استخلاص النيكل من مخلفات حرق الوقود الثقيل بالإذابة المائية وترسيب فلزه كهربائياً

أ.د.عماد أيوب يوسف،* د. مؤيد كاصد جلهوم،** ليث يوسف يعقوب*

تاريخ التسلم: ٢٠٠٥/١٠/٢٤
تاريخ القبول:٢٠٠٦/٤/٢٧

الخلاصة

يتضمن البحث استخلاص النيكل من مخلفات حرق الوقود الثقيل من محطات توليد الطاقة الكهربائية، تم تهيئة المخلفات وطحنها وغربلتها واجريت محاولة لتركيز النيكل بالتفاضل الحجمي كما تم اجراء الفصل المغناطيسي الرطب بهدف التخلص من الحديد الموجود بهيئة مغناتيت، كما اوضحت النتائج امكانية فصل (٨٦%) من الحديد على هيئة مغناتيت.

ولغرض استرجاع الفناديوم من المخلفات اجريت عملية الاذابة القاعدية باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم وادت هذه العملية الى اذابة (٩٨,٦٣%) من الفناديوم ورفع نسبة النيكل في المخلفات الى (١٦,٢٧%).

كما تم استخدام الطريقة المائية (Hydrometallurgy). وتمت عملية اذابة النيكل ايضاً من المخلفات باستخدام حامض الكبريتيك، ومن النتائج تبين امكانية الحصول على نسبة اذابة عند تركيز حامض بتركيز (٣ مولاري) ودرجة حرارة (١٠٠ ْم) وزمن اذابة (٩٠ دقيقة) ونسبة صلب/سائل (٥ غم/ لتر)، وكانت نسبة اذابة النيكل (٩٥,٥%).

ولغرض استرجاع حامض الكبريتيك من السائل المحمل بالنيكل، اجريت عملية التبادل الايوني باستخدام مبادل ايوني سالب قوي، بعدها اجريت عملية التبخير لزيادة تركيز النيكل. حيث امكن الحصول على تركيز حامض الكبريتيك بحدود (٠,٩٨ مولاري) وتركيز نيكل مقداره (٥٧,٦ غم/ لتر) في حين اعطت عملية الترسيب الكهربائي الى استخلاص (٧٥%) من النيكل بنقاوة (٩٧,٨٣%).

Abstract

This research include extraction of nickel metal from residual of fired heavy oil in electric power station, the residual were pretreatment by grinding and sieving, the nickel concentrated by particle size.

Magnetic separation was also performed in order to get rid of iron that was in heavy oil residual in the form of magnetite, and the results show the ability of separating 86% of iron.

* الجامعة التكنولوجية – قسم هندسة المواد.
** هيئة التصنيع العسكري – شركة ابن سينا.

https://doi.org/10.30684/etj.25.3.12
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Vanadium was recovered from the residual by alkaline leaching method using sodium hydroxide solution and this step resulted in the leaching 98.63% of vanadium, also increasing nickel concentration to 16.27%.

Subsequently extraction of nickel from the residual was studied using the hydrometallurgy method. The leaching of nickel from the residues was carried out using sulfuric acid and the result obtained show the possibility of obtaining the highest leaching ratio at acid concentration 3 molarity, temperature 100ºC, time of leaching 90 minutes and solid /liquid ratio 5 gm/l.

In order to recover H_2SO_4 from the pregnant liquid, ion exchange process was employed using strong anion exchanger and the concentration of nickel increases in the liquid resulting from ion exchange process by evaporation.

المقدمة

تحتوي مخلفات حرق الوقود الثقيل على العديد من الفلزات التي تتركز فيها بعد حرقها. في السنوات الماضية تم فصل واستخلاص بعض هذه الفلزات ومنها النيكل من المخلفات والخامات.

حيث درس الباحثان (V.Markovac) و(H.C.Heller) [1] عام 1981 مبادئ التحليل الكهربائي لاسترجاع النيكل من ماء الغسل الناتج من الطلاء باستخدام عدد من الأغشية الموجبة والسالبة مرتبة بشكل متتابع بين قطبين، وفي عام 1982 درس الباحثان [2] تأثير كثافة التيار على عملية التحلل الكهربائي وتم التوصل إلى إمكانية استرجاع النيكل بكفاءة تيار (٩٩%) عندما تكون كثافة التيار (٣,١٨ ملي أمبير/سم^2).

كما درس (P.M.Afeny)[3]عام ١٩٨٢ إمكانية إذابة النيكل انتقائياً من خام الحديد وتوصل إلى أن التراكيز المخففة من حامض الكبريتيك قادرة على إذابة النيكل انتقائياً إلا أنها تؤدي إلى نسب إذابة منخفضة وكذلك توصل الباحث إلى إمكانية إذابة النيكل بصورة انتقائية برفع درجة الحرارة وهذا يتطلب استخدام أوعية ضغط تجعل من عملية الإذابة ذات جدوى اقتصادية منخفضة.كما

قام الباحثان (L.B.Sukla) و(Das) [4] في عام 1986 بدراسة تأثير حامض الكبريتيك في إذابة النيكل من خام الحديد وتوصلا إلى إمكانية إذابة بحدود (١٠٠%) من النيكل بحامض الكبريتيك بتركيز (٤ مولاري) ودرجة حرارة (١٠٠ºم) إلا أن التراكيز المنخفضة من الحامض(١,٨٢ مولاري) تؤدي إلى نسب إذابة واطئة (اقل من ١٠%).

وقام الباحث (P.B.Q ueneau) وآخرون [5] في عام ١٩٨٩ بدراسة استرجاع الفناديوم والنيكل من مخلفات حرق فحم الكوك باستخدام وعاء ضغط لأكسدة المخلفات بدرجة حرارة (٣٠٠ºم) وضغط (٢٥٠٠ psig) بوجود مزيج من غازات (N_2,CO_2,O_2) وبإضافة (٦٠-١١٠ غم/لتر) كاربونات الصوديوم إلى المخلفات للحصول على $Fe(VO_3)_3$ بعدها قام الباحث بإذابة ($NiCO_3$) باستخدام حامض الكبريتيك للحصول على كبريتات النيكل.

وكذلك درس الباحث (V.Kumar) وآخرون [6] في عام 1990 استرجاع النيكل كهربائياً من المحلول الناتج من إذابة خام

النيكل بمحلول الأمونيا بعد تنقيته باستخدام الاستخلاص بالمذيبات العضوية.

ودرس الباحث (S.Akita) وآخرون [7] في عام 1995 كفاءة كلوريد الأمونيوم لإذابة النيكل من مخلفات حرق الوقود الثقيل. وتوصل الباحثون إلى إمكانية إذابة (٥٩%) من النيكل عند أس هيدروجيني مقداره (٩,٥) بزمن(٥ ساعات) وبإضافة هيدروكسيد الأمونيوم. ثم أجرى الباحثون دراسة استرجاع النيكل من السائل المحمل بترسيبه بإضافة (Na_2S) بنسبة1.22 = [Ni]/[Na_2S] وأدت هذه العملية إلى ترسيب (٨٧%) من النيكل على شكل (NiS).

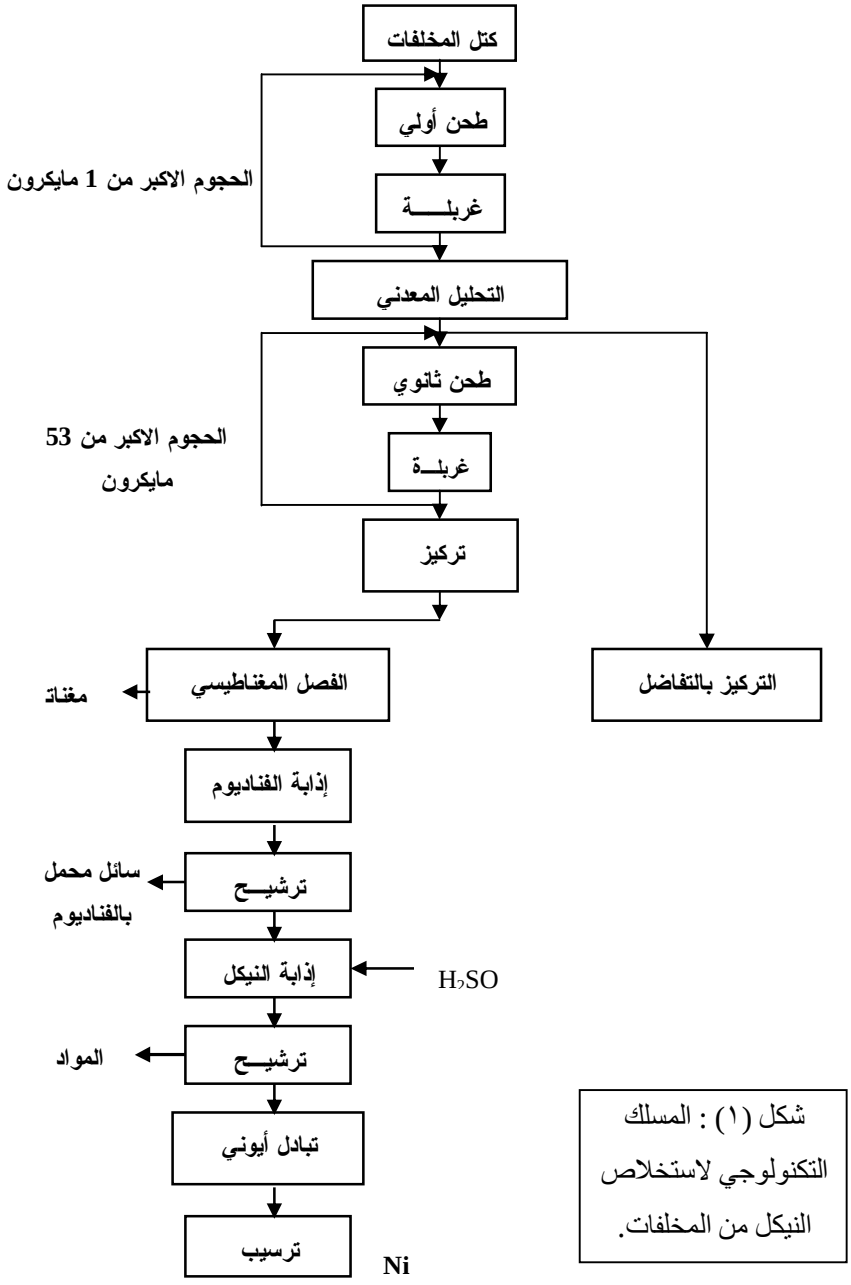
وقام الباحثان (Malcom) و(Rachib) [8] عام 1997 باجراء الإذابة الحامضية للنيكل والفناديوم الناتج من حرق فحم الكوك للحصول بحدود (١٠٠%) لكلا المعدنين ثم فصل المعدنين وتنقية المحلول واسترجاع الكاربون. وقد أثبت الباحثان إن استخدام الموجات فوق الصوتية تحسن من الإذابة الحامضية للفناديوم.

كما قام (Daniel Kittely) [9] عام ٢٠٠١ بدراسة كيفية تقليل الإجهادات في النيكل عند ترسيبه كهربائياً لتجنب حدوث التشققات وتقشر الطبقة المترسبة. وقد درس الباحث تأثير كل من تركيز أيونات النيكل في المحلول وإضافة حامض البوريك وكبريتات الصوديوم والأس الهيدروجيني في نوعية الطبقة المترسبة من حيث الاجهادات وخشونة السطح والصلادة.

أجرى الباحث (T.Dodon) وآخرون [10] عام 2001 دراسة إمكانية استرجاع النيكل بالترسيب الكهربائي من السائل المحمل الناتج من إذابة خام النيكل بعد تنقيته بطريقة الاستخلاص بالمذيبات. وجرت عملية الترسيب في درجة حرارة (٦٢°م) وكثافة تيار (٢٠٠ أمبير/متر^2) وبإضافة حامض البوريك والصودا الكاوية لدراسة تأثير الأس الهيدروجيني على كفاءة التيار.

الجزء العملي

يوضح الشكل (١) المسلك التكنولوجي لاستخلاص النيكل من المخلفات. إذ تم إجراء عمليات الطحن والغربلة على نموذج من مخلفات حرق الوقود الثقيل المجهزة من محطة جنوب بغداد لتوليد الطاقة الكهربائية بهدف إجراء التحاليل المعدنية والكيميائية للتعرف على أهم العناصر المكونة للمخلفات و تركيز كل منها علاوة على الحصول على الحجم الحبيبي المناسب للمراحل اللاحقة،وقد بينت النتائج وجود الفناديوم بنسبة (٣١،٧%) على هيئة ($Na_{12}V_{24}O_{64}$) والنيكل بحدود (١١%) على هيئة (NiO) والحديد بنسبة (٢،١٧%) على هيئة (Fe_3O_4) وعناصر أخرى مبينة في الجدول (١).



شكل (١) : المسلك التكنولوجي لاستخلاص النيكل من المخلفات.

جدول (١) : يوضح تراكيز العناصر في مخلفات حرق الوقود الثقيل

العنصر	Ba	K	Co	Si	Mg	Na	Fe	Ni	V
التركيز %	٠,٠٠٤	٠,٠١٧	٠,٠١٩	١,٣	٢,٢٤	٢,٤٧	٢,٧١	١١	٣١,٧

فصل اوكسيد الحديد (المغنتايت)

تم إجراء الفصل المغناطيسي الرطب للحديد الموجود في المخلفات بهيئة مغنتايت باستخدام الجهاز الموضح في الشكل (٢) [11]، حيث تم إضافة (١٠٠ غم) من المخلفات إلى (٥٠٠ مل) من الماء في حوض الفصل، وتم تشغيل الجهاز لمدة (١٥ دقيقة) بسرعة مزج (٤٥٠ دورة/دقيقة).

تم ترشيح الدقائق المتبقية بعد عملية الغسل وتجفيفها وتحليلها باستخدام جهاز الامتصاص الذري لمعرفة كمية الحديد المفصول والفقدان في فلز النيكل.

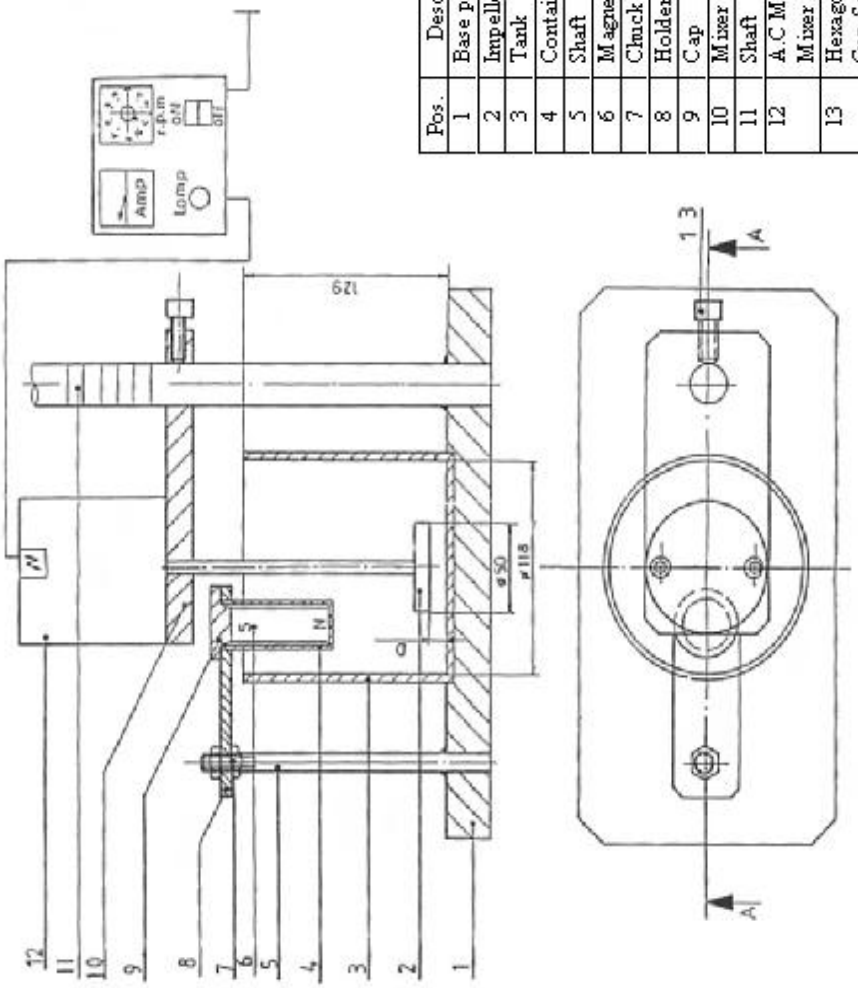
إذابة الفناديوم من المخلفات

تم استخدام الإذابة القاعدية لمخلفات حرق الوقود، لإذابة الفناديوم من المخلفات. وتمت عملية الإذابة بإضافة (١٠٠ غم) من المخلفات (بعد إجراء الفصل المغناطيسي الرطب) إلى (٥٠٠ مل) من محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز (٢ مولاري)، لأن هيدروكسيد الصوديوم مذيب جيد وانتقائي للفناديوم من مخلفات الحرق [9].

تمت عملية الإذابة في مفاعل زجاجي سعة (1 لتر) مع اجراء عملية التكثيف لمنع تبخر محلول الإذابة وقياس درجة الحرارة بصورة مستمرة .

وأجريت عملية الإذابة بدرجة حرارة (١٠٠°م) وزمن (٢ ساعة) وسرعة مزج (٦٠٠ دورة / دقيقة) وبعدها أجريت عملية الترشيح لفصل المواد الصلبة غير الذائبة عن السائل المحمل بالفناديوم الناتج من الإذابة، وتم تحليل عينة السائل المحمل لمعرفة نسبة إذابة الفناديوم، وكذلك تم تحليل عينة من المخلفات الصلبة غير الذائبة لمعرفة تركيز النيكل في المخلفات الناتجة من الإذابة.

Pos.	Description	Material	Qty
1	Base plate	ST 37	1
2	Impeller	ST	1
3	Tank	Pyrex	1
4	Container	PLSTC	1
5	Shaft	ST 37	2
6	Magnet		1
7	Chuck nut	CK 45	1
8	Holder	CK 45	1
9	Cap	PLSTC	1
10	Mixer holder	CK 45	1
11	Shaft	ST 37	1
12	A.C Motor Mixer		1
13	Hexagon Socket Cup Screw	31CrMn	1



شكل (٢) : جهاز الفصل المغناطيسي الرطب.

إذابة النيكل من المخلفات

لغرض استخلاص النيكل من المخلفات، تم اختيار محلول حامض الكبريتيك لإذابة النيكل من المخلفات إذ يعد حامض الكبريتيك مذيباً فعالاً لأكاسيد النيكل. وتم دراسة تأثير المتغيرات التالية للتوصل للظروف المثلى لعملية الإذابة:

1- تركيز حامض الكبريتيك.
2- زمن الإذابة.
3- درجة الحرارة.
4- نسبة الصلب / سائل.

أجريت جميع التجارب باستخدام نماذج بوزن (١٠ غم) وضعت مع محلول حامض الكبريتيك بتراكيز مختلفة في مفاعل زجاجي سعة (٥٠٠ مل)، وتمت عملية المزج والتسخين باستخدام جهاز التسخين والمزج المغناطيسي.

التبادل الايوني

تم استخدام مبادل أيوني سالب قوي لغرض استرجاع حامض الكبريتيك الزائد من السائل المحمل الناتج من الإذابة، وتم تهيئة المبادل الأيوني قبل إجراء العملية بوضع (25 مل) من الراتنجات في وعاء زجاجي سعة (500 مل) وأضيف لها (100 مل) من الماء المقطر وترك المحلول لمدة (24 ساعة).

تم غسل الراتنجات بالماء وأزيلت الشوائب الطافية، ثم وضعت الراتنجات في عمود تبادل أيوني زجاجي مزود بصمام من الأسفل وتم إمرار محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز (١٠%) وحجم (150 مل) وبدل (9-8 مل/دقيقة) وذلك بفتح الصمام جزئياً بعد التأكد من خلو العمود من الفقاعات الهوائية لغرض جعل الراتنجات فعالة بصيغة الهيدروكسيد.

بعد انسياب المحلول تم غسل العمود بـ(350 مل) من الماء المقطر وبمعدل جريان (8 مل/دقيقة) للتخلص من المحلول المتبقي على العمود. تم تحويل الراتنجات من صيغة الهيدروكسيد إلى الكبريتات بإمرار محلول كبريتات الصوديوم بتركيز (١٢%) وحجم (150 مل) وسرعة جريان (6 مل/دقيقة).

بعد انتهاء تهيئة المبادل الأيوني، تم إمرار السائل المحمل الناتج من الإذابة بحجم (100 مل) خلال عمود التبادل الأيوني بسرعة جريان (4 مل /دقيقة)، ولاسترجاع الكبريتات من المبادل الأيوني تم غسل المبادل بـ (250 مل) من الماء وأعيد تجديد المبادل لاستخدامه مرة أخرى.

عملية التبخير

أجريت عملية التبخير للسائل الناتج من التبادل الأيوني بهدف تركيز النيكل في السائل، تم تبخير السائل بحجم (١٠٠ مل) في درجة حرارة (70°م) لحين الحصول على حجم (25 مل).

إن عملية التبادل الأيوني لا تؤدي إلى استرجاع جميع الحامض من السائل المحمل، مما يؤدي إلى حصول زيادة في تركيز الحامض بعملية التبخير. لذلك تم إعادة عملية التبخير بهدف استرجاع أكبر كمية من الحامض وزيادة تركيز النيكل وجعله مناسباً للاستخلاص بالترسيب الكهربائي.

الترسيب الكهربائي للنيكل

ان خلية الترسيب الكهربائي المبينة في الشكل (٣) مكونة من قطب كاثود مصنوع من الصلب الامصدئ وقطبي أنود من الرصاص الحاوي على (٥%) قصدير ووعاء زجاجي سعة (١لتر). غمر قطب الكاثود بين قطبي الأنود ومليء الوعاء بحجم بسائل محضر يمتاز بنفس مواصفات السائل الناتج من التبادل الايوني والتبخير من حيث تركيز حامض الكبريتيك ونسبة النيكل بسبب صعوبة الحصول على كمية كافية من السائل, وأضيف إليه (١٠ غم/لتر) حامض البوريك و(١٠٠غم/لتر) كبريتات الصوديوم ، إن هذه الإضافات تحسن عمل الخلية. وللحصول على

درجة الحرارة المناسبة للتجربة تم استخدام مسخن كهربائي وتم تغطية الخلية بطبقة من الزجاج العضوي لمنع تبخر المحلول مثقبة بفتحات لتثبيت الأقطاب ومحرار زئبقي لقياس درجة الحرارة علاوة على فتحة لتصريف الغازات الناتجة من عملية الترسيب.

لغرض البدء بعملية الترسيب تم ربط الأنودات إلى الطرف الموجب لمجهز القدرة وربط الكاثود بالطرف السالب من مجهز القدرة. تم إجراء عدة تجارب بهدف دراسة كثافة التيار ودرجة الحرارة في استخلاص النيكل من المحلول. تم تطبيق الظروف المثلى لاستخلاص النيكل على السائل الناتج من عملية الاستخلاص ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها.

النتائج والمناقشة

الفصل المغناطيسي الرطب

أوضحت نتائج الفصل المغناطيسي الرطب إمكانية فصل (٨٦%) من الحديد الموجود في المخلفات على هيئة مغنتايت وكذلك تبين حدوث فقدان في النيكل من الخام بنسبة (١,٣%) وسبب ذلك قد يرجع إلى عدم حدوث تحرر المغنتايت بشكل كامل عن بقية المخلفات في مرحلة الطحن.

إذابة الفناديوم

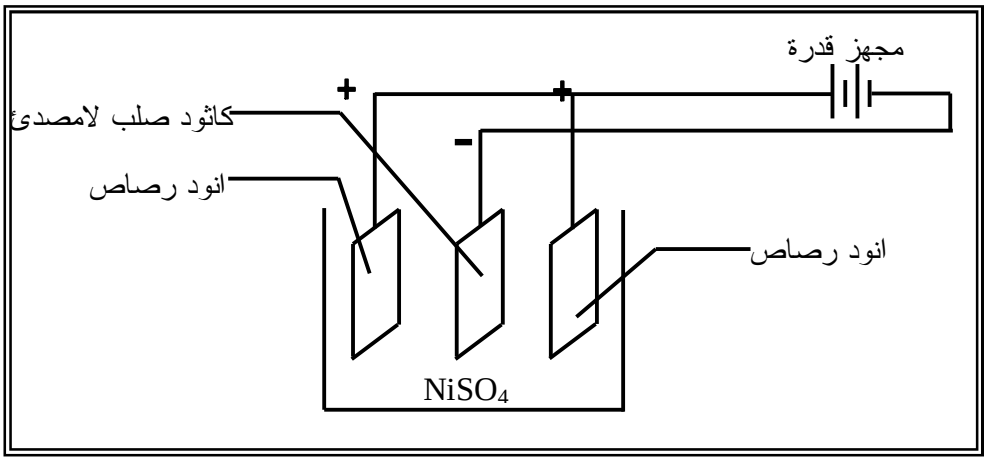
أظهرت النتائج إمكانية إذابة بحدود (٩٨,٦١%) من الفناديوم باستخدام هيدروكسيد الصوديوم، علاوة على إن عملية إذابة الفناديوم أدت إلى زيادة تركيز النيكل من (١١%) إلى (١٦,٢٧%) بعد عملية الإذابة وسبب ذلك يعود إلى النقصان في حجم المخلفات من (١٠٠ غم) قبل الإذابة إلى حدود (٦٦,٨ غم) بعد الإذابة دون حدوث فقدان محسوس في النيكل.

إذابة النيكل

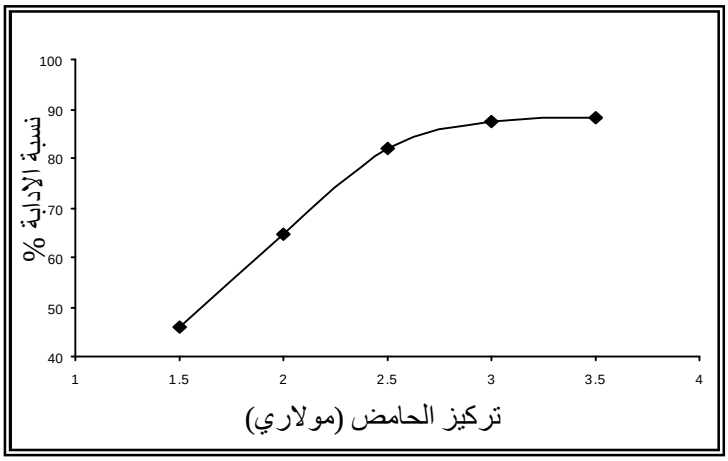
لغرض معرفة كفاءة حامض الكبريتيك في إذابة النيكل من مخلفات حرق الوقود الثقيل، أجريت عدة تجارب لتحديد الظروف المثلى التي تعطي أعلى نسبة إذابة للنيكل، تم إجراء جميع التجارب باستخدام نماذج ذاتوزن (١٠ غم) وذات حجم حبيبي (٥٣-) مايكرون وكانت سرعة المزج (٦٠٠ دورة / دقيقة).

تأثير تركيز حامض الكبريتيك

تم استخدام حامض الكبريتيك بتراكيز ما بين (١,٥- ٣,٥ مولاري) لدراسة تأثير تركيز الحامض في نسبة إذابة النيكل من مخلفات الحرق.ويبين الشكل (٤) نتائج عملية الإذابة، حيث يلاحظ من الشكل أنه عند زيادة تركيز الحامض فإن نسبة الإذابة تزداد من (٤٥,٨%) إلى (٨٨,٢%) عند استخدام تركيز حامض مقداره (٣,٥ مولاري) وسبب ذلك يعود إلى زيادة تركيز أيونات الكبريتات القادرة على التفاعل مع النيكل لتكوين كبريتات النيكل فضلاً عن زيادة تركيز أيونات الهيدروجين القادرة على التفاعل مع الأوكسجين في أوكسيد النيكل لتكوين الماء. ويلاحظ من الشكل أيضاً حدوث زيادة طفيفة في نسبة الإذابة عند رفع تركيز الحامض من (٣ مولاري) إلى (٣,٥ مولاري) وعليه تم اختيار تركيز حامض (٣ مولاري) كأفضل تركيز تحدث عنده أعلى نسبة إذابة.



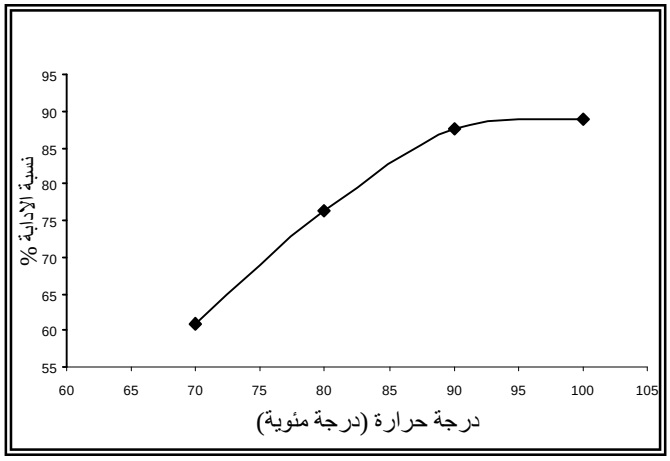
شكل (٣): خلية الترسيب الكهربائي



شكل (٤) : تأثير تركيز حامض الكبريتيك في نسبة ادابة النيكل.

تأثير درجة حرارة الإذابة

لبيان تأثير درجة الحرارة في نسبة إذابة النيكل، تم إجراء عدة تجارب في مدى درجات الحرارة بين (٧٠-١٠٠°م) بعد اعتماد تركيز حامض (٣ مولاري)، ويبين الشكل (٥) النتائج التي تم الحصول. إذ يلاحظ زيادة نسبة الإذابة إلى (٨٩%) عند رفع درجة الحرارة إلى درجة حرارة غليان المحلول، وسبب ذلك يعود إلى زيادة معدل التفاعل مع زيادة درجة الحرارة بسبب زيادة الطاقة الحركية للأيونات والجزيئات في المحلول وتعجيل جميع خطوات حركية التفاعل في عملية الإذابة.

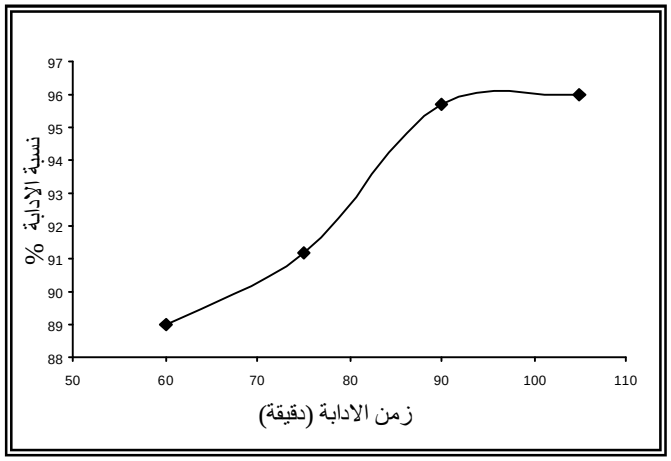


شكل (٥) : تأثير درجة الحرارة في نسبة اذابة النيكل.

تأثير زمن الإذابة

لغرض معرفة أقل زمن تحدث عنده أعلى نسبة إذابة للنيكل، تم تغيير الزمن ما بين (٦٠-١٠٥ دقيقة) باعتماد تركيز الحامض (٣ مولاري) ودرجة حرارة (١٠٠°م)، ويبين الشكل (٦) النتائج التي تم الحصول عليها.

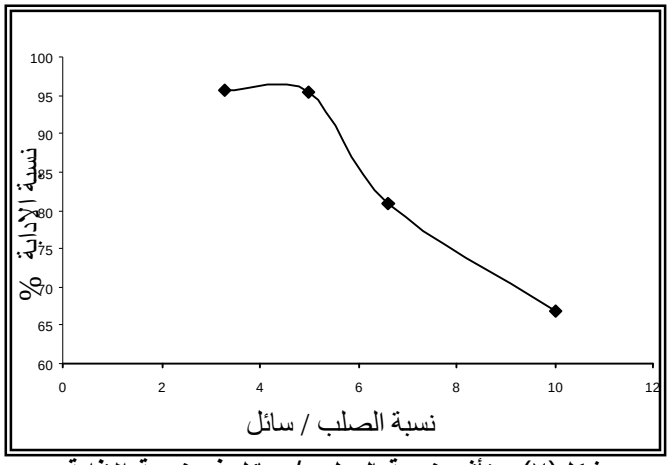
ويلاحظ من الشكل عند زيادة الزمن تزداد نسبة الإذابة من (٨٩%) إلى (٩٥,٧%) عند زمن (٩٠ دقيقة) بعدها تحدث زيادة طفيفة في نسبة الإذابة مع زيادة الزمن وذلك لوصول التفاعل إلى حالة الاستقرار. وعليه تم اعتماد زمن (٩٠ دقيقة) كأفضل زمن تحدث عنده أعلى نسبة إذابة.



شكل (٦) : تأثير زمن الاذابة في نسبة الاذابة.

تأثير نسبة الصلب/سائل

لبيان تأثير حجم المحلول المستخدم لإذابة النيكل، أجريت عدة تجارب بنسب صلب / سائل مختلفة تتراوح ما بين (٣,٣٣-١٠ غم/لتر)، والنتائج التي تم الحصول عليها مبينة في الشكل (٧).



شكل(٧) : تأثير نسبة الصلب / سائل في نسبة الاذابة.

أفضل زمن تحدث عنده أعلى نسبة إذابة (٩٠ دقيقة).

أفضل نسبة الصلب/ سائل تحدث عندها أعلى نسبة إذابة (٥ غم/لتر).

الجدول (٢) يوضح نسب الشوائب الموجودة في السائل المحمل.

الظروف المثلى لاذابة النيكل من المخلفات

بعد تحديد الظروف المثلى لإذابة النيكل من المخلفات وهي:

أفضل تركيز لحامض الكبريتيك للحصول على أعلى نسبة إذابة للنيكل (٣ مولاري).

أفضل درجة حرارة تحدث عندها أعلى نسبة إذابة (١٠٠°م).

جدول (٢) : يوضح تراكيز الشوائب في السائل المحمل

العنصر	Cr	Ca	Zn	Mn	Mg	Co	Fe	Ni	V
التركيز	56.1 ppm	14.4 ppm	8.70 ppm	41.1 ppm	10.0 ppm	14.0 ppm	0.21 g/l	6.2 g/l	0.26 g/l

من خلال الجدول يلاحظ وجود تراكيز مختلفة من الشوائب للعديد من الفلزات. ووجد كذلك إن تركيز النيكل منخفض في السائل الناتج من الإذابة (٦,٢ غم / لتر).

التبادل الايوني والتبخير

تم استرجاع معظم حامض الكبريتيك الزائد من السائل المحمل بالنيكل الناتج من الإذابة بإمراره على مبادل أيوني سالب قوي، وقد أدت العملية إلى خفض تركيز الحامض من (١,٩ مولاري) بعد الإذابة والغسل إلى

(٠,٣٧ مولاري) بعد التبادل الأيوني، إلا أن ذلك أدى إلى فقدان في النيكل من السائل المحمل بنسبة (٢٢%).

ولغرض زيادة تركيز النيكل في السائل الناتج من التبادل الأيوني أجريت عملية التبخير من حجم (١٠٠ مل) إلى (٢٥ مل) ونتج من عملية التبخير زيادة في تركيز النيكل من (٥,١٦ غم / لتر) في السائل الناتج من التبادل الأيون إلى (١٩,٦ غم / لتر) بعد عملية التبخير.

إن عملية التبخير أدت إلى زيادة في تركيز الحامض من (٠,٣٧ مولاري) الى حدود (١,٣٥ مولاري)، لذلك تم إعادة عملية التبادل الأيوني لاسترجاع كمية أكبر من الحامض وخفض تركيزه إلى حدود (٠,٣ مولاري) ومن ثم إعادة عملية التبخير لزيادة تركيز النيكل وجعله مناسباً لعملية الترسيب الكهربائي. فقد تم الحصول على تركيز نيكل مقداره (٥٧,٦ غم / لتر) وتركيز حامض (٠,٩٨ مولاري).

استرجاع النيكل بالترسيب الكهربائي

بهدف استرجاع النيكل من المحلول المحضر، تمت إضافة (١٠ غم/لتر) حامض البوريك لغرض زيادة استقطابية الكاثود وتقليل الاجهادات في طبقة الفلز المستخلص. وكذلك إضافة (١٠٠ غم / لتر) كبريتات الصوديوم لزيادة موصلية المحلول بتجهيزه بالأيونات الموصلة للكهربائية. ولتحديد الظروف المثلى لاستخلاص النيكل تم دراسة ما يلي:

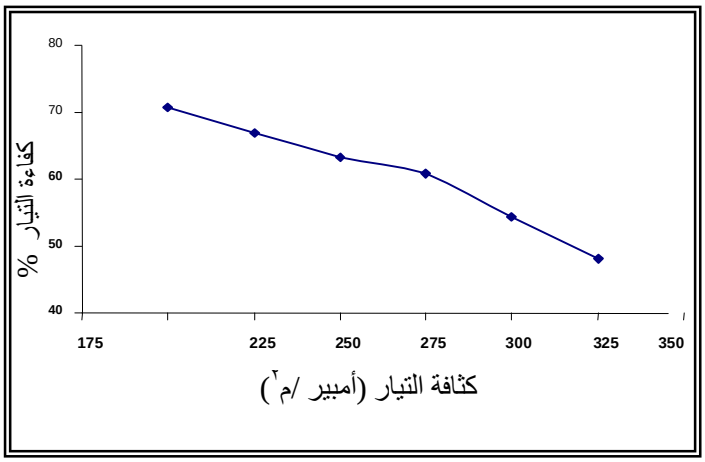
تأثير كثافة التيار

تم تغيير كثافة التيار ما بين (٢٠٠-٣٢٥ أمبير/متر^٢) لبيان طبيعة تأثيرها في كفاءة التيار ونسبة استخلاص النيكل من المحلول ويوضح الشكل (٨ و٩) تأثير كثافة التيار في كفاءة التيار ونسبة الاستخلاص على التوالي.

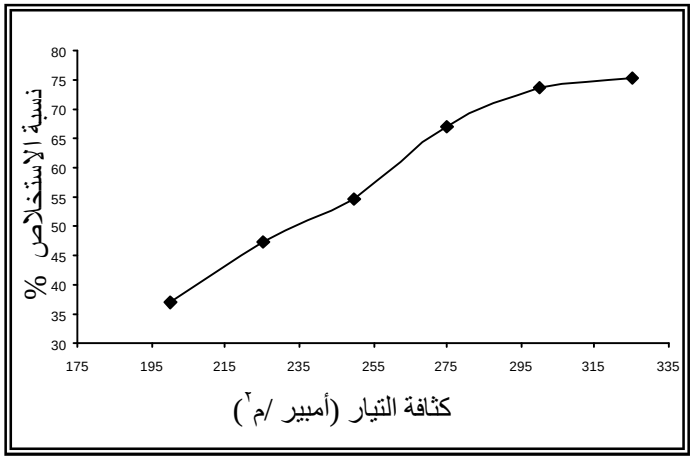
يلاحظ عند زيادة كثافة التيار انخفاض كفاءة التيار من (٧٠,٦٨%) عند كثافة تيار (٢٠٠ أمبير/م^٢) إلى مادون (٥٠%) عند كثافة تيار (٣٢٥ أمبير/م^٢)، وكذلك فإن نسبة الاستخلاص ترتفع تدريجياً من (٣٥,٦%) عند كثافة تيار (٢٠٠ أمبير/م^٢) وصولاً إلى أكثر من (٧٤%) عند كثافة تيار (٣٢٥ أمبير/م^٢).

إن سبب انخفاض كل من كفاءة التيار ونسبة الاستخلاص عند زيادة كثافة التيار يعود إلى زيادة معدل تحرر غاز الهيدروجين والذي يعد التفاعل الثانوي المنافس لترسب فلز النيكل، وإن هذا المعدل يزداد بشكل ملحوظ مع زيادة كثافة التيار إلى أكثر من (٣٠٠ أمبير/م^٢).

إن انخفاض كفاءة التيار إلى ما دون (٥٠%) يؤدي إلى خسارة في الطاقة الكهربائية وعليه يكون الهدف الحصول على أعلى كفاءة تيار ممكنة بأعلى نسبة استخلاص من الفلز. ولأن نسبة الاستخلاص في حالة استخدام كثافة تيار ما بين (٣٠٠-٣٢٥ أمبير/م^٢) تكون متقاربة وتنخفض إلى ما دون (٦٦%) في حالة اسخدام كثافة تيار أقل من (٣٠٠ أمبير/م^٢)، وعليه يفضل اعتماد كثافة تيار (٣٠٠ أمبير/م^٢) كأفضل كثافة تيار للحصول على أعلى نسبة استخلاص بكفاءة تيار مقبولة بحدود (٥٤%) والتي تعد مقبولة صناعياً للحصول على أعلى نسبة استخلاص ممكنة.



شكل (٨) : تأثير كثافة التيار في كفاءة التيار.



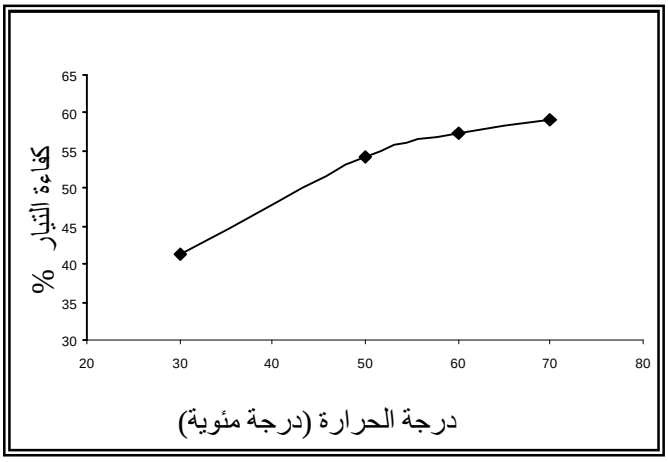
شكل (٩) : تأثير كثافة التيار في نسبة الاستخلاص.

تأثير درجة الحرارة

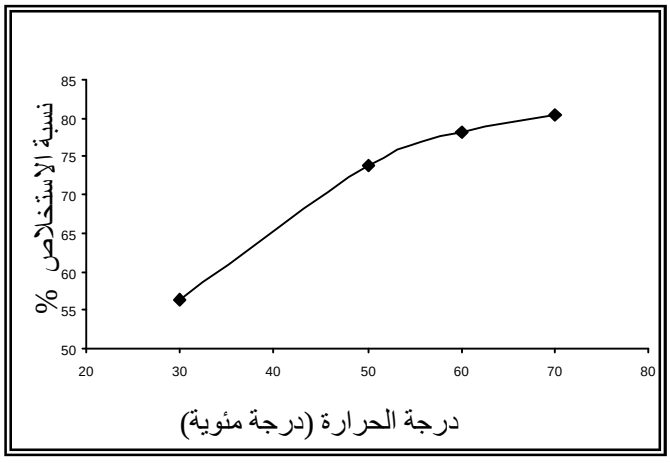
تمت دراسة تأثير درجة الحرارة على كفاءة التيار ونسبة الاستخلاص بعد اعتماد كثافة تيار (٣٠٠ أمبير/م٢) كأفضل كثافة تيار باستخدام محلول محضر.ويبين الشكل (١٠ و١١) تأثير درجة الحرارة على كفاءة التيار ونسبة الاستخلاص على التوالي.

نلاحظ إن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة كفاءة التيار ونسبة الاستخلاص ويكون هذا الأمر ملحوظاً في درجات الحرارة الأقل من (٥٠°م). أما عند زيادة درجة الحرارة إلى أكثر من (٥٠°م) فإن هذا التأثير يكون متقارباً لأن كفاءة التيار بدرجة حرارة (٦٠°م) لا تختلف بشكل كبير عما هو عليه بدرجة حرارة (٧٠°م)، أي إن الزيادة تكون طفيفة.

وكذلك الحال بالنسبة لنسبة الاستخلاص، وبما إن استخدام درجات حرارية أعلى من (٦٠°م) يؤدي إلى زيادة معدل تبخير المحلول وهذا يؤثر بدوره في تركيز أيونات المعدن في المحلول فضلاً عن خسارة في الطاقة الحرارية نتيجة للتبخير، لذا يفضل اعتماد درجة حرارة (٦٠°م) كأفضل درجة حرارة لاستخلاص النيكل بأعلى كفاءة ممكنة ونسبة استخلاص ممكنة من الناحية الاقتصادية.



شكل (١٠) : تأثير درجة الحرارة في كفاءة التيار.



شكل (١١) : تأثير درجة الحرارة في نسبة الاستخلاص.

تأثير شوائب الاستخلاص

تمت دراسة تأثير شوائب الاستخلاص في كفاءة التيار ونسبة الاستخلاص والنقاوة باعتماد الظروف التشغيلية المثلى المستنبطة من استخدام محلول محضر من مواد نقية. تم إجراء تجربة استخدم فيها سائل محمل ناتج من عملية الاستخلاص وتم ترسيب النيكل منه. ويوضح الجدول (٣) النتائج في حالة استخدام محلول محضر مقارنة بالسائل المحمل.

جدول(٣) : مقارنة بين نتائج استخلاص النيكل من المحلول المحضر والسائل المحمل

التجربة	كمية النيكل المترسب غم	كفاءة التيار%	نسبة الاستخلاص %
محلول محضر	45	56.64	78.12
السائل المحمل	43.2	55.2	75

تشير النتائج إلى أن كفاءة التيار في حالة استخدام السائل المحمل أقل مما هو عليه في حالة المحلول المحضر، وكذلك بالنسبة لنسبة الاستخلاص حيث تم الحصول على فلز النيكل بنقاوة (٩٧,٨٣%) عند استخدام السائل المحمل،فقد أظهرت نتائج التحليل الكيميائي وجود الحديد بنسبة (١,٦%) والفناديوم بنسبة (٠,٢%).

إن سبب انخفاض كفاءة التيار يعود إلى تأثير الشوائب التي تترسب مع فلز النيكل ومما يؤدي بالتالي إلى خسارة في التيار علاوة على انخفاض نقاوة الفلز المستخلص.

الاستنتاجات

١- احتواء مخلفات حرق الوقود الثقيل على نسبة جيدة من النيكل .

٢- امكانية فصل الحديد والذي يكون بهيئة مغناتيت في المخلفات بنسبة فصل تصل الى (٨٦ %) .

٣- امكانية استخلاص النيكل من مخلفات حرق الوقود الثقيل بالطريقة المائية باستخدام حامض الكبريتيك وكانت نسبة اذابة النيكل (٩٥,٥ %) عند الضروف التالية :-

أ- تركيز حامض الكبريتيك (٣ مولاري) .

ب- درجة حرارة الاذابة (١٠٠ مْ).

ج- زمن الاذابة (٩٠ دقيقة).

د- نسبة السائل الى الصلب (٥ غم / لتر).

٤- امكانية الحصول على فلز النيكل بنقاوة تصل (٩٧,٧٣) باستخدام عملية الترسيب الكهربائي .

المصادر

1- V. Markovac "Principles of electrodialysis for Nickel-plating rinsewater" Plating and surface finishing, December 1981.

2- V. Marcovac "Engineering aspects of electrolysis for nickel plating rinsewater" Plating and surface finishing, January 1982.

3- P.A. Afeny "Extraction of Nickel from Conakry Iron ore" Indian Journal of technology Vol. 20,October 1982.

4- L.B. Sukla "Leaching behavior of Sukinda lateritic Nickel ore with sulphuric acid" Institution of mining and metallurgy 95,1986.

5- P.B. Queneau "Processing of petroleum coke for recovery of Vanadium and Nickel" Hydrometallurgy, 22(1989) 3-24.

6- V. Kumar "electrowinning of nickel in the processing of Polymetallic sea nodules" Hydrometallurgy, 24 (1990).
7- S.Akita "Recovery of Vanadium and Nickel in fly ash from heavy oil" J.Chem. Tach. Biotechnol. 1995,62,345-350.
8- Malcom T. Hepworth "Recovery of Vanadium, Nickel, and carbonvia flexicoking" Journal of solid waste technology and management Vol. 24,no. 2,May 1997.
9- Daniel Kittelty "Stress relief for Nickel" Newsletter for the Aj parker cooperative research center for Hydrometallurgy, Issue 13, October 2001.
10- T.dobson "Commissioning under a microscope-the Cawse Nickel start-up" The Aus IMM proceedings Vol. 306 No. 1, 2001.
١١- حسين محمد يوسف "فصل فلز الفناديوم وأوكسيد الحديد من مخلفات حرق الوقود الثقيل" رسالة ماجستير/ الجامعة التكنولوجية/ قسم هندسة الإنتاج والمعادن ٢٠٠٠.