أجريت التجارب بمدى من الجهود (5,10,20,30,35 volt) بتثبيت الظروف الأخرى (درجة الحرارة والمسافة بين القطبين ، تركيز المحلول الاكتروليتي) دونت النتائج في الجدول رقم (1) إذ يلاحظ وشكل عام زيادة وزن الراسب مع ارتفاع قيمة الجهد الكهربائي .

جدول (1): بين تأثير الجهد الكهربائي على وزن الألمنيوم المترسب

الجهد الكهربائي (v)	وزن الراسب (gm)
5	0.7
10	1.6
20	2.3
30	2.9
35	3.7

إن زيادة وزن الراسب مع ارتفاع الجهد الكهربائي بسبب زيادة معدل التيار المار في الخلية. إن الجهد القياسي للألمنيوم (+ 1.66) بينما للهيدروجين (0) ولهذا فان ايونات الألمنيوم تجد الوقت الكافي للانفصال على شكل دقائق صغيرة كما إن الهجرة الأيونية لوحدها تكون بطيئة وغير كفوة في نقل الايونات ،لذا تنتقل الايونات من الانود إلى الكاثود نتيجة الانتشار والحمل والارتحال عبر الاكتروليت الذي يحمل وينقل التيار في الخلية الاكتروليتية .كما إن وجود حامض الكبريتيك وبتراكيز محددة يقلل من المقاومة الاومية للمحلول الاكتروليتي ،إذ انه يضاف بغية تحسين موصالية المحلول الكهربائية، مما يؤدي إلى وجود وفرة عالية من الايونات تؤدي إلى التفريغ الأيوني السريع للايونات (Al^{+3}) وترسب الألمنيوم.

تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين

ودرجة الحرارة على الترسيب الكهربائي للألمنيوم

عامر فاضل داود الأنعمي ، عمر ضياء، براق ثائر، زينب عمران ، رؤى أميد

- **تأثير المسافة بين القطبين** : لبيان تأثير المسافة بين القطبين على عملية الترسيب الكهربائي للألمنيوم في خلية الكتروليتية تحوي محلول من كبريتات الألمنيوم بتركيز (76g / L) وعند ثبوت درجة الحرارة، تم إجراء التجارب العملية بالاعتماد على قيم مختلفة من المسافات هي (5, 10 , 15 cm) .

أظهرت النتائج المدونة في الجدول رقم (2) إن تأثير المسافة بين القطبين عامل مؤثر على وزن الراسب ، إذ أن وزن الراسب يزداد كلما اقتربت المسافة بين القطبين بسبب زيادة كفاءة التيار (وذلك لنقصان مقاومة المحلول كلما اقتربت المسافة بين قطب الكاثود والانود مما يؤدي إلى زيادة التوصيلية وبالتالي زيادة وزن الراسب) .

الجدول (2) : بين تأثير المسافة بين قطبي الخلية الكتروليتية ووزن الألمنيوم المترسب .

المسافة بين القطبين (Cm)	وزن الراسب (gm)
5	1.1
10	0.7
15	0.4

إن زيادة معدل الترسيب الكهروكيميائي يعني زيادة كتلة المادة المترسبة من الألمنيوم ويعود سبب ذلك إلى زيادة معدل التيار المار في الخلية الكتروليتية مما يؤدي إلى زيادة سرعة انتشار الأيونات الفلزية الموجبة في المحلول الكتروليتي وحركتها باتجاه الكاثود ، فعندما تكون المسافة بين القطبين بعيدة يحدث انخفاض في معدل الترسيب الكهربائي بسبب انخفاض التوصيلية الكهربائية بين القطبين ، إذ تنخفض الأيونات المترسبة على سطح الكاثود

- **تأثير درجة الحرارة** : يوضح الجدول (3) تأثير درجة الحرارة على وزن الألمنيوم المترسب بعد تثبيت المتغيرات الأخرى (الجهد 10v ، المسافة بين القطبين 10cm) ، تبين لنا بزيادة درجة الحرارة ازداد وزن الراسب المتكون كما معروف لدينا إن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة حركة الأيونات وبالتالي زيادة التوصيلية الكهربائية .

تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين

ودرجة الحرارة على الترسيب الكهربائي للألمنيوم

عامر فاضل داود النعيمي ، عمر ضياء، براق ثائر، زينب عمران ، رؤى أميد

الجدول (3) : تأثير درجة الحرارة على وزن الألمنيوم المترسب

وزن الراسب (gm)	درجة الحرارة (°C)
0.5	30
0.8	35

References

- 1- Irving Granet , "Modern Materials Science" ,1980,pp.273- 475.
- 2-Stephen K.Lower," Electrochemistry ;Chemical Reactions at an Electrode ,Galvanic and Electrolytic Cells", on the web :www.cheml.com/acad/webtext/virtualtextbook ,2004 .pp.1-39.
- 3- Donald R.Askel and Pardeep P.PHule, "The Science and Engineering of Materials" , 4th edition,2003 ,2003 ,pp.173- 907.
- 4- Antropov L.I, "Theoretical Electrochemistry" , 1977,pp300-522.
- 5- د . قطان خلف الخزرجي ، "ميتالورجيا المساحيق" ، جامعة بابل /قسم المواد،1977.
- 6- Bernard M.O,Plapp M,Gouyet J.F,"A Lattice Gas Model of Electrochemical Cells ;Mean-field Kinetic Approach",2002,E-mail :Jean –Francois .gouyet @ polytechnique.fr.
- 7- HarryL.Swinng and John M.Huth, Buoyancy and Electrically Driven Convection Models in Thin –Layer Electrodeposition , Vol .59 ,No2 ,American physical Society,1999,PP.2157 - 2167.
- 8-Roy H.Magnuson , "Metal Deposition and Etching," Endicott Inter Connect Technologies ",(E-Mail : [roy.magnuson @ eitny .com](mailto:roy.magnuson@eitny.com)).
- 9- Groover M.p," Fundamentals of Modern Manufacturing " , Inc,1999,pp.(73-40).

تأثير الجهد الكهربائي ، المسافة بين القطبين

ودرجة الحرارة على الترسيب الكهربائي للألمنيوم

عامر فاضل داود النعيمي ، عمر ضياء، براق ثائر، زينب عمران ، رؤى أميد

- 10- Kubasov V,Zaretsky S, "Introduction to Electrochemistry ",MIR Publishers, Moscow ,1987 ,pp.1-165.
- 11- Krishnan Rajeshwar ,Jorge G.Ibanez," Environmental Electrochemistry ", Academic Press , 1997,pp. 57-117.
- 12- Lowenheim F.A, "Guide to the Selection and Used of Electroplated and Related Finishes", ASTM Special Technical Publication ,1982,pp. 11-17.
- 13- Landolt D ,"Electrodeposition Science and Technology in the Last Quarter of the Twentieth Century " , Journal of the Electrochemical Society,149(3),2002.
- 14- Lowenheim F.A, "Electroplating",McGraw – Hill,NewYork,1987,pp.113-363.
- 15- American Society of Metals,"Handbok", Vol.5,Surface Cleaning ,Finishing and Coating,9th edition ,1982.
- 16- Maissel L.I and Glang R,"Handbook of Thin Film Technology ",McGraw Hill ,NewYourk,1970.
17. 2000, ELGA د. كاظم عباس الموسوي وآخرون ،"التآكل " ،منشورات ELGA .
- 18-Aurelian Calus ,ARV, "Electrodeposition of Metals Powder ",Part 3 ,1979.
- 19- Mars G.Fontana,"Corrosion Engineering " , 3rd edition , McGraw Hill,1988,pp14- 38.
- 20- . د. حسين باقر رحمة الله ، "هندسة التآكل وحماية سطوح المعادن "، الجامعة التكنولوجية 1989,(72-62) .
- 21- د. ابراهيم محمود منصور ، نوال عزت عبد اللطيف ،" استخلاص المعادن اللاحديدية " الجامعة التكنولوجية - (384-342),1990.
- 22- Canning W,' The Canning Handbook on Electroplating " London ,22nd Ed ., 1978,pp. (659-687).