

دراسة تأثير نسبة تركيز الكوبلت على صلادة سبائك (كاربيد التنكستن – كوبلت) عند تشعيها بالالكترونات السريعة

*نجم عبد عسكوري *علي عبد ابوجاسم *طالب عبد الرضا عبد

قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة الكوفة

الخلاصة:

تم في هذه الدراسة حساب أزواج فرنكل المتولدة نتيجة لتشعيع سبائك (كاربيد التنكستن – كوبلت) بنسب مختلفة من الكوبلت إذ كان مقدار الجرعة الإشعاعية (1×10^{15} particles / cm²) وزمن تشعيع (120) ثانية , تم التشعيع الافتراضي بالجسيمات المشحونة الخفيفة (الالكترونات) بطاقات تراوحت بين (1-3) Mev , وقد استحصلت جميع النتائج النظرية من بناء برنامج حسابي بلغة (Q-basic) خاص بذلك . وبموجب هذه الدراسة وجد إن زيادة نسبة الكوبلت يؤدي إلى زيادة أزواج فرنكل (فراغ – ذرة بينية) المتولدة نتيجة التشعيع بالجسيمات المشحونة الخفيفة , وهذه الزيادة في أزواج فرنكل تولد انخلاعات وتشوهات في الشبكة البلورية تؤدي بالنتيجة إلى زيادة الصلادة لهذه السبائك أما ما يتعلق بطاقة الالكترونات فقد وجد ان زيادة طاقة الجسيمات الساقطة تؤدي ان نقصان أزواج فرنكل وبالتالي نقصان الصلادة .

1. المقدمة :

إن دراسة تأثير الأشعة النووية على المواد الصلبة من المواضيع المهمة , إذ تؤثر هذه الأشعة النووية على خواص المواد الصلبة وهذا التأثير قد يكون سلبيا أو ايجابيا , وفي بحثنا هذا سوف نتطرق إلى الجانب الايجابي إذ تتضمن الدراسة تأثير الجسيمات النووية المشحونة الخفيفة (الالكترونات) على صلادة سبيكة كاربيد التنكستن . و تعد الصلادة من الخصائص الميكانيكية المهمة التي يصعب تفسيرها بمصطلح بسيط ولغرض الحصول على نتائج جيدة عند قياسها يجب اختيار الحمل (load) المناسب وأداة البعج (indenter) ذات الشكل الملائم بما ينسجم مع نوع العينة المفحوصة ودرجة صلابتها [1].

فموضوع تصليد المعادن بالتشعيع مازال مثار جدل ودراسة لعدد كبير من الباحثين , وتعتبر هذه التقنية من التقنيات الحديثة نسبيا في مجال تصليد المعادن , ويتم بقذف المعدن بأحد أنواع الجسيمات النووية ذات الطاقة العالية مثل النيوترونات أو الالكترونات أو جسيمات ألفا أو البروتونات أو الديترونات وغيرها . ومن المعادن التي تم تصليدها بالتشعيع هي سبائك (WC-Co) نظرا لأهمية هذه السبائك في مختلف المجالات الصناعية , ويمكن أن نشير هنا إلى عدد من الدراسات السابقة التي تضمنت تصليد مختلف السبائك بالتشعيع عمليا ونظريا : أول من طرح هذه الفكرة الباحث نجم عبد عسكوري في السنوات 1974 و 1975 [2,3,4] من خلال تقديم أبحاث عملية تضمنت زيادة صلادة سبائك التنكستن – كوبلت بنسب مختلفة باستخدام جرعات متزايدة من الجسيمات الثقيلة المشحونة (البروتونات بطاقة 10 MeV , وايونات الهليوم 3- بطاقة 30 MeV) من المعجل السايكلوتروني حيث بلغت الزيادة في صلادة لغاية 30% . وتوالت الدراسات حول هذا الموضوع وكثرتها سنعرض أحدث هذه الدراسات التي تمكنا من الحصول عليها .

ففي عام (1997) [5] قامت الباحثة تغريد الساعدي بنشر دراسة نظرية تتضمن دراسة تصليد سبائك كاربيد التنكستن – كوبلت نتيجة التشعيع بأربع جسيمات ثقيلة مشحونة وهي جسيمات ألفا وايونات الهليوم والديترونات والبروتونات , وبجرع إشعاعية افتراضية تراوحت بين (10^{15} - 10^{18} particles / cm²) ولمختلف الطاقات وذلك من خلال ربط علاقة بين أزواج فرنكل المتكونة نتيجة التشعيع مع صلادة فيكرز , وأثبتت هذه الدراسة إن صلادة فيكرز تزداد مع زيادة أزواج فرنكل .

وفي عام (2000) قام كل من K.Farrell [6] وجماعته بدراسة إجهاد الشد بتشعيع نماذج الحديد النقي التجاري وسبيكة (الحديد – نحاس) ونموذجين من الفولاذ الحديدي عند درجة الحرارة (288 C°) بالالكترونات ذات طاقة (2.5 MeV) بجرعات (2.82×10^{23} , 9.35×10^{23}) (الكرون / المتر المربع) والتي تقابل جرعات إزاحات ذرية محسوبة (3.16×10^{-3} , 9.53×10^{-4}) إزاحة للذرة الواحدة على التعاقب . تم الاستنتاج إن كفاءة التصليد للتشعيعات الالكترونية لوحدها (dpa) عند درجة حرارة (288 Co) هي مماثلة لتلك التشعيعات النيوترونية المنشورة في الدراسات السابقة .

وفي عام (2002) قام كل من [7] Iwase وجماعته بنشر دراسة تضمنت تشعيع نموذجين من السبائك (Fe-0.6wt% Cu و (Fe-1.2wt % Cu) بأيونات ثقيلة بطاقة (GeV) عند درجة حرارة (250 C°) وعند درجة حرارة الغرفة . بينت صلادة فيكرز المجهرية عند درجة حرارة الغرفة إن التغير بالصلادة بسبب التشعيع يعتمد بقوة على درجة حرارة التشعيع وعلى محتويات النحاس.

وفي عام (2004) قام كل من [8] T.Kitao وجماعته بنشر دراسة تتضمن التصليد التشعيعي وتطوير التركيب المجهرية نتيجة للتشعيع بالنيوترونات والالكترونات للحديد النقي ولسبائك (Fe – Cu) النموذجية , فالتشعيعات بالنيوترونات من مفاعل فحص المواد الياباني (JMTR) وبالاكترونات من معجل فودترون الالكتروني عند درجة حرارة (240 , 300) C° بالتعاقب. كان التصليد التشعيعي لـ (Fe) وسبائك (Fe-Cu) النموذجية حوالي (1×10 dpa) في كل من التشعيع النيوتروني والالكتروني. لقد بينت الدراسة إن التصليد بالتشعيع يبدأ بالتناقص في مدىات مختلفة من درجات الحرارة , ففي درجات الحرارة الواطئة يعتمد على تركيز النحاس وجرعة التشعيع بالاكترونات , بينما في درجات الحرارة العالية لا يظهر سلوك التصليد التشعيعي مما يقترح بصورة غير مباشرة إن ذرات النحاس تعيق تكوين التجمعات البينية .

2. النظرية:

يتألف التركيب المجهرية لسبائك (WC-Co) من حبيبات (WC) المرتبطة مع بعضها بمعدن الكوبلت . حيث يكون (WC) عبارة عن جسيمات مغمورة في محيط مستمر من طور الكوبلت الرابط [9] .

تمتاز حبيبات (WC) بأنها صلبة (hard) وهشة (brittle) نسبيا , أما الطور الرابط فتمتاز حبيباته بكونها لينية (soft) ومطولية (Ductile) [10] , وتتألف كل حبيبة من حبيبات (WC) و (Co) من عدد هائل من وحدة الخلايا ويختلف هذا العدد باختلاف حجم الحبيبات .

ويمتلك كاربيد التنكستن الأحادي (WC) من تركيبين بلوريين هما سداسي محكم الرص (hcp) وهو الشائع وتركيبا مكعبا محكم الرص (ccp) الأقل انتشارا [11,10] .

أما معدن الكوبلت , تكون وحدة الخلية له ذات تركيب سداسي محكم الرص (hcp) .
ولسبائك كاربيد التنكستن خواص فيزيائية فمنها الخصائص الكهربائية والحرارية والميكانيكية وخواص كيميائية. إذ يكون خليط كاربيد التنكستن – كوبلت بعد تليده عبارة عن سبيكة ذات لون رصاصي (gray) [12] , وهي تمتلك خصائص مغناطيسية حيث تبدي انجذابا قويا نحو المغناطيس , وتمتلك وزنا جزيئيا مقداره (195.30 g/mol) وحجما جزيئيا مقداره (12.51 cm³/mol) [12] وهي ذات كثافة ودرجة انصهار عاليتين نسبيا و هذه الخصائص تختلف باختلاف نسبة تركيز الكوبلت في السبيكة .

ولسبائك (WC-Co) عدة استخدامات صناعية , حيث تستخدم في عدد القطع (cutting tools) وقوالب سحب الأسلاك (wire drawing dies) ومثاقب الصخور (rocks drills) المستخدمة في التنقيب عن البترول وتستخدم أيضا في الأجزاء المقاومة للتآكل الكيميائي وللبلل (wear) نتيجة الاستعمال والأجزاء المقاومة للصهر (Refractory) وغيرها [13].

لقد كانت الزيادة المسجلة في صلادة سبائك (WC-Co) لأصناف مختلفة (H , N , CXT grades) من إنتاج شركة (Wickman – Wimet) تتراوح بين (33.2 % – 11.1) من قيمتها الأصلية اعتمادا على صنف السبيكة والجرعة الإشعاعية المستلمة وطاقة الجسيمات المشحونة وزمن التعرض ومساحة العينة المتعرضة للإشعاع ودرجة حرارة العينة عند التشعيع وعوامل أخرى [13,4,3,2] وفي مايلي النموذج الرياضي لحساب أزواج فرنكل:

إذا سقطت جسيمات ذات طاقة عالية , فيضها الإشعاعي (Particle /cm² Sec) ϕ على هدف معين كثافة ذراته (N₀ atoms/cm³) , فإن عدد الذرات المزاحة عن موقعها للضربة الابتدائية التي تتلقاها الذرات (Primary Knock on atoms) (PKAs) نتيجة لتصادمها مع الجسيمات المقذوفة يرمز له n_p (atom/cm³) ويعبر عنه رياضيا بالعلاقة الآتية : [17,18 16,15]

$$n_p = \phi \cdot t \cdot N_0 \sigma_d \dots \dots \dots (1)$$

حيث إن :

t: زمن التعرض الإشعاعي بالثانية .

σ_d : المقطع العرضي للإزاحة. (displacement cross – section) ويقاس بوحدات (cm²) أو (barn).
وعلى افتراض إن الذرات (PKAs) سوف ترتد وتعمل سلسلة من الإزاحات الثانوية والثلاثية مكونة ما يسمى سنبلة الإزاحة (displacement spike) حتى تفقد طاقتها وتستقر . لذلك فإن عدد الذرات المزاحة لهذه السلسلة نتيجة الضربة الابتدائية التي تتلقاها الذرات والتي تمثل عدد أزواج فرنكل المتولدة n_d (Frenkel pairs /cm³) تعطى في العلاقة الآتية [21,20 , 17 , 16]:

$$n_d = n_p \bar{v} = \phi t N_0 \sigma_d \bar{v} \dots \dots \dots (2)$$

حيث إن :

$\bar{v}$: معدل عدد الذرات المزاحة من قبل الذرة (PKAs) الواحدة نتيجة لسلسلة الإزاحات التي تحصل فيما بعد , ويمكن حسابها من العلاقة الآتية : [14,13]

$$\bar{v} = \frac{1}{2} \left[\frac{T_{\max}}{T_{\max} - E_d} \right] \left[1 + \ln \left[\frac{T_{\max}}{2E_d} \right] \right] \dots\dots\dots (3)$$

وتعتمد على معدل الطاقة المنتقلة إلى الذرة المضروبة $E_{p(ave)}$. حيث إن :

E_d : طاقة حد العتبة اللازمة لإزاحة الذرة عن موقعها الشبكي وهي ثابتة وقيمتها المتوسطة تقريبا " (25 eV) .
 $T_{\max}$: أعظم طاقة منتقلة لذرة الشبكة نتيجة التصادم الرأسي المرن ((Maximum energy transferred).
 ويمكن حساب $E_{p(ave)}$ نتيجة لتصادم الذرة مع جسيم مشحون ساقط والذي يحمل طاقة مقدارها E (تمثل طاقة الجسيم المشحون الساقط) من المعادلة الآتية : [15 , 14]

$$E_{p(ave)} = \left[\frac{E_d T_{\max}}{T_{\max} - E_d} \right] \ln \left[\frac{T_{\max}}{E_d} \right] \dots\dots\dots (4)$$

وعلاقة المقطع العرضي للإزاحة الذرية وهي احتمالية حدوث عملية الإزاحة لذرة معينة واحدة ويمكن حسابها عند التشعيع بالجسيمات المشحونة من العلاقة الآتية : [13]

$$\sigma_d = 4\pi a_0^2 \left[\frac{M_1}{M_2} \right] Z_1^2 Z_2^2 \left[\frac{E_r^2}{E} \right] \left[\frac{1}{E_d} - \frac{1}{T_{\max}} \right] \dots\dots\dots (5)$$

ويكن حسب $T_{\max}$ بعد تطبيق قانون حفظ الزخم الخطي للجسيمين المتصادمين وكما في العلاقة الآتية :

$$T_{\max} = \frac{4M_1 M_2}{(M_1 + M_2)^2} E \dots\dots\dots (7)$$

حيث : $(E_r = 13.6 \text{ Ev})$: وهو يمثل طاقة رايدبيرك .
 $(a_0 = 5.29 \times 10^{-9} \text{ cm})$: وهو يمثل مدار بور الاول لذرة الهيدروجين .

M_1 : تمثل كتلة الجسيم المقذوف .
 M_2 : تمثل كتلة ذرة الشبكة الساكنة .

(ويمكن الاستعاضة عنها بالعدد الكتلي Atomic mass number بدلا من كتلة الجسيمات المقذوفة والذرات) ويمكن إعطاء المعادلة شبه تجريبية والتي تربط أزواج فرنكل مع صلادة فيكرز بالعلاقة الآتية : [4]

$$H.V(Kg \setminus mm^2) = 194.23 \ln(n_d) - 7670.9 \dots\dots\dots (8)$$

3. الحسابات:

تم احتساب أزواج فرنكل المتولدة لكل سنتيمتر مكعب (Fp/cm^3) نتيجة التشعيع , وذلك بالاعتماد على المعادلات والعلاقات الرياضية المتعلقة بحساب أزواج فرنكل المتولدة نتيجة التشعيع بجرعة إشعاعية من الجسيمات المشحونة الخفيفة (سيل من الالكترونات بجرعة مقدارها $(1 \times 10^{15} \text{ particles / cm}^3)$ وبمختلف نسب الكوبلت المكونة لسبائك (WC-Co) (N) من النوع [4,3,2]. ولمدى طاقي للأشعة الساقطة تراوح بين 1-3 MeV وبعد احتساب أزواج فرنكل تم الاعتماد على معادلة شبه تجريبية تربط هذه الأزواج مع صلادة فيكرز وذلك من خلال بناء برنامج حسابي بلغة Q Basic خاص بذلك يعتمد أساسه العلاقات الرياضية المذكورة في أعلاه والجدول ادناه يمثل قيم كل من الكثافة المؤثرة (N_0) والعدد الذري المؤثر (Z_{eff}) والكتلة المؤثرة لسائك (A_{eff}) .

جدول (1) يبين قيم (N_0 , A_{eff} , Z_{eff}) لسائك (WC-CO) ولتراكيز مختلفة المتوفرة

Alloys	N_{0atom/cm^3}	$A_{eff}=M_2$	Z_{eff}
(WC-CO-0%)	2.91E+22	97.5	20
(WC-CO-3%)	5.55E+22	96.345	20.21
(WC-CO-4.5%)	6.87E+22	95.7675	20.315
(WC-CO-8%)	9.96E+22	94.42	20.56
(WC-CO-10%)	1.17E+23	93.65	20.7
(WC-CO-15%)	1.61E+23	91.725	21.05

4. النتائج والمناقشة :

إن جميع النتائج في هذه الدراسة استحصلت باستعمال برنامج حسابي مكتوب بلغة Q.Basic وكما مبين في الجداول (2) , (3) , (4) حيث إن الشكل البياني (1) يوضح العلاقة بين الفترة الزمنية للتشيع مع عدد الذرات المزاحة عن موقعها للضربة الابتدائية و يبين إن عدد الذرات الابتدائية المزاحة عن مواقعها تزداد بزيادة الفترة الزمنية للتشيع (أي الجرعة الإشعاعية). والشكل (2) يبين زيادة عدد أزواج فرنكل مع زمن التشيع , أما الشكل (3) فيشير إلى زيادة عدد أزواج فرنكل مع زيادة زمن التشيع لنوعين من سبائك كاربيد التنكستن – كوبلت و أيضا يوضح زيادة السبيكة من النوع (N) أكبر من زيادة السبيكة من النوع (CXT) وهو يتفق مع ماورد في القياسات العملية [4,3,2] والشكل (4) يبين زيادة أزواج فرنكل كلما زادت عدد الذرات الابتدائية المزاحة .

أما الأشكال (5) و(6) فتوضح علاقة صلادة فيكرز لمختلف أزمنة التشيع و لكلا نوعي السبائك المستخدمة في هذه الدراسة من عدد الذرات الابتدائية المزاحة و عدد أزواج فرنكل , وتبين أيضا زيادة الصلادة مع زيادة كل من عدد الذرات الابتدائية المزاحة و عدد أزواج فرنكل.

يمكن تفسير زيادة الصلادة بالتشيع على النحو الآتي :

إن الزيادة الحاصلة في الصلادة بعد التشيع تكون نتيجة مباشرة للإزاحات الذرية التي تحصل للذرات المستقرة في مواضعها مما يسبب تشوه (Distort) الشبكة البلورية الذي يؤدي بدوره إلى إعاقة انزلاق (Slippage) السطوح البلورية بعضها فوق البعض الآخر . وإن تأثير الإشعاع يكون مشابها إلى حد ما لتأثير التشكيل على البارد للمعادن والسبائك [2].

كما تفسر الزيادة الحاصلة في الصلادة على إنها نتيجة قلة تحريك الانخلاعات , حيث يفسر (Pratt) التصليد بالتشيع بأنه ناتج بسبب تسلق (Climb) الانخلاعات الحافية (Edge Dislocation) خارج مستوي الانزلاق كنتيجة لتوليد أزواج فرنكل (فراغ – ذرة بينية) , أما حسب (Seitz) فإن تسلق الانخلاعات الحافية يؤدي إلى قلة اهتزازها وبالتالي إلى قلة حركتها [13].

وهناك تفسير آخر يشير إلى إن الإشعاع له تأثير مباشر على بعض الخصائص الفيزيائية للمعادن الثقيلة منها الصلادة [14], ومن تأثيرات الإشعاع التي تزيد الصلادة هو توليد أزواج فرنكل وحلقات الانخلاع [15,16,17,18].

وبهذا نجد إن كل المصادر العلمية المشار إليها تعزي زيادة الصلادة بالدرجة الأساس إلى زيادة أزواج فرنكل المتولدة نتيجة التشيع والتي تقود إلى تأثيرات أخرى تؤدي إلى زيادة الصلادة وهو ما يتطابق مع النتائج التي توصلنا إليها.

جدول (2) يبين علاقة صلادة فيكرز وأزواج فرنكل لنسب خلط مختلفة من سبائك (كاربيد التنكستن- كوبلت) عند تشيعها بسيل من الإلكترونات وبطاقة مقدارها (1MeV)

Alloys	The Frenkel pairs (Fp/cm ³)	The hardness of the alloys (Kg/mm ²)
(WC-CO-0%)	4.969E+19	2047.8898
(WC-CO-3%)	9.798E+19	2179.7502
(WC9-CO-45.5%)	1.233E+20	2224.4157
(WC-CO-8%)	1.858E+20	2304.0647
(WC-CO-10%)	2.231E+20	2339.6225
(WC-CO-15%)	3.244E+20	2412.3204

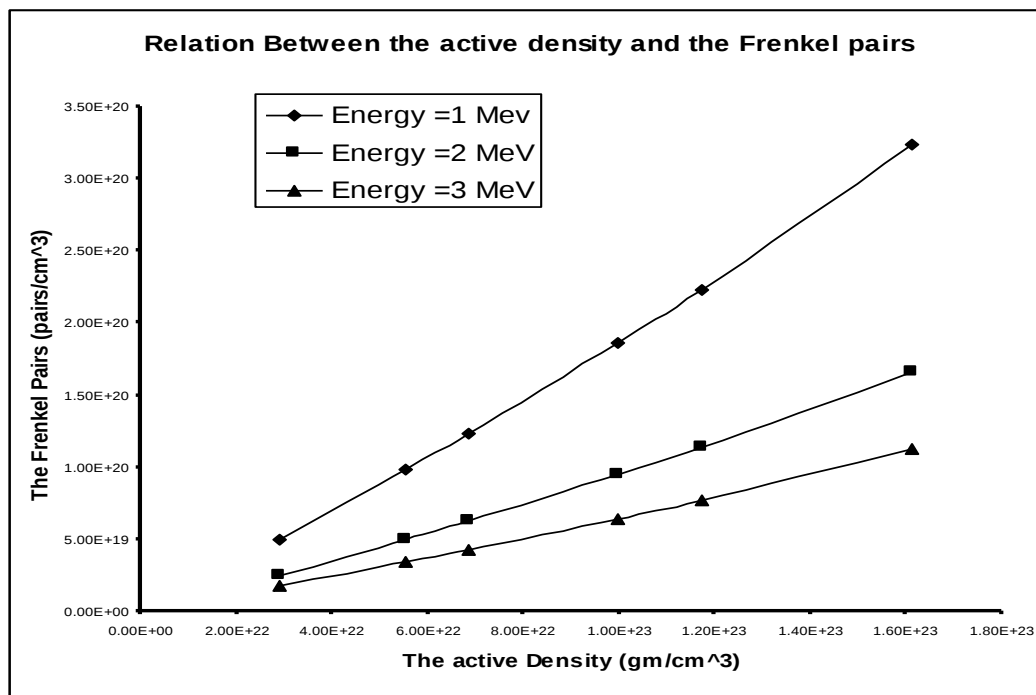
جدول (3) يبين علاقة صلادة فيكرز وأزواج فرنكل لنسب خلط مختلفة من سبائك (كاربيد التنكستن- كوبلت) عند تشيعها بسيل من الإلكترونات وبطاقة مقدارها (2MeV)

Alloys	The Frenkel pairs (Fp/cm ³)	The hardness of the alloys (Kg/mm ²)
(WC-CO-0%)	2.547E+19	1918.0637
(WC-CO-3%)	5.021E+19	2049.9167
(WC9-CO-45.5%)	6.319E+19	2094.5785

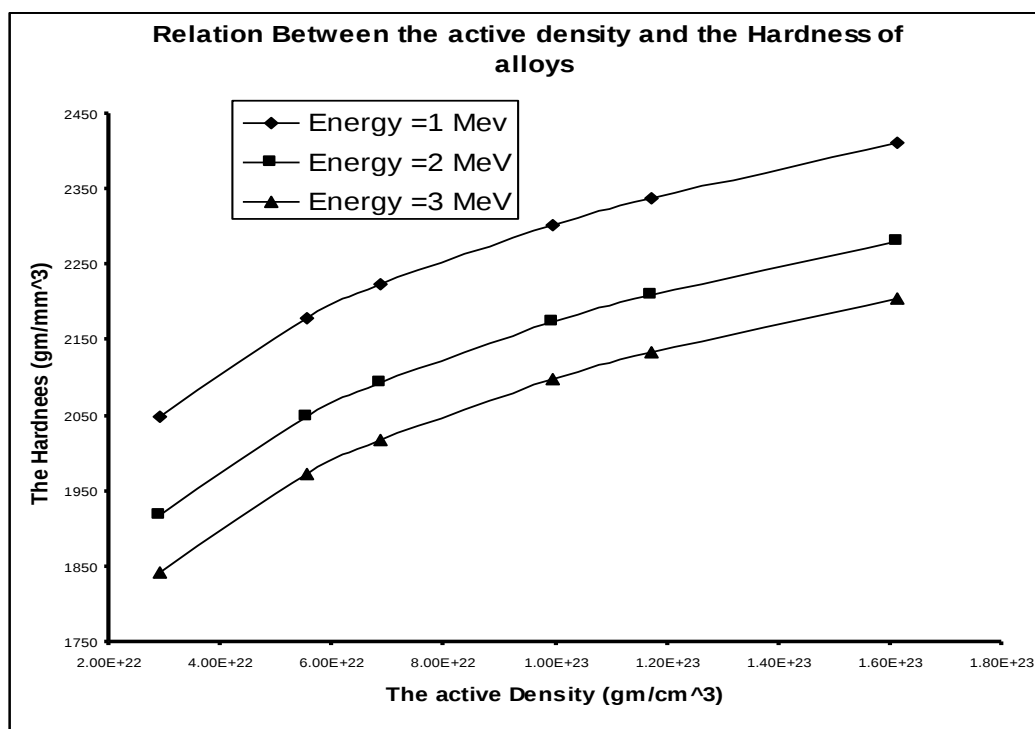
(WC-CO-8%)	9.522E+19	2174.2188
(WC-CO-10%)	1.144E+20	2209.7716
(WC-CO-15%)	1.663E+20	2282.4568

جدول (4) يبين علاقة صلادة فيكرز وازواج فرنكل لنسب خلط مختلفة من سبائك (كاربيد التنكستن- كوبلت) عند تشعيها بسيل من الالكترونات وبطاقة مقدارها (3MeV)

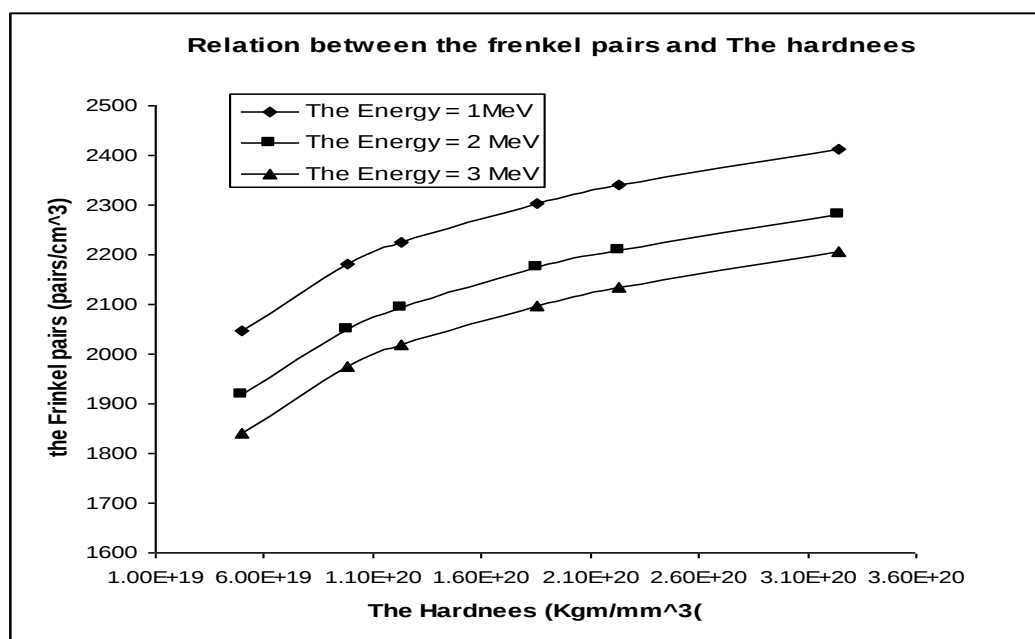
Alloys	The Frenkel pairs (Fp/cm ³)	The hardness of the alloys (Kg/mm ²)
(WC-CO-0%)	1.721E+19	1841.9282
(WC-CO-3%)	3.393E+19	1973.7774
(WC9-CO-45.5%)	4.27E+19	2018.4373
(WC-CO-8%)	6.434E+19	2098.0731
(WC-CO-10%)	7.726E+19	2133.6233
(WC-CO-15%)	1.123E+20	2206.3019



شكل (1) يوضح العلاقة بين ازواج فرنكل مع الكثافة المؤثرة الناتجة من اختلاف نسب الخلط لعنصر الكوبلت لمدى طاقي (1-3)MeV



شكل (2) يوضح العلاقة بين صلادة فيكرز مع الكثافة المؤثرة الناتجة من اختلاف نسب الخلط لعنصر الكوبلت لمدى طاقى (1-3)MeV



شكل (3) يوضح العلاقة بين ازواج فرنكل مع صلادة فيكرز لمدى طاقى (1-3)MeV

5. الاستنتاجات:

1. إن عدد الذرات الابتدائية المزاحة عن موقعها تزداد بزيادة الفترة الزمنية للتشعيع (الجرعة الإشعاعية).
2. إن أزواج فرنكل تزداد بزيادة زمن التشعيع.
3. إن صلادة فيكرز لسبائك (WC-6%CO) ولنوعين (N & CXT) تزداد بزيادة الجرعة الإشعاعية إلى حد معين ويمثل الجرعة الأنسب بسبب حصول عملية إعادة اتحاد أزواج فرنكل (فراغ – ذرة بينية) ويختلف هذا

الحد باختلاف صنف السبيكة ونوع الجسيمات الساقطة وطاقتها وظروف التشعيع , وهذا مايتفق تماما مع البحوث السابقة [22,21,20,19,13,4,3,2].
4. إن الصلادة تزداد بزيادة زمن التشعيع.

6.المصادر:

- [1] ف. بيلي, ترجمة د. حسين باقر, "مبادئ هندسة المعادن والمواد", الجامعة التكنولوجية (1985), العراق. [1]
- [2] N.A.Askouri, ph, D., thesis, univ. of Birmingham, U.K,(1974).
- [3] J.H.Fremlin & N.A.Askouri , Nature , Vol.249 , No.5453 , P.137,(1974).
- [4] N.A.Askouri & J.H.Fremlin, Metals Technology , No.1975 , P.538,(1975).
- [5] تغريد مسلم, "تصليد سبائك كاربيد التنكستن – كوبلت بالتشعيع بجسيمات مشحونة ثقيلة", أطروحة ماجستير, [5] (1997).
- [6] K.Farrell,R.E.Stoller , P.Jung , Journal of Nucl.Materials, Vol.179, P. 77, (2000)
- [7] A.Iwase, T.Hasegawa , Y.Chimi , Nucl.instr.and methods in phy.resear.section B, Vol.195, P.309, (2002).
- [8] T.Kitao, R.Kasada , A.Kimura .Digital Library /stp/stp1447-eb/stp11240s , p.11 , (2004)
- [9] H.C.Lee, and J.Gurland, Meter .sci.and Eng, Vol.33, P.125, (1978).
- [10] E.L.Toth, "Transition metal carbides and nitrides" new york , Academic press ,(1977).
- [11] P.T.Lyman," Metals hand book " 8 th ed. , American society for metals , Ohio , (1961).
- [12] W.Betteridge,"Cobalt and its alloys", 1 th ed., John wiley and sons, (1982).
- [13] N.A.Askouri , International Journal Applied Radiation Isotopes , Vol. 26, P.61,(1975).
- [14] T.B.Shaffer, "High temperature materials", No.1, plenum, press , new york , (1964).
- [15] L.T.Chadderton, "Radiation damage in crystals" , new yourk , and sons INC, 1 th ed. ,(1965).
- [16] G.J.Dienes and G.H.Vineyard,"Radiation effects in solids" , Inter science publisher , INC,(1957).
- [17] D.S.Billington," Radiation damage in solids', Academic press new yourk, and London, (1962).
- [18] J.N.Anuo, "Notion Radiation effects on materials", (1984).
- [19] D.S.Billington and J.H.Crawford," Radiation damage in solids', Oxford univ. Press, (1961).
- [20] J.A.Brinkman, J.App.Phys.Vol.25, P.901, (1954).
- [21] G.Dearnaley and F.J.Minter, Nucl.Inst. And Meth.in Phys.Research B7/8, P.188, (1985).
- [22] L.Guzman and E.Voetoline, Mater. Sci. and Eng, A ,Vol.166 , P.183 , (1989).

**Effect of Ratio of Cobalt Concentration on the Hardness for (WC-Co)
Alloys when Irradiated by Electrons**

***N.A.Askouri *A.A.Abojassem *T.A AlRutha,**
Physics Department ,College of Science University of Kufa

Abstract:

In this study, the calculation of Frenkel pairs generated as a result of irradiation of (Tungsten Carbide – Cobalt 6%) alloys to different ratios of cobalt. The value of radiation dose was (1×10^{15} particles / cm^2) and the irradiation time (120) sec. The hypothetical irradiation was made using light charge particle electrons (the range of energy of electron between (1-3) MeV). A special program was written in "Q-Basic" to obtain the theoretical results.

According to this study, it was found that the increasing of the ratio of cobalt causes increase of Frenkel pairs (Interstitial – Vacancy) generated by light charged particles. These Frenkel pairs are generating dislocations and deformations in crystal lattice which in turn lead to an increase in the hardness of the alloys. And according to the energy of electrons it was found that the increasing of incident energy of electrons causes decrease of Frenkel pairs lead to a decrease in the hardness of the alloys due to recombination of Interstitial – Vacancies.