دراسة مقارنة لإعادة تدوير نفاية النحاس باستخدام مواد طبيعية محلية

ساره ستوت*، ندى التنجي.عبد الله وتي*****

*طالبة دراسات عليا(دكتوراه)، قسم تقانات الهندسة البيئية كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب

** أستاذ، قسم تقانات الهندسة البيئية، كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب

***أستاذ، قسم الكيمياء التطبيقية، كلية العلوم، جامعة حلب

الملخص

إن دراسة عملية استرداد النحاس النقي من نفاية (خردة) النحاس الأصفر الذي يحتوي على نسب عالية من الشوائب (الزنك والرصاص) باستخدام مواد طبيعية محلية مثل الغضار وحجر الدولوميت التي تعمل على تخفيض الشوائب وتقليل درجة حرارة الانصهار المطلوبة تعد خطوة مهمة في دورة حياة المواد وذلك لمنع الهدر مما يتيح الوفر الاقتصادي، حيث يعتبر النحاس من أهم المعادن الأساسية التي يزداد الطلب العالمي عليها بشكل متطرد مع زيادة عدد السكان والتنمية الاقتصادية للحصول على معدن النحاس ذو النقاوة العالية. تتضمن هذه الدراسة تحديد الشروط المثلى للاسترجاع (درجة الحرارة وكمية كل من الغضار وحجر الدولوميت. تم تقطيع نفايات النحاس المحتوية على (Pb=1.7%,Zn= 34.30%،Cu=64%) إلى قطع صغيرة ، ثم قمنا بصهر وزن محدد من هذه القطع وإضافة نسب مختلفة من الغضار والدولوميت المطحون من وزن العينة الأولي (4-6-8-10)% كل على حده لمدة ساعتين، فوصلت نسبة النحاس المستردة عند الصهر بإضافة 8% من الدولوميت Cu= 90.96% وهي أعلى من نسبة النحاس المستردة عند الصهر بإضافة 8% من الغضار، وكانت درجة الحرارة المثلى لصهر النفاية باستخدام الدولوميت $950c^0$، وهي أقل من درجة الحرارة اللازمة لصهر النفاية باستخدام الغضار $1100c^0$، أي أن حجر الدولوميت هو الأفضل اقتصادياً.

الكلمات المفتاحية: تدوير نفاية النحاس، نحاس نقي، مواد طبيعية، دولوميت، غضار، صهر.

ورد البحث للمجلة بتاريخ 17/ 2023/7

قبل للنشر بتاريخ 8/21 /2023

1-المقدمة والدراسة النظرية:

إن جميع الموارد الطبيعية بما في ذلك النحاس هي موارد محدودة. لذلك لضمان عدم استنفاد موارد النحاس، يجب إعادة التدوير لنفايات النحاس، لن تكون هذه العملية مهمة صعبة لأن النحاس قابل للتدوير بنسبة 100% دون أي تأثير ضار على خصائصه حيث تشير البيانات العالمية الحديثة إلى أن استخدام حوالي 24 مليون طن من النحاس سنوياً، 35% منها تأتي من مواد معاد تدويرها.

يستخدم النحاس في صناعة خلاطات المياه وطلاء أسلاك الفولاذ في إطارات السيارات بين الفولاذ والمطاط وصناعة محركات السيارات والألآت والمعدات الالكترونية والكهربائية والأقفال ومقابض الأبواب والمسننات والصمامات.

هناك طريقتان لإعادة تدوير النحاس من نفاياته:

1-الطريقة الرطبة: تعتمد الطريقة الرطبة على معالجة نفاية (خردة) النحاس الأصفر بحمض الكبريت الممدد أو حمض كلور الماء بحيث ينحل الزنك ويصبح محلولاً وبقاء النحاس دون انحلال، يتم الترشيح ثم صهر الراسب. أما الرشاحة فتتحول إلى أحد أملاح الزنك وفق الحمض المستخدم.

2-الطريقة الجافة: صهر نفاية النحاس بالمعالجة الحرارية بحيث يتحول الزنك إلى أكسيد الزنك وبقاء النحاس الذي يعالج كيميائياً لتخليصه من آثار الزنك المرافق، أما أكسيد الزنك فيستخدم صناعياً [1,2].

2-الأبحاث السابقة:

قام الباحث في الدراسة [3] بدراسة تأثير كمية الغضار على صهر نفاية (خردة) النحاس لاسترجاع معدن النحاس النقي، تم في البداية طحن الغضار المستخدم في عملية الصهر إلى درجة نعومة مناسبة. بعدئذ قطعت الخردة التي تحتوي على 56.05% نحاس إلى قطع صغيرة 2cm فكانت نسبة النحاس المستردة عند الصهر بوجود(6%),(9%) من الغضار (82.30%)و(82.25%) عند درجة حرارة $1200c^0$ ولمدة ساعة، وهي أعلى مما هو عليه عند الصهر بوجود (3%) من الغضار لذلك تم إعادة صهر الخردة بوجود 6% من الغضار عند نفس درجة الحرارة

والزمن أعلاه للحصول على معدن نحاس ذو نقاوة عالية فكان أعلى تركيز للنحاس النقي 93.58%

قام الباحثون في الدراسة[4] بدراسة تأثير درجة الحرارة على استرجاع المعادن من نفايات لوحات الدوائر المطبوعة PCBS (ثنائي الفينيل متعدد الكلور) التي تحتوي على كميات كبيرة من المعادن من بينها النحاس المعدن الرئيس الموجود فيها باستخدام المعالجة الحرارية عند درجات حرارة أقل ($1000\text{-}900\text{-}800C^0$) أو أعلى ($1350\text{-}1250\text{-}1150C^0$) من نقطة انصهار النحاس ($1084C^0$)، بوجود غاز الأرجون الخامل، فكانت أعلى نسبة استرجاع للنحاس 91.6% عند درجة حرارة $1150C^0$ وهي أعلى من نقطة انصهار النحاس ولمدة 10min فقط تكون كافية لإيقاف إنتاج الديوكسينات/ الفيورانات من البوليمير الموجود ضمن نفاية PCBS وكذلك للحد من انتشار الرصاص والقصدير في الأجزاء الغنية بالنحاس.

قام الباحثون في الدراسة [5] باسترجاع النحاس من نفايات لوحات الدوائر المطبوعة/نفايات إلكترونية PCBS عند درجة حرارة تتراوح بين ($1000\text{-}800C^0$) ويتراوح زمن معالجةmin(60-10) في جو خامل فكانت أفضل درجة حرارة لاسترجاع النحاس $900c^0$ لمدة min(20-10)حيث تبلغ نسبة استرجاع النحاس 89.1% ونسب الرصاص والقصدير منخفضة للغاية وموجودة على حواف رقائق النحاس، لكن تنخفض جودة النحاس المستعاد بزيادة درجات الحرارة وأوقات التسخين بسبب زيادة نسب الرصاص والقصدير في رقائق النحاس.

3-أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في استرداد النحاس النقي من نفاية النحاس الأصفر (اللاتون) الذي يحتوي على نسب عالية من الشوائب (الزنك والرصاص) باستخدام كميات مختلفة من مواد طبيعية محلية رخيصة الثمن مثل الغضار وحجر الدولوميت عند درجة حرارة أخفض من الدرجة التي يتم عندها استرداد النحاس من النفاية مرجعياً($1084C^0$) للحصول على سبيكة نحاس بنقاوة عالية.

4-العمل المخبري:

1-4 مواد البحث وطرائقه:

1-1-4 المواد الأولية:

1) براغي مصنوعة من النحاس الأصفر (اللاتون).

2) غضار محلي من محافظة حلب (تل عجار).

3) حجر الدولوميت من محافظة حمص (حسياء).

4) المواد الكيميائية المستخدمة:

- حمض الكبريت النقي 98% تركيزه (0.1N) من إنتاج شركة "MERCK".
- حمض الأزوت النقي 99.9% تركيزه (0.1N) من إنتاج شركة "MERCK".
- محلول ثيوكبريتات الصوديوم ذو النقاوة 99%(0.05N) من إنتاج شركة "Scharlau".
- يوديد البوتاسيوم الصلب النقي ذو النقاوة 99% من إنتاج شركة "MERCK".
- مشعر مطبوخ النشاء (تم تحضيره مخبرياً).
- مشعر الأيروكروم الأسود.
- محلول كومبلكسون تركيزه (0.1M).
- محلول واقي نشادري ($NH_4OH:NH_4Cl$) تركيزه (1:1).

2-1-4 الأجهزة المستخدمة:

- فرن كهربائي:℃ (0-1200) ماركة Nabertherm ألماني الصنع.
- سخانة كهربائية مع خلاط مغناطيسي كوري المنشأ DRagonlab.
- ميزان الكتروني حساس (±0.1mg) ماركة Precisa.
- بوتقة كربونية.

3-1-4 تحضير العينات:

تم تقطيع نفاية النحاس الأصفر(براغي) إلى قطع صغيرة لا تتجاوز 1cm باستخدام منشار آلي بغية سهولة صهرها، وطحن الغضار وحجر الدولوميت إلى حبيبات ناعمة جداً.

4-1-4 دراسة التركيب الكيميائي لخردة النحاس المدروسة:

تم إجراء تحليل كيميائي لتحديد مكونات خردة النحاس الأصفر (براغي) بالتجارب التاليه:

أولاً–تحديد كمية النحاس: يُؤخذ مقدار (0.5 g) من براغي النحاس الأصفر وتُحل في 20ml من حمض الآزوت تركيز(1:1) وبعد الانحلال الكامل يُضاف حمض الكبريت المركز ببطء على جدار البيشر مع التحريك فيتحول محلول نترات النحاس المتشكلة إلى محلول كبريتات النحاس الأزرق ثم يكمل الحجم إلى100ml.

يُؤخذ مقدار 5ml من محلول كبريتات النحاس ويُضاف إليه 0.5g من يوديد البوتاسيوم فيتلون المحلول باللون البني، يعاير المحلول ب (0.05N) من ثيوكبريتات الصوديوم حتى انقلاب اللون إلى الأصفر، بعدئذ يضاف مقدار 1ml من مشعر مطبوخ النشاء (يُحضر من حل 1g من النشاء في 100ml من الماء المقطر وغليه لفترة 10 دقائق ليصبح على شكل هلامي، يبرد ثم يستعمل). فيتلون المحلول باللون الأزرق الغامق، نستمر بإضافة محلول ثيوكبريتات الصوديوم حتى زوال اللون الأزرق الغامق عندها نقرأ الحجم المستهلك من ثيوكبريتات الصوديوم 5ml وتم تحديد تركيز النحاس في عينة البراغي فيكون (0.05N) والتي تُكافىء(3.2g/l) وباعتبار حجم المحلول 100ml فتكون كمية النحاس الموجودة في 0.5g هي 0.32g وبالتالي النسبة المئوية للنحاس في العينة المجهولة التركيب Cu=64%.

علماً أنه لا يمكن معايرة شاردة النحاس الموجودة على شكل نترات النحاس لأن النترات تُؤكسد اليوديد إلى يود حر لذلك أولا نحل عينة النحاس بحمض آزوت فتتشكل نترات النحاس ثم نحولها إلى كبريتات النحاس بإضافة حمض الكبريت.

ثانياً–تحديد كمية الزنك: يُؤخذ 20ml من محلول السبيكة ويُضاف إليه 10ml محلول واقي نشادري وقليل من مشعر الأيروكروم الأسود فيتلون باللون الأحمر نعاير المحلول بمحلول الكومبلكسون تركيزه (0.1M) حتى انقلاب اللون إلى الأزرق كان الحجم المستهلك 2.65ml وبتطبيق قانون مور تم تحديد تركيز الزنك في عينة البراغي المدروسة فكانت النتيجة (0.027N) والتي تُكافىء(1.72g/l) وباعتبار حجم

المحلول 100ml وبالتالي فإن كمية الزنك الموجودة في 0.5g هي 0.172g وبالتالي النسبة المئوية للزنك في العينة Zn=34.3%.

ثالثا–تحديد كمية الرصاص: نلاحظ ظهور برادة سوداء اللون في قاع المحلول هذا دليل على وجود الرصاص في العينة المدروسة، لحساب تركيز الرصاص نقوم بجمع تركيز النحاس 64% والزنك 34.3%كنسبة مئوية: 100-(64+34.3)=1.7%.

الجدول (1) التركيب الكيميائي لعينة نفاية النحاس (خردة النحاس) المدروسة

العنصر	Cu	Zn	Pb	المجموع
النسبة المئوية%	64%	34.3%	1.7%	100%

4-1-5 التركيب الكيميائي للغضار المستخدم في الصهر العائدة للمؤسسة العامة للجيولوجيا في سوريا:

تم تحضير الغضار لاستخدامه في مراحل الصهر اللاحقة، وذلك بطحنه إلى نعومة مناسبة، (مصدر الغضار هو تل عجار/محافظة حلب). يبين الجدول رقم(2) التركيب الكيميائي للغضار المستخدم في الصهر العائدة للمؤسسة العامة للجيولوجيا في سوريا 1 .

الجدول (2) التركيب الكيميائي للغضار

الأكاسيد	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	L.O.I
النسبة المئوية للأكسيد%	67.29	8.97	7.27	1.97	4.28	7.19

4-1-6 التركيب الكيميائي لحجر الدولوميت المستخدمة في الصهر وفق تقنية جهاز التحليل الطيفي العنصريXRF:

تم تحضير حجر الدولوميت لاستخدامه في مراحل الصهر اللاحقة، وذلك بطحنه إلى نعومة مناسبة، (مصدر الدولوميت هو منطقة حسياء/محافظة حمص)، ذو اللون أبيض رمادي، يبين الجدول رقم(3) التركيب الكيميائي لحجر الدولوميت المستخدم في الصهر وفق تقنية XRF.

1 http://www.geology-sy.org/ores.htm

الجدول (3) التركيب الكيميائي للدولوميت

المُكون	CaO	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	K_2O	NaO	L.O.I
النسبة المئوية %	32.078	20.02	0.12	0.05	0.33	0.05	0.08	0.01	47.32

5-المعالجة الحرارية للعينات:

لمدة ساعتين:$1100c^0$ أولاً: صهر خردة النحاس دون أية إضافات عند

وضع 22g من نفاية النحاس الأصفر (براغي) المحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم(1) في بوتقة كربونية ثم وضعت في فرن كهربائي درجة حرارته $1200c^0$ ولمدة ساعتين، نلاحظ عدم تغير التركيب الكيميائي لنفاية النحاس وهذا مما أكده التحليل الكيميائي.

ثانياً: صهر نفاية النحاس بإضافة نسب مختلفة من الغضار:

لمدة ساعتين:$1100c^0$ أ-صهر بإضافة 4% من الغضار عند الدرجة

وضع 21.99g من نفاية النحاس الأصفر (براغي) المحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم(1) في بوتقة كربونية ثم وضعت في فرن كهربائي درجة حرارته $1100c^0$ ولمدة ساعتين، فيصبح الوزن النهائي للنفاية بعد الصهر 13.7g أي انخفض وزن النفاية بمقدار 37%، تم إجراء تحليل كيميائي للنفاية بعد صهرها وفق الشروط أعلاه وذلك لتحديد كمية النحاس والزنك والرصاص الموضحة في الجدول رقم (4)

الجدول (4) التركيب الكيميائي لعينة نفاية النحاس الناتجة عن الصهر عند الدرجة $1100c^0$ بوجود 4% من الغضار

العنصر	Cu	Zn	Pb
النسبة المئوية%	70.1%	29.1%	0.8%

لمدة ساعتين:$1100c^0$ ب-صهر بإضافة 6% من الغضار عند الدرجة

وضع 21.88g من نفاية النحاس الأصفر (براغي) المحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم(1) في بوتقة كربونية ثم وضعت في فرن كهربائي درجة حرارته $1100c^0$ ولمدة ساعتين، فيصبح الوزن النهائي للنفاية بعد الصهر 12.2g أي انخفض وزن النفاية بمقدار 44.24%، تم إجراء تحليل كيميائي للنفاية بعد صهرها وفق الشروط أعلاه وذلك لتحديد كمية النحاس والزنك والرصاص الموضحة في الجدول رقم (5)

الجدول (5) التركيب الكيميائي لعينة نفاية النحاس الناتجة عن الصهر عند الدرجة $1100c^0$ بوجود 6% من الغضار

العنصر	Cu	Zn	Pb
النسبة المئوية%	80.29%	19.1%	0.61%

لمدة ساعتين: $1100c^0$ ت-صهر بإضافة 8% من الغضار عند الدرجة

وضع 21.05g من نفاية النحاس الأصفر (براغي) المحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم(1) في بوتقة كربونية ثم وضعت في فرن كهربائي درجة حرارته $1100c^0$ ولمدة ساعتين، فيصبح الوزن النهائي للنفاية بعد الصهر 11.2g أي انخفض وزن النفاية بمقدار 46.79%، تم إجراء تحليل كيميائي للنفاية بعد صهرها وفق الشروط أعلاه وذلك لتحديد كمية النحاس والزنك والرصاص الموضحة في الجدول رقم (6).

الجدول (6) التركيب الكيميائي لعينة نفاية النحاس الناتجة عن الصهر عند الدرجة $1100c^0$ بوجود 8% من الغضار

العنصر	Cu	Zn	Pb
النسبة المئوية%	86.86%	12.56%	0.58%

ث-صهر بإضافة 10% من الغضار عند الدرجة $1100c^0$ لمدة ساعتين:

وضع 21g من نفاية النحاس الأصفر (براغي) المحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم(1) في بوتقة كربونية ثم وضعت في فرن كهربائي درجة حرارته $1100c^0$ ولمدة ساعتين، فيصبح الوزن النهائي للنفاية بعد الصهر 11g أي انخفض وزن النفاية بمقدار 52.38%، تم إجراء تحليل كيميائي للنفاية بعد صهرها وفق الشروط أعلاه وذلك لتحديد كمية النحاس والزنك والرصاص الموضحة في الجدول رقم (7).

الجدول (7) التركيب الكيميائي لعينة نفاية النحاس الناتجة عن الصهر عند الدرجة $1100c^0$ بوجود 10% من الغضار

العنصر	Cu	Zn	Pb
النسبة المئوية%	88.43%	11%	0.57%

ثالثاً: صهر نفاية النحاس بإضافة نسب مختلفة من حجر الدولوميت:

أ-صهر بإضافة 4% من الدولوميت عند الدرجة $950c^0$ لمدة ساعتين:

وضع 14g من نفاية النحاس الأصفر (براغي) المحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم(1) في بوتقة كربونية ثم وضعت في فرن كهربائي درجة حرارته 950c^0 ولمدة ساعتين، فيصبح الوزن النهائي للنفاية بعد الصهر 10.15 g أي انخفض وزن النفاية بمقدار 40.29%، تم إجراء تحليل كيميائي للنفاية بعد صهرها وفق الشروط أعلاه وذلك لتحديد كمية النحاس والزنك والرصاص الموضحة في الجدول رقم (8).

الجدول (8) التركيب الكيميائي لعينة نفاية النحاس الناتجة عن الصهر عند الدرجة c^0 950 بوجود 4% من الدولوميت

العنصر	Cu	Zn	Pb
النسبة المئوية%	80.07%	19.37%	0.56%

ب-صهر بإضافة 6% من الدولوميت عند الدرجة 950c^0 لمدة ساعتين:

وضع 14.3g من نفاية النحاس الأصفر (براغي) المحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم(1) في بوتقة كربونية ثم وضعت في فرن كهربائي درجة حرارته c^0 950 ولمدة ساعتين، فيصبح الوزن النهائي للنفاية بعد الصهر 9.5 g أي انخفض وزن النفاية بمقدار 68.64%، تم إجراء تحليل كيميائي للنفاية بعد صهرها وفق الشروط أعلاه وذلك لتحديد كمية النحاس والزنك والرصاص الموضحة في الجدول رقم (9)

الجدول (9) التركيب الكيميائي لعينة نفاية النحاس الناتجة عن الصهر عند الدرجة c^0 950 بوجود6% من الدولوميت

العنصر	Cu	Zn	Pb
النسبة المئوية%	%89.06	10.54%	%0.4

لمدة ساعتين: 950c^0ت-صهر بإضافة 8% من الدولوميت عند الدرجة

وضع 15g من نفاية النحاس الأصفر (براغي) المحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم(1) في بوتقة كربونية ثم وضعت في فرن كهربائي درجة حرارته c^0 950 ولمدة ساعتين، فيصبح الوزن النهائي للنفاية بعد الصهر 10.7 g أي انخفض وزن النفاية بمقدار 71.33%، تم إجراء تحليل كيميائي للنفاية بعد صهرها وفق الشروط أعلاه وذلك لتحديد كمية النحاس والزنك والرصاص الموضحة في الجدول رقم (10)

الجدول (10) التركيب الكيميائي لعينة نفاية النحاس الناتجة عن الصهر عند الدرجة c^0 950 بوجود8% من الدولوميت

العنصر	Cu	Zn	Pb
النسبة المئوية%	90.96%	8.7%	0.34%

لمدة ساعتين: 950c^0ت–صهر بإضافة 10% من الدولوميت عند الدرجة

وضع 14g من نفاية النحاس الأصفر (براغي) المحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم(1) في بوتقة كربونية ثم وضعت في فرن كهربائي درجة حرارته 950 c^0 ولمدة ساعتين، فيصبح الوزن النهائي للنفاية بعد الصهر 9.8 g أي انخفض وزن النفاية بمقدار 70%، تم إجراء تحليل كيميائي للنفاية بعد صهرها وفق الشروط أعلاه وذلك لتحديد كمية النحاس والزنك والرصاص الموضحة في الجدول رقم (11).

الجدول (11) التركيب الكيميائي لعينة نفاية النحاس الناتجة عن الصهر عند الدرجة 950 c^0 بوجود10% من الدولوميت

العنصر	Cu	Zn	Pb
النسبة المئوية%	91.42%	8.23%	%0.35

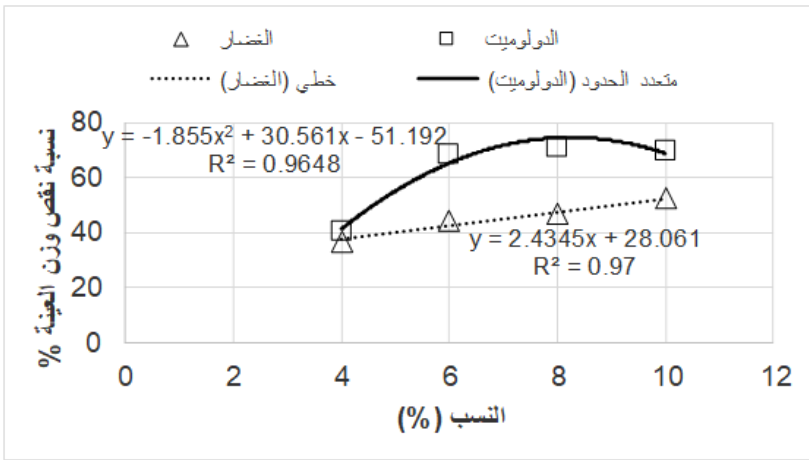
6-المناقشة:

قمنا بتجريب عدة درجات حرارة صهر لنفاية النحاس وبإضافة المواد الطبيعية (الغضار، الدولوميت) بدءاً من الدرجة (900-950-1000-1050-1100c^0) وبما أن هذه المواد الطبيعية تساعد في تخفيض درجة حرارة الصهر اللازمة فكانت أقل درجة حرارة صهر 950 c^0 كافية لاسترجاع النحاس النقي وذلك عند إضافة الدولوميت. أما أقل درجة حرارة صهر مطلوبة لاسترجاع النحاس النقي عند إضافة الغضار 1100c^0.

يبين الشكل أدناه رقم (1) نسب الإضافة المختلفة من الغضار والدولوميت لعينة نفاية النحاس المدروسة والمحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم (1) بالمقارنة مع نسب نقصان وزن العينة بعد الصهر، نلاحظ ازدياد مقدار نقصان نسب وزن عينة نفاية النحاس بعد الصهر %(37-44.24-46.79-52.38) وذلك بازدياد نسب الغضار المضافة %(4-6-8-10) على التوالي عند زمن صهر ساعتين ودرجة حرارة الصهر في الفرن الكهربائي 1100c^0.

وكذلك الأمر بالنسبة للدولوميت: نلاحظ ازدياد مقدار نقصان نسبة وزن عينة نفاية النحاس بعد الصهر %(40.29-68.64-71.33-70) وذلك بازدياد نسب

الدولوميت المضافة %(10-8-6-4) على التوالي عند زمن صهر ساعتين ودرجة حرارة الصهر في الفرن الكهربائي $950c^0$. تبلغ نسبة مقدار نقص وزن عينة نفاية النحاس 71.33% عند إضافة 8% دولوميت لنفاية النحاس ودرجة حرارة $950c^0$ أعلى من نسبة مقدار نقص وزن عينة نفاية النحاس46.79% عند إضافة 8% غضار عند درجة حرارة $1100c^0$.

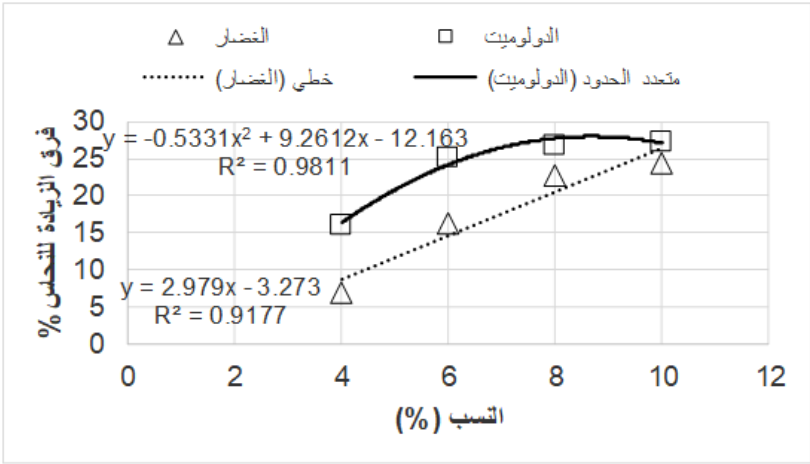


الشكل(1) نسب نقص وزن العينة بعد الصهر% مع النسب المضافة من الغضار والدولوميت%

يبين الشكل أدناه رقم (2) نسب الإضافة المختلفة من الغضار والدولوميت لعينة نفاية النحاس المدروسة والمحدد تركيبها الكيميائي وفق الجدول رقم (1) بالمقارنة فرق الزيادة للنحاس بعد الصهر، نلاحظ ازدياد مقدار فرق الزيادة للنحاس في عينة نفاية النحاس بعد الصهر %(6.77-16.26-22.86-24.43) وذلك بازدياد نسب الغضار المضافة %(10-8-6-4) على التوالي عند زمن صهر ساعتين ودرجة حرارة الصهر في الفرن الكهربائي $1100c^0$.

وكذلك الأمر بالنسبة للدولوميت: نلاحظ ازدياد مقدار فرق الزيادة للنحاس في عينة نفاية النحاس بعد الصهر %(16.07-25.06-26.96-27.42) وذلك بازدياد نسب الدولوميت المضافة %(10-8-6-4) على التوالي عند زمن صهر ساعتين ودرجة حرارة الصهر في الفرن الكهربائي $950c^0$. تبلغ نسبة مقدار فرق الزيادة للنحاس في عينة نفاية النحاس 26.96% عند إضافة 8% دولوميت لنفاية النحاس ودرجة حرارة

$950c^0$ أعلى من نسبة مقدار فرق الزيادة للنحاس في عينة نفاية النحاس22.86% عند إضافة 8% غضار عند درجة حرارة $1100c^0$.



الشكل (2) نسب فرق الزيادة للنحاس% مع النسب المضافة من الغضار والدولوميت%

كما نلاحظ أن درجة حرارة صهر نفاية النحاس الأصفر وذلك بإضافة الدولوميت($950c^0$) أقل من درجة حرارة الصهر المطلوبة لاسترجاع النحاس النقي بإضافة الغضار والتي تبلغ ($1100c^0$) أي أن حجر الدولوميت أعطى نتائج أفضل اقتصادياً في استرجاع النحاس النقي بنسبة عالية وذلك عند درجة حرارة أخفض من الدرجة التي يتم عندها استرداد النحاس من النفاية مرجعياً($1084C^0$) للحصول على سبيكة نحاس بنقاوة عالية، ولكن يجب عند استخدام الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$ التحكم في النسبة المضافة منه إلى النفاية المراد صهرها وضبط درجة حرارة الفرن لتحقيق أفضل كفاءة لعملية استرجاع النحاس النقي لأنه قد يؤثر حجر الدولوميت على تركيب النفاية المراد صهرها حيث يمكن أن يتحلل إلى أكاسيد المغنيزيوم وثاني أكسيد الكربون عند درجات حرارة مرتفعة مما يؤدي إلى تشكل طبقة من الشوائب على سطح النفاية المصهورة.

7-الاستنتاجات:

- تم صهر عينات من براغي النحاس الأصفر (اللاتون) دون إضافة الدولوميت أو الغضار لاحظنا عدم تغير التركيب الكيميائي للبراغي وهذا ما أكده التحليل

الكيميائي أي أن هذه المواد الطبيعية المضافة لها فضل كبير في استرجاع النحاس النقي ذو اللون الأحمر.

- تساعد عملية إضافة الغضار وحجر الدولوميت بشكل كبير في زيادة نسبة استرجاع النحاس النقي عن طريق خفض درجة حرارة الصهر المطلوبة لاسترجاع النحاس النقي وتنقيتها من الشوائب (الزنك والرصاص).
- أفضل مادة طبيعية مضافة لنفاية النحاس هي الدولوميت لأنها ساعدت في تخفيض نسب الشوائب (الزنك والرصاص) في النفاية بشكل أكبر من الغضار، كما أن الدلوميت ساعد في تخفيض درجة حرارة الصهر المطلوبة لاسترجاع النحاس النقي من النفاية.
- نسبة استرجاع النحاس النقي من إضافة 8% حجر الدولوميت 90.96% أكبر من نسبة استرجاع النحاس النقي نتيجة إضافة 8% غضار 86.86%.
- تزداد نسبة استرجاع النحاس النقي بازدياد النسبة المضافة من الغضار والدولوميت لكننا اخترنا النسبة المثلى 8% للدولوميت لأنها أفضل اقتصادياً حيث يؤدي إضافة نسبة 10% من الدولوميت إلى زيادة لا تُذكر في استرجاع النحاس النقي.
- نحصل بالنتيجة بإضافة الدولوميت على نحاس نقي أحمر اللون يحتوي على نسب منخفضة من الشوائب حيث تبلغ نسبة النحاس فيه 90.96%، الزنك 10.1%، الرصاص 0.38%.

8-التوصيات:

- دراسة تأثير حجم حبيبات المواد المساعدة في صهر نفاية النحاس الأصفر.
- دراسة أنواع آخرى من النحاس الأصفر (اللاتون) تحتوي على تراكيز مختلفة من الشوائب وذلك لدراسة تأثير اختلاف نسب الشوائب على عملية استرجاع النحاس النقي.

المراجع

1-**د. التنجي** ندى، **د. بنود** عبد الحكيم،2017–**تقنيات إعادة التدوير**. منشورات جامعة حلب، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، 414 صفحة.

2-Jadhav U.U.,Hocheng H.,2012-**A Review Of Recovery Of Metals From Industrial Waste.***Journal of Achievement In Materials and Manufacturing Engineering*,54,P(159-167).

3-**د. وتي** عبد الله، **د. المنصور** أحمد، **الحسين** عبد العزيز، 2014- **دراسة تأثير تركيز الغضار على صهر خردة النحاس (نفايات النحاس) بغية استرداده من سبائكه.** مجلة بحوث جامعة حلب ،سلسلة العلوم الأساسية–العدد 95.

4-Cayumil R.,Khanna R.,Rajarao R.,2016-**Concentration of Precious Metals During Their Recovery from Electronic Waste**. *Journal Of Waste Management* 57,P(121-130).

5- Cayumil R.,Ikram-Ul-Haq M.,Khanna R.,Saini R.,etc…,2017-**High Temperature Investigations On Optiimising The Recovery Of Copper From Waste Printed Circuit Boards.** *Journal Of Waste Management*,P(1-10).