إنتاج معدن السليكون من الرمل العراقي

جهاد عبد طعيس* جاسم حمادي حسن**

استلام البحث 1، تشرين الاول، 2012
قبول النشر 18، اذار، 2013

الخلاصة:

يتضمن العمل انتاج معدن السيلكون بنقاوة 99% من مواد اولية عراقيه متوافرة بكميات كبيرة وهي الرمل العراقي والفحم النباتي باستعمال منظومه فرن القوس الكهربائي الذي تم تصنيعه محليا ايضا وكذلك تم استعمال اقطاب الكرافيت من مخلفات الاقطاب المستهلكة لمصانع صهر الحديد ،الطاقة التصميمية كانت بنحو 800 غم /6 ساعات تشغيل حيث يدخل خام المعدن المنتج في صناعات عديدة منها الزيوت السيلكونية والراتنجات والصناعات الالكترونية وإنتاج الخلايا الشمسية. ان مواصفات المواد الاولية والنواتج والظروف التشغيلية والمعدات والاجهزة المستعملة تم وصفها في هذا البحث .

الكلمات المفتاحية:معدن السيلكون ، فرن الاقوس الكهربائي، مخلفات الاقطاب المستهلكة، انتاج الخلايا الشمسية.

المقدمة:

تشكل الصناعات التعدينية القاعدة الاساسية في بناء الاقتصاد الوطني. وتعد الصناعة الوطنية متاخرة بشكل كبير في العراق على الرغم من توافر الخامات لمختلف المعادن مثل خامات الكاؤولين والبوكسايت التي تعد مصدرا لعنصر الألمنيوم وماء البحر ومصدرا لعنصر المغنيسيوم وحجر الكلس لعنصر الكالسيوم والصخور الحمراء لمعدن الحديد وغيرها من العناصر ومن أهم الخامات المتوافرة بكميات هائلة في منطقة الصحراء الغربية العراقية خام الكوارتزايت (الرمال العراقية) ويوجد بنقاوة عالية وبمواصفات فيزياوية ملائمة جدا لإنتاج معدن السيلكون الذي يستورد من الخارج مع مركباته المختلفة والتي تدخل في صناعة الزيوت والراتنجات والمطاط السيليكوني والزجاج[1-2] وفضلا عن الصناعات الالكترونية بصوره عامة [3].إن مبدأ إنتاج معدن السيلكون هو اختزال أوكسيد السليكون بالفحم الحجري أو الكوك في فرن القوس الكهربائي وبدرجة حرارة أكثر من 1500^oC [4-5] . ان نقاوة معدن السليكون تعتمد بشكل اساسي على عدة عوامل منها وجود الشوائب المرافقة لخام الكوارتزايت مثل الزرنيخ، والكبريت ،والفسفور التي تؤدي الى انبعاث غازات سامة عند التحضير وتلوث المنتج النهائي اما وجود شوائب مثل الالومينا بنسب عالية فتؤدي الى تكوين طبقة لزجة من الخبث تعمل على تلوث الخام فضلا عن استهلاك طاقة اضافية [6] .لذلك يجب اختيار المواد الاولية بشكل جيد من حيث النقاوة ونسبة الماده الفعالة للفحم والحجوم الحبيبية اذ يجب ان تكون الحجوم الحبيبية للفحم اقل من الحجوم الحبيبية للكوارتزايت المستعمل في عملية الانتاج وكذلك يجب ان تكون هذه المواد باقل نسبة رطوبة لان الرطوبة العالية تقلل من القيمة الحراريه لها[7] . كثير من الدول الصناعية مثل الولايات المتحدة وروسيا تقدمت كثيرا في صناعة السيلكون وسبائكه المختلفة وبطرائق متقدمة وبمواصفات عالية لايمكن الوصول اليها او تطبيقها في العراق لعدم توافر الخبرة والمعدات والاجهزة والاهم انها محتكرة جدا لتبقى دول العالم الثالث مستوردة لها لكن مبدأ تحضير المعدن هو اختزال اوكسيد السيلكون بوساطة عوامل مختزلة ثم ينقى الخام بطرائق حرارية وذلك بمفاعلة السيلكون الخام مع الكلور وتكوين مركبات متطايرة يمكن فصلها وإعادة صبها بمنظومات خاصة[8-12]. في هذا العمل تم استعمال الرمال العراقية المتوافرة في الصحراء الغربية بكميات كبيرة وكذلك استعمال الفحم النباتي المتوافر ايضا عراقيا ومخلفات فحم الكوك المتوافرة في محطات القطارات بوصفها موادا اولية للتفاعل بعد تنظيفها اما منظومة فرن القوس الكهربائي فتم تصنيعا محليا وتحتاج الى اقطاب من الكرافيت المضغوط غير المتوافر محليا اذ تم استعمال مخلفات اقطاب صهر الحديد التي تطرح بوصفها فضلات وتحويرها بما يلائم حجم الفرن وسوف يتم وصف جميع العمليات الكيميائية والمعدات المستعملة لاحقا .

*جامعة الانبار /كلية التربيه /قسم الكيمياء
**جامعة الانبار /كلية الصيدلة /قسم العلوم الطبية الساندة

المواد وطرائق العمل:

تهيئة المواد الاولية:

أولا: حجر الكوارتزايت ،يتم تكسيره بوساطة كسارة خاصة اذ يتم تحويلها الى حبيبات باحجام من (20-70) mm ثم تنخل بوساطة منخل هزاز لتصنيف الحبيبات ، الحجوم الكبيرة تعاد للتكسير والصغيرة تجمع بوصفها ناتجا عرضي اما المناسبة فتؤخذ لعمليات الغسل من الاتربة والشوائب بالماء ثم تجفف لتكون جاهزة للاستعمال (جدول1).

ثانيا: الفحم النباتي يجب ان يكون بحجوم حبيبية اقل من (50mm) وتم اختيار الحجوم المطلوبة عن طريق المنخل الهزاز اذ يقوم الفحم باختزال اوكسيد السيلكون والحديد إلى معادنها .فحم الكوك يكون بحجوم (5-20 mm) (جدول2).

فرن القوس الكهربائي:

تم استعمال فرن القوس الكهربائي الذي تم تصنيعه محليا لانتاج (1kg) بالوجبة وهو مكون من الأجزاء الاتية :

مجهز قدرة رئيس ، محولة كهربائية سعة (5.5 MVA) ، محدد التيار (مسيطر كهربائي)، مسيطر كهربائي لحماية المحولة ،جسم الفرن دائري الشكل بقطر (1م) من الكاربون استيل مبطن بطابوق السيلكا أو الالومينى وملحقاته (ماسكات الأقطاب مع منظومة تبريد الأقطاب مع أقطاب كرافيتية عدد(2) وبقطر (70mm) تم جلبها من مخلفات منشاة نصر لصهر الحديد .الفرن من النوع المفتوح، منظومة هيدروليكية لحركة الأقطاب الكرافيتية ،منظومات متكاملة لسحب الغازات وصب المنتج في بوادق متحركة وعربات تغذية المواد الاولية (شكل 1 يبين شكل المنظومة).

موازنة المواد

يستعمل الحجر الرملي (SiO_2)والفحم بوصفها موادا اولية لإنتاج السيلكون بحسب المعادلة:

$$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO$$

$$(60)\quad (12\times2)\quad (28)\quad (28\times2)$$

تحسب كميات الحجر الرملي والفحم اللازم لإنتاج (1k) من خام السيلكون بافتراض ان كفاءة التفاعل 100%.

$$\text{كمية الحجر الرملي} = \frac{60}{} \times 1 = 2.14\ kg$$

$$\text{كمية الفحم} = \frac{12\times2}{28} \times 1 = 0.85kg$$

عندما تكون كفاءة التفاعل 65% ونسبة الكاربون في الفحم المستعم 70% بالنسبة الفحم النباتي ، 85% بالنسبة لفحم الكوك يكون:

$$\text{كمية الحجر الرملي} = 2.14 \times \frac{100}{65} = 3.2\ kg$$

$$\text{كمية الفحم النباتي} = 0.85 \times \frac{100}{65} \times \frac{100}{70} = 1.86\ kg$$

$$\text{كمية فحم الكوك} = 0.85 \times \frac{100}{85} \times \frac{100}{65} = 1.53\ kg$$

طريقة التشغيل

بعد تهيئة المواد الاولية يتم وزن (3.30kg) من الحجر الرملي الكوارتزيت وبحجم حبيبي (-20 70mm)، (1.53kg) من فحم الكوك بحجم حبيبي (5-20mm)، (1.86 kg) من الفحم النباتي بحجم حبيبي (50-5mm) ثم تخلط هذه المواد جيدا لغرض التجانس والمحسوبة لانتاج 1كغم من خام السيلكون .

توضع كمية قليلة من فحم الكوك في قعر الفرن وانزال اقطاب الكرافيت عليها لغرض الحصول على القوس الكهربائي وبعدها يضاف الخليط تدريجيا ثم يمرر التيار وذلك بزيادة الفولتية تدريجيا الى حين بدأ القوس الكهربائي وبعد الوصول الى ألدرجة الحرارية المناسبة (1700)م يحدث اختزال لاوكسيد السيلكون الى سيلكون واول اوكسيد الكاربون ثم يبدأ منصهر السيلكون بالخروج من فتحة اسفل الفرن ويجمع ويصب مباشرة في قوالب خاصة ثم يبرد وبعدها ينظف من الشوائب المرافقة له من الخبث يدويا، اما اول اوكسيد الكاربون فيتم التخلص منه عن طريق ساحبات للهواء بشكل فعال من اعلى المنظومة .

النتائج والمناقشة:

اجريت العديد من التجارب المختبرية لمعرفة افضل الظروف التشغيلية وتم اختيار عدد من النماذج كما مبين في جدول (3). يتضح بان نقاوة معدن السيلكون تزداد بزيادة درجة حرارة فرن القوس الكهربائي وزمن التشغيل وذلك عن طريق زيادة الفولتية المجهزه للفرن وهذا يعني ان افضل فولتية هي معدل 65 فولت وتيار بنحو 1700 امبير مع ثبوت الكميات للمواد الداخلة ونتائج التحليل في جدول رقم (4) تبين بان المنتج بنقاوة عالية وشوائب قليلة جدا مقارنة بلمنتج العالمي للخام [13-14] كما مبين في جدول (5) الذي يبين نسبة الشوائب لخام السيلكون المنتج في المعامل الروسية .تزداد الكفاءة الانتاجية ايضا بزيادة درجة حرارة

التفاعل وزمن التشغيل لكن يجب اضافة زيادة 10% من الفحم النباتي للفرن عند زيادة الفولتية عن 60 فولت بسبب احتراق قسم من الكاربون وتحوله الى غازات اول وثاني اوكسيد الكاربون ولذلك تم انتاج خام السيليكون ولاول مرة في العراق من خاماته الوطنية المتروكة وباستعمال الفحم النباتي المتوافر ايضا في العراق والصالح للاستعمالات الالكترونية والطبية علما بان هذا المنتج له تطبيقات صناعية عديدة خاصة في صناعة الزيوت السيلكونية والراتنجات [15-16] ، تم استعمال جهاز (ICP) مطياف الانبعاث الذري في البلازما المقترنة بالحث لقياس نسب الشوائب في المواد الاولية والناتجة من التفاعلات وتمت التحاليل في مختبرات شركة الزحف الكبير العراقية.

جدول 1 نسب الشوائب الموجودة في الحجر الرملي العراقي

المكونات	النسبة %المواصفة العراقية	النسبة % المواصفة الروسية
SiO_2	98<	97.6<
Fe_2O_3	0.82>	0.98>
Al_2O_3	0.6>	0.8>
CaO	0.6>	0.6>
P_2O_5	0.01>	0.02>

جدول 2 نسب الشوائب ألمرافقة للفحم المستعمل

الشوائب	الفحم النباتي %	فحم الكوك %
الكاربون	78	80
الرماد	3.0	14
الرطوبه	5	5
المواد المتطايره	14	-
الفسفور	0.05	0.05
الكبريت	0.8	0.8

جدول 3 الظروف التشغيلية والنتائج المستحصلة

رقم التجربة	كميةSi Kg	الكفاءة %	الفولتية V	التيار امبير	الوقت hr	النقاوة %
1	0.700	70	30-40	1200	5.0	88
2	0.850	85	30-50	1400	5.4	90.02
3	0.650	65	40-55	1430	6.1	91
4	0.750	75	30-45	1210	5.15	88.5
5	0.900	90	40-60	1600	7.10	92
6	0.95	95	50-70	1650	7.0	96
7	0.94	94	50-70	1650	7.5	97
8	0.90	90	60-70	1700	6.0	99.06

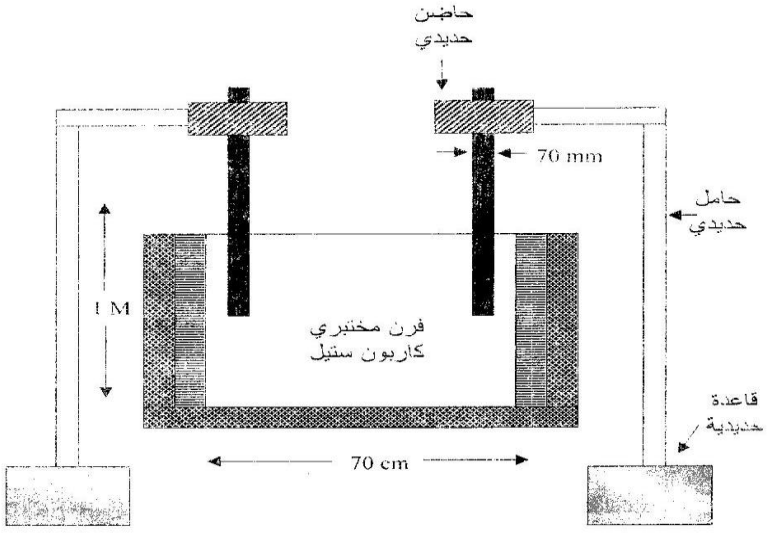
جدول 4 نسب الشوائب لنموذج معدن السيلكون المنتج

العنصر	Si	Fe	Al	Ca
النسبه %	99 %	0.27 %	0.29 %	.0.40 %

جدول 5 نسب الشوائب في خام السيلكون المنتج عالميا

العنصر	Fe	AL	Ca	Mn	Cr	P	S	B	As	C
النسبه %	0.35-1.5	0.2-0.5	0.03-0.07	0.2	0.1	0.02	0.01	0.005	0.005	0.05

ان سبب ارتفاع نسبة الكالسيوم في المنتج المشار اليه في جدول (4) هو ارتفاع نسبة اوكسيد الكالسيوم في الرمل الخام وفي الوقت نفسه تكون سبيكة كالسيوم سليساید في هذه الظروف الحرارية مقارنة بالمنتج العالمي [16].



شكل 1 منظومة القوس الكهربائي

المصادر :

1- Cotton F. A. and Wilkinson, Advanced Inorganic Chemistry 3rd, Ed. WILEY, P350 1979, New York.
2- Alan G. Sharpe ,Inorganic Chemistry, p-286.1981, Longman London and New York.
3- Macky K. M. and R. A. Mackay, Introduction to modern Inorganic chemistry ,3rd edition, p-285, 1981. Longman London.
4- Fergusson, J. E. Inorganic chemistry and the earth chemical resources, p-400 1981, Longman London and New York.
5- Jehad A. Taies, Production of CaC_2 from Iraqi sand 2002 Iraqi patent - 3080.
6- Saadi B. M., modern Inorganic chemistry, part-2, p-178. 1988.Baghdad university- Iraq.
7- Thomas S. Jones, 2000. U.S. Geological survey minerals Yearbook , p-69, New York.
8- U.S.A Patent No 4576637, 1979. process for preparation silicon and ferrous alloys.
9- U.S.A Patent No 4155753, 2001. Process for production silicon containing ferrous alloy.
10- Laurel M. Sheppard, 1998. Annual Minerals review: silicon U.S Geological survey.:3, (55),PP236.
11- Laurel M. Sheppard, 2000. Mineral commodity summaries: silicon U.S Geological survey.:10, (86),PP1200.
12-Laurel M. Sheppard, 2000. mineral industry surveys, U.S Silicon Geological survey, 3, (16),PP720.
13-Hani Aziz, Khairia Salman Hassan 2011, Journal of Engineering,:17,.4
14-Zeyad D.Khadhim 2011,Journal of Engineering ,:17,(6).
15-Fadhil A.Chyad, Ibrahim R Agoal, Mahdi M. 2012. Mechanical and Material Engineering,:12, (2) ,
16-Jehad A.Taies ,Hussen .Inayah , Najat.J.Alabedi 2009,Journal of college of education Almustinsyria unversity,No:1.

Production of Silicon Metal From Iraqi Sand

Jehad. Abed Taies * ***Jasim H. Hassen *****

*University of Anbar / College of Education
**University of Anbar / College of Pharmacy

Abstract:

In this work, production of silicon metal at high purity of 99% by using Iraqi–starting materials (Iraqi sand and plant coal)was reported, electric arc–furnaces assembly was manufactured inside, the graphite electrodes were made from graphite scrap, this system is operate to produce about 800 gm /6hr of silicon metal to meet the need for manufacturing silicon oils, resins, solar cells, and electronic parts. The procedure, equipments and analysis data were described as well.