

## دراسة السلوك الفيزيائي للسبيكة (Ti - 6Al - 4Nb)

رائد جمال ابراهيم ، رشا حامد أحمد  
قسم الفيزياء - كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة تكريت - العراق  
ba230036pep@st.tu.edu.iq

### مستخلص:

يهدف هذا البحث الى تحضير السبيكة (Ti-6Al-4Nb) باستخدام تقنية المساحيق ودراسة الخصائص التركيبية و الفيزيائية لهذه السبيكة. من خلال فحص حيود الاشعة السينية (XRD) ودراسة الخصائص الفيزيائية المتمثلة (بالكثافتين الظاهرية والحجمية والمسامية وامتصاصية الماء) حسب نظرية ارخميدس، اظهرت نتائج فحوصات (XRD) اطوار المواد الاساسية المكونة للسبيكة اذ ظهر التركيب البلوري للتييتانيوم من النوع السداسي المرصوص (HCP) والالومنيوم بنظام مكعبي متمركز الأوجه (F.C.C) والنيوبيوم بنظام مكعب متمركز الجسم (B.C.C) وظهر ايضا طوراً جديداً بعد عملية التلدين وهو الطور (AlNbTi<sub>2</sub>) ذو تركيب البلوري المعيني القائم (Orthorhombic) اما نتائج الفحوصات الفيزيائية اظهرت ان ازدياد درجة حرارة التلدين تؤدي الى زيادة الكثافتين (الظاهرية والحجمية) وانخفاض في (المسامية وامتصاصية الماء).

الكلمات المفتاحية: تقنية المساحيق، المعاملة الحرارية (التلدين)، المسامية، السبائك، الخواص الفيزيائية.

## Investigation of the physical behavior of (Ti-6Al-4Nb) alloy

Riad Jamal Ibrahim <sup>1\*</sup> Rasha Hamid Ahmed <sup>2</sup>

Department of Physics - College of Education for Pure Sciences - Tikrit University - Iraq

### Abstract :

This research aims to prepare the alloy (Ti-6Al-4Nb) Using powder technology and studying X-ray diffraction analysis and micro hardness of this alloy. the structural properties were studied through X-ray diffraction examination (XRD) And studying the Physical properties represented by (apparent density, volumetric density, porosity, and water absorption) according to Archimedes' theory, the results of the tests showed (XRD) The phases of the basic materials that make up the alloy, as the crystalline structure of titanium appeared to be of the hexagonal stacked type(HCP)As for aluminum, it appeared in a cubic system with concentric faces(FCC) and niobium in a body-centered cubic system (BCC)A new phase also appeared after the annealing process, which is the phase(AlNbTi<sub>2</sub>)Has a right rhombic crystal structure(Orthorhombic) The results of physical tests showed that increasing the annealing temperature leads to an increase in the densities (apparent and bulk) and a decrease in (porosity and water absorption).

**Key words:** Powder technology, heat treatment (annealing), porosity , alloys, physical properties .

خصائص فيزيائية جيدة وللسبائك تطبيقات عديدة وواسعة في مجال الصناعة [8] يعد التيتانيوم من المعادن ذات الخصائص الفيزيائية الجيدة المتمثلة بمقاومة الشد العالية والكثافة وقابلية الطرق والسحب ومقاوم للتآكل وقابليته على الاندماج مع الالومنيوم والنيوبيوم والفناديوم والنيكل ومعادن اخرى لإنتاج سبائك قوية وخفيفة الوزن [9]، اما الالومنيوم فيتمتع بالعديد من الخصائص الفيزيائية المرغوبة اذ انه مرن وخفيف الوزن وعاكس جيد للضوء المرئي وقابل للطرق والسحب ومتانتة عالية ومقاومته للتآكل لذا يشكل العديد من السبائك القوية [10]، اما النيوبيوم يمتاز بكثافته العالية ومقاومته الجيدة ضد التآكل ويضاف الى المعادن الاخرى لتحسين القوة والمتانة لتلك المعادن [11].

## 2 - الجزء العملي

في هذه الدراسة تم تحضير السبيكة الثلاثية باستخدام المواد التيتانيوم ذو منشأ امريكي وبنقاوة 99.95% وبنسبة 90% ، الالومنيوم ذو منشأ الماني بنقاوة (99.98%) وبنسبة 6% ، النيوبيوم ذو منشأ هندي بنقاوة (99.99%) وبنسبة 4% ، اذ تم وزن المواد بالنسب المذكورة وخلطها يدويا» بواسطة هاون من العقيق لمدة (h/2) للحصول على التجانس المطلوب، تم تحضير 6 سبائك متماثلة بنفس المكونات والنسب المذكورة وتمت عملية الكبس بمكبس هيدروليكي نوع (HONMAKSAN) ذو منشأ تركي، بتقنية الضغط البارد وباستخدام طريقة الضغط احادي الاتجاه للمسحوق المخلوط اذ تم تسليط ضغط كبس مقداره (5Ton) ولمدة زمنية (60sec) للحصول على ست عينات متماثلة وقوية للسبيكة والتي كانت بقطر (20mm) وسمك (15mm). يتم ادخال

## 1- المقدمة:

تعد تقنية المساحيق من اهم الطرق لتحضير السبائك التي تتميز بإمكانيتها على انتاج مكبوسات صعبة التشكيل ذات اشكال غير معقدة لها خصائص مميزة وتراكيب بلورية ممتازة وبنقاوة عالية باستعمال الضغط من دون استخدام المعاملات الحرارية [1]، ويعد التركيب الكيميائي ونقاوة المسحوق وشكل وحجم دقائق المسحوق من الخصائص المميزة للمساحيق التي تحسن من الخواص الفيزيائية وتتحكم بالبنية المجهرية وصولاً للتجانس المطلوب [2] ، تتميز المكبوسات الناتجة من خلط العناصر بخصائص تركيبية وفيزيائية مناسبة افضل من خصائص العناصر النقية نفسها التي يعتمد عليها في التطبيقات الهندسية [3]، ولتحسين وتطوير خصائص المكبوسات يتم معاملتها حرارياً بالتلدين (Annealing)، اذ ان للحرارة تأثير على خواص البنية المجهرية للسبيكة الملدنة [4] ، اذ تسخن السبائك الى درجة حرارة تصل الى (0.7-0.9) من درجة انصهارها ثم تترك لتبرد ببطيء للحصول على جسم كثيف صلد متماسك ومتجانس وله كثافة عالية [5,6]، والمادة الناتجة التي تضم اكثر من معدن واحد تسمى بالسبيكة [7] فالسبيكة هي مزيج من مادتين او أكثر (ذات خواص فلزية) تنتشر فيها ذرات او جزيئات مادة عشوائياً خلال مادة اخرى بنسب مختلفة. والسبيكة الناتجة من مزج عنصرين تسمى سبيكة ثنائية (Binary alloys) وقد تكون خليط من ثلاث عناصر فتسمى سبيكة ثلاثية (Ternary alloys) وتقسم السبائك الى قسمين رئيسيين هما (السبائك الحديدية والغير حديدية) وتمتلك السبائك الحديدية

القائم (Orthorhombic) حسب البطاقة القياسية للمؤسسة الأمريكية لفحص المواد (ASTM) المرقمة (2558-152-00)، يوضح الشكل (1) ظهور قمم الحيوذ لمكونات السبيكة قبل وبعد التلدين بدرجات حرارة مختلفة ، نلاحظ انه بزيادة درجة حرارة التلدين ينخفض مستوى شدة القمم بالنسبة للمادة الاساس (التيتانيوم) بعد عملية التلدين واما بقية المكونات (الالومنيوم، النيوبيوم) هنالك تباين في شدتها بين الارتفاع والانخفاض حسب درجات الحرارة ويعود ذلك الى نسبتها في السبيكة المحضرة ، ان ظهور الطور (AlNbTi<sub>2</sub>) يدل على وجود تغيرات طوريه نتجت عن تفاعل المواد مع بعضها جراء الخلط الجيد وتقارب الاحجام الحبيبية للمواد المستعملة وتعرض النموذج لدرجات حرارة عالية ومختلفة وادت الى روابط جديدة كونت الطور (Al-NbTi<sub>2</sub>) [12،13] .

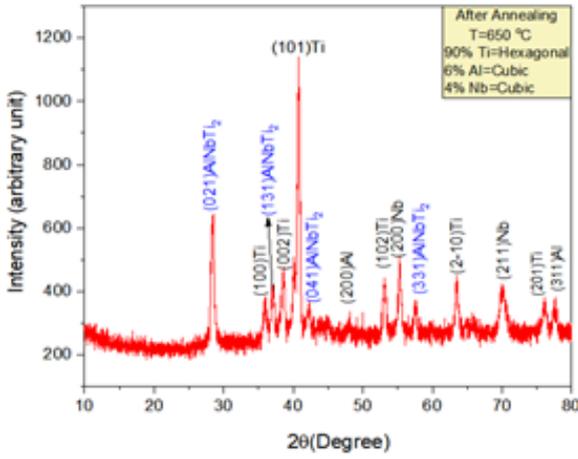
السبائك الى الفرن الكهربائي (Muffle Furnace) ذو منشأ صيني تصل درجة حرارته الى C° (1200) بوضع كل عينة في بودقة خزفية وتعريضها للدرجات الحرارية الاتية: C° (650,750,850,950,1050) ولمدة ساعتين وبذلك ستكون العينات جاهزات لأجراء الفحوصات المختبرية عليها، اذ تم اجراء تحليل حيود الاشعة السينية باستعمال باستخدام جهاز نوع (PANALYTICAL'SAERIS) امريكي المنشأ، بدرجة حرارة الغرفة لغرض التعرف على البناء البلوري والاطوار الجديدة المتكونة للسبيكة، واجريت الاختبارات الفيزيائية المتمثلة بفحص (الكثافتين (الظاهرية والحجمية)، والمسامية وامتصاصية الماء) حسب نظرية ارخميدس لمعرفة التغير عند درجات الحرارة المختلفة .

### 3 - النتائج والمناقشة :

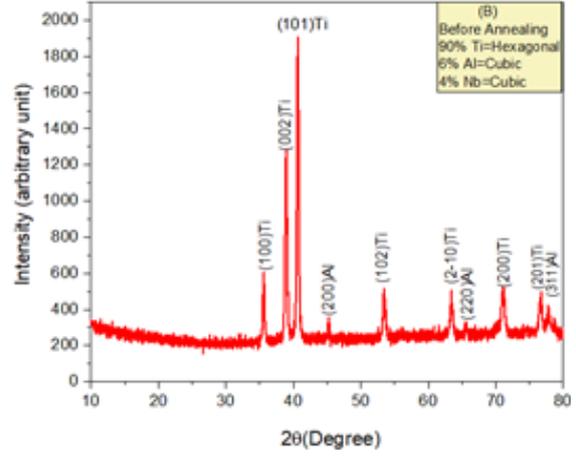
اولاً- الخصائص التركيبية (فحص حيود الاشعة

السينية (XRD):

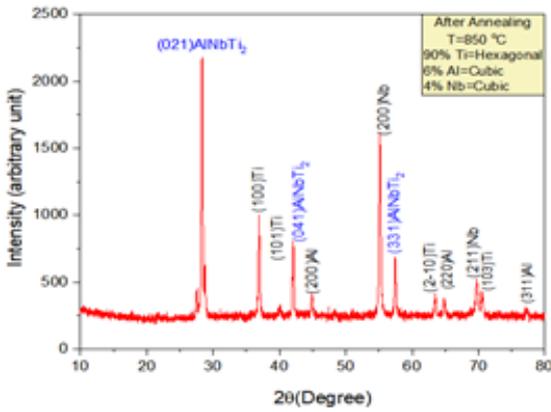
تمت دراسة حيود الاشعة السينية (XRD) للمواد الاساسية المكونة للسبيكة الثلاثية المحضرة (Ti-6Al-4Nb) ولمعرفة التركيب البلوري للمواد، اظهرت النتائج اطوار المواد الاساسية المكونة للسبيكة، ظهور التركيب البلوري للتيتانيوم من النوع السداسي المرصوص (HCP) وللألنيوم من النوع المكعبي متمركز الواجهة (F.C.C) وللنيوبيوم من نوع المكعب متمركز الجسم (B.C.C) ادى الاختلاف في البنى البلورية للمواد الداخلة في تحضير السبيكة الى ظهور طور جديد بعد عملية التلدين التي جرت بدرجات حرارة مختلفة C° (650,750,850,950,1050) ولمدة (2h) وهو الطور (AlNbTi<sub>2</sub>) ذو التركيب البلوري المعيني



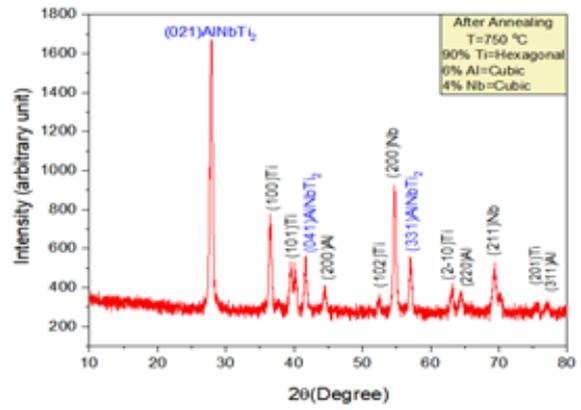
العينة عند درجة 650 °C



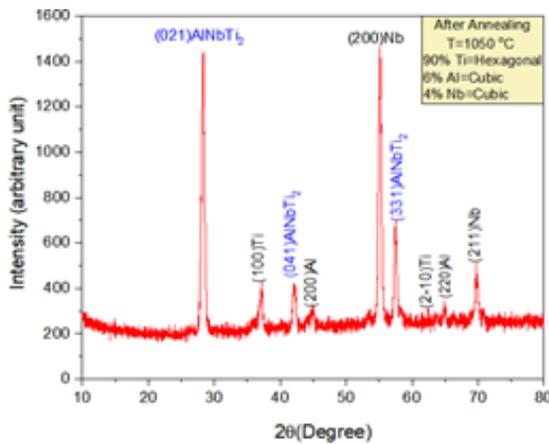
العينة قبل التلدين



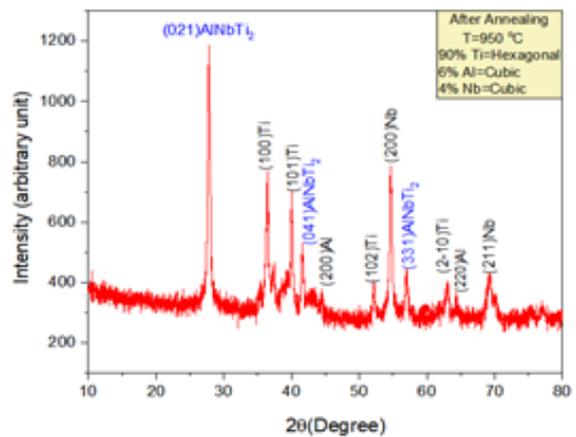
العينة عند درجة 850 °C



العينة عند درجة 750 °C



العينة عند درجة 1050 °C



العينة عند درجة 950 °C

الشكل (1) حيود الأشعة السينية قبل وبعد التلدين

ظهر عند الزوايا ( $57.9319^\circ, 42.589^\circ, 27.8489^\circ$ )، عند درجة حرارة ( $1050^\circ\text{C}$ ) ظهر عند الزوايا ( $57.434^\circ, 42.1121^\circ, 27.2776^\circ$ ) لاحظنا تكرار نفس الزوايا لدرجات الحرارة ( $1050^\circ, 950^\circ, 850^\circ, 750^\circ$ ) استنتجت ان درجات حرارة التلدين اثرت على السبيكة لتكوين الطور الجديد بنفس التأثير تقريباً مع اختلاف الاحجام الحبيبية وعرض منتصف القمة عند تلك الزوايا واذا قمنا بمقارنة ظهور الطور عند درجات الحرارة المختلفة عند كل زاوية نرى ازاحة صغيرة لبعض القمم نتيجة الاجهادات الناتجة عن عملية التلدين وكثافات المواد الداخلة في تركيب السبيكة ونسب الخلط [14، 15].

يبين الجدول (1) نتائج حيود الاشعة السينية للسبيكة (Ti-6Al-4Nb) نرى فيه قيم الحجم الحبيبي والزوايا التي ظهرت عندها قمم الحيود ومعاملات ميلر وعرض منتصف القمه (FWHM)، ان الحصول على هذه المعلومات يبين مدى تجانس مكونات السبيكة مع بعضها وامكانية تكوين اطوار جديدة، اذ ظهر الطور ( $\text{AlNbTi}_2$ ) عند درجة ( $650^\circ\text{C}$ ) لأول مرة عند الزاوية ( $42.1505^\circ, 37.0117^\circ, 27.392^\circ$ )، اما عند درجة ( $750^\circ\text{C}$ ) ظهر الطور عند الزوايا ( $57.0052^\circ, 42.6406^\circ, 27.8314^\circ$ )، اما عند درجة حرارة ( $850^\circ\text{C}$ ) ظهر الطور عند الزوايا ( $27.4865^\circ, 57.4206^\circ, 42.0611^\circ$ )، وعند درجة حرارة ( $950^\circ\text{C}$ )

الجدول (1) حيود الاشعة السينية للسبيكة (Ti-6Al-4Nb)

Temperatures ( $^\circ\text{C}$ )	2Theta (Degree)	FWHM (Deg)	$d_{hkl}$ Exp ( $^\circ\text{A}$ )	C.S (nm)	hkl	Phase	System	Card No
Before Annealing	35.5609	0.2758	2.5225	35.7877	(100)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	38.8933	0.3166	2.3137	32.5850	(002)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	40.614	0.1512	2.21956	69.9563	(101)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	44.7843	0.2177	2.00511	51.9652	(200)	Al	Cubic	00-150-2689
	52.4211	0.359	1.71374	36.6746	(102)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	62.3687	0.4214	1.46657	41.0845	(2-10)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	65.5289	0.2057	1.42335	94.2333	(220)	Al	Cubic	00-150-2689
	70.5264	0.447	1.32607	53.8825	(200)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	76.5686	0.4526	1.24329	76.3759	(201)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	78.6167	0.2406	1.21595	169.0847	(311)	Al	Cubic	00-150-2689

Temperatures (°C)	2Theta (Degree)	FWHM (Deg)	$d_{hkl}$ Exp (°A)	C.S (nm)	hkl	Phase	System	Card No
650	27.392	0.5015	3.14101	18.0327	(021)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	35.917	0.5674	2.49831	17.4736	(100)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	37.0117	0.4742	2.42689	21.2052	(131)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	38.4898	0.556	2.33703	18.4503	(002)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	40.0523	0.4646	2.24938	22.5780	(101)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	42.1505	0.6465	2.14214	16.7522	(041)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	44.3808	2.2386	2.03953	5.0186	(200)	Al	Cubic	00-150-2689
	52.0552	0.4994	1.7247	26.1475	(102)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	55.2325	0.4572	1.66175	30.7975	(200)	Nb	Cubic	00-151-2524
	57.4975	0.4033	1.60156	37.0519	(2-10)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	62.4251	0.5048	1.4654	34.3614	(220)	Nb	Cubic	00-151-2524
	70.0301	0.971	1.34247	24.2126	(200)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	76.0164	0.667	1.25094	49.8176	(201)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	78.5006	0.5324	1.23065	75.6508	(311)	Al	Cubic	00-150-2689
750	27.8314	0.21	3.20298	43.2368	(021)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	35.4761	0.446	2.46129	22.1072	(100)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	40.1371	0.4568	2.24483	22.9921	(101)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	42.6406	0.4125	2.16718	26.4612	(041)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	44.444	0.4351	2.03677	25.8486	(200)	Al	Cubic	00-150-2689
	52.3823	0.3319	1.74526	39.6342	(102)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	55.6991	0.425	1.67668	33.5252	(200)	Nb	Cubic	00-151-2524
	57.0052	0.4079	1.61421	36.1479	(331)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	62.0392	0.4659	1.47344	36.7572	(2-10)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	65.4012	0.4117	1.44553	46.8530	(220)	Al	Cubic	00-150-2689
	69.3004	0.5686	1.35481	39.9510	(211)	Nb	Cubic	00-151-2524
	78.4081	0.6496	1.25952	52.5971	(311)	Al	Cubic	00-150-2689

Temperatures (°C)	2Theta (Degree)	FWHM (Deg)	$d_{hkl}$ Exp (°A)	C.S (nm)	hkl	Phase	System	Card No
850	27.4865	0.1633	3.24239	55.4264	(021)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	35.9087	0.1994	2.43343	50.3605	(100)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	40.0026	0.4871	2.25206	21.5194	(101)	Ti	Hexagonal	00-001-1292
	42.0611	0.1891	2.14648	57.1923	(041)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	44.8639	0.2035	2.01868	55.6681	(200)	Al	Cubic	00-150-2689
	55.1021	0.2212	1.66537	63.4477	(200)	Nb	Cubic	00-151-2524
	57.4206	0.19	1.60352	78.4822	(331)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	62.4531	0.2198	1.46482	78.9895	(2-10)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	65.7787	0.2371	1.43801	82.5452	(220)	Al	Cubic	00-150-2689
69.7063	0.298	1.34791	77.6871	(211)	Nb	Cubic	00-151-2524	
70.481	0.2241	1.33498	107.2361	(200)	Ti	Hexagonal	00-900-8517	
78.2272	0.2957	1.23433	133.0873	(311)	Al	Cubic	00-150-2689	
950	27.8489	0.2909	3.20101	31.2176	(021)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	35.4127	0.3628	2.46543	27.1556	(100)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	40.9748	0.4719	2.25357	22.5366	(101)	Ti	Hexagonal	00-001-1292
	42.589	0.3567	2.16975	30.5752	(041)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	44.3182	0.3283	2.04226	34.1839	(200)	Al	Cubic	00-150-2689
	52.1304	0.2909	1.7531	44.9642	(102)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	55.6194	0.3458	1.67894	41.1198	(200)	Nb	Cubic	00-151-2524
	57.9319	0.3469	1.61611	43.5959	(331)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	62.9503	0.5084	1.47531	34.7291	(2-10)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	65.318	0.513	1.4472	37.4823	(220)	Al	Cubic	00-150-2689
69.2284	0.9775	1.35605	23.1620	(211)	Nb	Cubic	00-151-2524	

Temperatures (°C)	2Theta (Degree)	FWHM (Deg)	$d_{hkl}$ Exp (°A)	C.S (nm)	hkl	Phase	System	Card No
1050	27.2776	0.5501	3.15345	16.4226	(021)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	38.0391	0.594	2.42516	17.1632	(100)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	42.1121	0.5451	2.144	19.8565	(041)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	44.7861	0.6179	2.022	18.3091	(200)	Al	Cubic	00-150-2689
	52.4077	0.6214	1.71414	21.1815	(102)	Ti	Hexagonal	00-001-1292
	55.0977	0.4733	1.66549	29.6494	(200)	Nb	Cubic	00-151-2524
	57.434	0.3941	1.60317	37.8510	(331)	Al-NbTi <sub>2</sub>	Orthorhombic	00-152-2558
	62.8699	0.3376	1.43621	52.1562	(2-10)	Ti	Hexagonal	00-900-8517
	65.2511	0.2265	1.40958	84.6786	(220)	Al	Cubic	00-150-2689

#### ثانياً: الفحوصات الفيزيائية :

زادت درجة حرارة التلدين وهذا يعني ان تأثير درجة الحرارة قد سبب زيادة في حركة الجزيئات والذرات المكونة للنماذج وهذا بدوره ادى الى حدوث تمدد حراري للحبيبات وتحسنت قوة الروابط بينها [17]، من خلال ملاحظة الشكل (2) والذي يمثل العلاقة بين درجة حرارة التلدين والكثافة الظاهرية، ان الاختلاف في كثافة العناصر المكونة للنماذج ادى الى تكوين طور جديد بعد عملية التلدين (Al Nb Ti<sub>2</sub>) حسب ما تبين في فحص حيود الاشعة السينية والذي ظهر عند جميع درجات الحرارة التي استعملت في الدراسة (650,750,850,950,1050) °C اذ ان تكون هذا الطور ايضا له تأثير على قيم الكثافة الظاهرية للسبيكة [18]، وكما مبين في الجدول (2) حيث تغيرت قيم الكثافة الظاهرية بعد عملية التلدين وعند جميع درجات الحرارة المستعملة .

تم التوصل الى نتائج فحص (الكثافة الظاهرية، الكثافة الحجمية، المسامية وامتصاصية الماء) لعينات السبيكة من خلال الفحوصات الفيزيائية، اذ تم وزن العينات بواسطة الميزان الحساس وهي جافة وتمثل الوزن الجاف (Wd) وبعدها تم استخدام حامل وحبل تعليق وتم وزن العينات وهي معلقة داخل الماء بدون ملامسة القعر والجوانب الاناء الحاوي للماء المقطر وهذا يسمى بالوزن المعلق المشبع (Wi) التي تم حسابها وفق قاعدة ارخميدس التالية [16].

$$A.D = \frac{Wd}{Wd - Wi} \times Pw \dots \dots \dots (1)$$

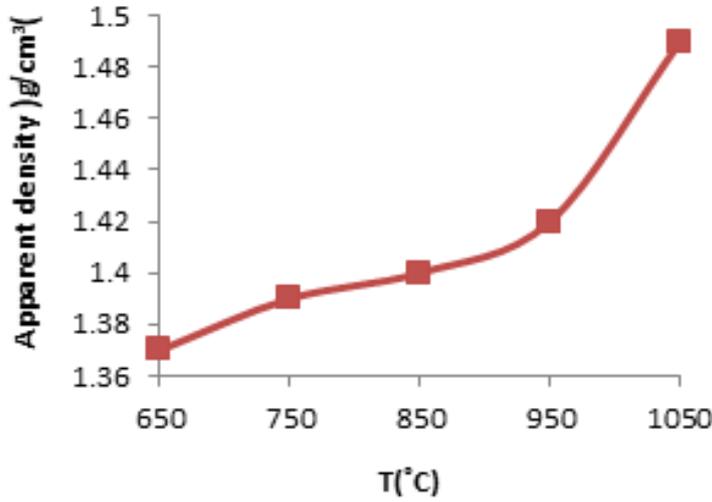
اذ ان :

A.D : الكثافة الظاهرية بوحدات (g/cm<sup>3</sup>).

Pw : كثافة الماء بوحد (g/cm<sup>3</sup>).

1. نتائج الكثافة الظاهرية :

نرى ان نماذج السبيكة تزداد كثافتها كلما



الشكل (2) العلاقة بين درجات حرارة التلدين والكثافة الظاهرية للسبيكة

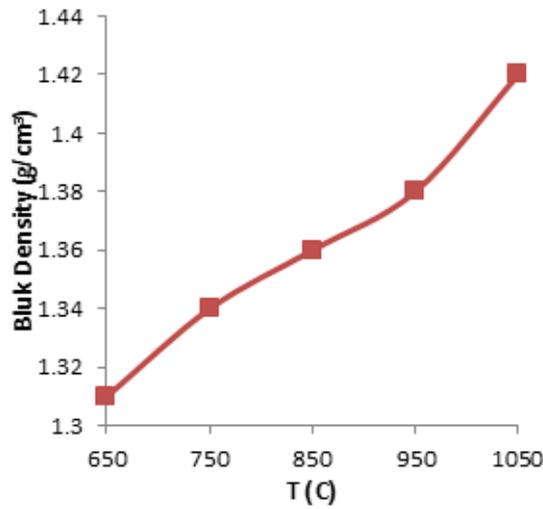
الجدول (2) قيم الكثافة الظاهرية قبل وبعد التلدين

درجة الحرارة °C	الكثافة الظاهرية للسبيكة (g/cm³)
قبل التلدين	1.33
650	1.37
750	1.39
850	1.4
950	1.42
1050	1.49

النموذج ، اذ ان تلك المواد تختلف في مقدار كثافتها بالإضافة الى اختلاف نسب الخلط [19]. ويلاحظ من الجدول (3) يوضح قيم الكثافة الحجمية قبل وبعد التلدين ، والشكل (3) يبين العلاقة بين درجات حرارة التلدين والكثافة الحجمية للسبيكة.

## 2- نتائج الكثافة الحجمية :

تبين من النتائج ازدياد الكثافة الحجمية مع زيادة درجات حرارة التلدين، اذ تعمل الحرارة على تغير في ترتيب الجزيئات أو الذرات ويحدث انضغاط في الشبيكة البلورية عند تغير أو تشكيل طور جديد في المادة الصلبة عند زيادة درجة الحرارة له دور كبير في زيادة الكثافة الحجمية وتغيرها ، وتعتمد الكثافة الحجمية على نوع المواد الداخلة في تكوين



الشكل (3) العلاقة بين درجات حرارة التلدين والكثافة الحجمية للسبيكة

الجدول (3) قيم الكثافة الحجمية قبل وبعد التلدين

درجة الحرارة (°C)	الكثافة الحجمية للسبيكة (g/cm³)
قبل التلدين	1.30
650	1.31
750	1.34
850	1.36
950	1.38
1050	1.42

ازدياد درجة حرارة التلدين ، اذ ان الحرارة احدثت تغييراً في هيكل المادة وفي ترتيب الجزيئات فيها ادى الى اعادة الترتيب البلوري مما قلل حجم المسامات وبالتالي قلت المسامية وقابلية الامتصاص للماء التي جعلت الذرات تأخذ مواقعها بشكل افضل وزادت من ترابط الحبيبات مما ادى الى تقليص المسامات وتغير حجمها، اما قابلية امتصاص الماء فأنها تأثرت بالتأكيد وقلت لأنها تعتمد وبشكل اساسي على المسامية لان عملية الامتصاص تحتاج الى وجود فراغات بينية بين جزيئات المواد حتى يتم امتصاص الماء فيها لذا فالصفتين متلازمتين مع بعضها ، اما

### 3- نتائج المسامية وامتصاصية الماء :

تم غمر العينات وهي معلقة في الماء المقطر لمدة (12 ساعة) وبعدها تم اخراجها وتنشيفها من الماء ووزنها بواسطة الميزان الحساس واستخراج قيمة الامتصاصية بواسطة قاعدة ارخميدس ايضا» حسب المعادلة التالية [20]:

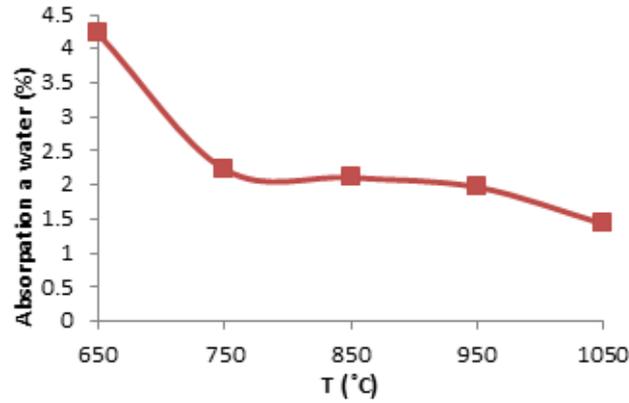
$$(W.A) = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100\% \dots (2)$$

اذان (W.A): امتصاصية الماء (%)

(Ws): الوزن المشبع بالماء بوحدات (g)

نلاحظ تقل قيمة امتصاصية الماء والمسامية عند

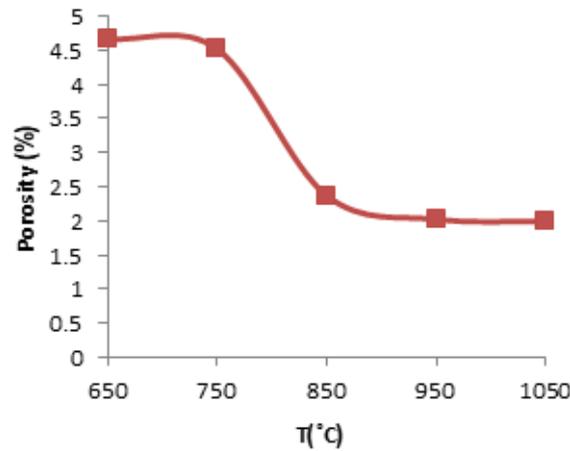
بالنسبة لتكوين الطور الجديد (Al Nb Ti<sub>2</sub>) تكون هذا الطور جراء درجات الحرارة المختلفة الذي جعل المادة اكثر تراصا» وملاء المسامات وهذا يعني تحسن الخصائص الفيزيائية [21، 22]، توضح الاشكال (4) و(5) العلاقة بين درجة حرارة التلدين مع كل من الامتصاصية والمسامية، والجدول (4) و(5) قيم كل من الامتصاصية والمسامية قبل وبعد التلدين .



الشكل (4) العلاقة بين الامتصاصية ودرجات الحرارة

الجدول (4) قيم الامتصاصية قبل وبعد التلدين

درجة الحرارة C°	امتصاصية السبيكة %
قبل التلدين	5.15
650	4.22
750	2.23
850	2.11
950	1.97
1050	1.43



الشكل (5) العلاقة بين المسامية ودرجات الحرارة

## الجدول (5) قيم المسامية قبل وبعد التلدين

درجة الحرارة C°	المسامية للسبيكة %
قبل التلدين	12.12
650	4.67
750	4.52
850	2.37
950	2.02
1050	1.99

## المراجع :

- 1- Gheorghe and Rack, H. J., , Powder Processing of Metal Matrix Composite, Comprehensive Composite Materials, Vol. 3, Elsevier Oxford, )2000( pp.679-698.
- 2- M.B. Bever, "Encyclopedia of Materials Science and Engineering", 1st edition, Vol. 5, 1986.
- 3- Upadhyaya, Gopal S. Powder metallurgy technology. Cambridge Int Science Publishing, 1997.
- 4- Laleh, Majid, et al. "Heat treatment for metal additive manufacturing." Progress in Materials Science 133 (2023): 101051.
- 5- Manish G. Bothara " Sintering Nanocrystallin Silicon Carbide in PlasmaPressure Compaction System " A Dissertation , Oregon State University,2008.
- 6- Upadhyaya, Gopal S. Powder metallurgy technology. Cambridge Int Science Publishing, 1997.
- 7- Harmer E. Davis, George Earl Troxell and George F. W. Hauck "The Testing of

## الاستنتاجات :

من خلال دراسة الخصائص التركيبية في فحص حيود الاشعة السينية وجد ان عملية التلدين قد ادت الى تكون طور جديد يختلف في صفاته عن مكونات النماذج الاساسية (Al Nb Ti<sub>2</sub>) ذو التركيب المعيني القائم، ايضا» اكدت الفحوصات الفيزيائية ان حجم ونسبة المسامات تقل كلما زادت درجة حرارة التلدين لجميع النماذج اي العلاقة العكسية بين كل من الكثافة الظاهرية والحجمية مع المسامية وامتصاصية الماء، اذ تعد تقنية المساحيق طريقة ناجحة لتحضير نماذج ذات صفات وخصائص فيزيائية جيدة وان زمن التلدين لساعتين ساعد على تحسين جميع الخصائص المدروسة وعند جميع درجات الحرارة المختلفة وتعد افضل درجة حرارة تلدين في هذه الدراسة (C°1050) لجميع الخصائص (التركيبية ، الفيزيائية).

- ing.” *Proc Natl Acad Sci.* pg 5783–5787. 2002
- 15 - Davidge, R.W., *Mechanical Behavior of Ceramics*, Cambridge Solid State Science Series, (1979).
- 16 - Harry, O. Buckman, and C. Brady Nyle. “The Nature and Property of Soils—A College Text of Edaphology.” (1960).
- 17 - Woodward, C., and S. Kajihara. “Density of thermal vacancies in  $\gamma$ -Ti–Al–M, M= Si, Cr, Nb, Mo, Ta or W.” *Acta materialia* 47.14 (1999): 3793-3798.
- 18 - Borgman, James M., et al. “The effect of energy density and Nb content on the microstructure and mechanical properties of selective laser melted Ti-(10-30 wt.%) Nb.” *Journal of Materials Engineering and Performance* 30 (2021): 8771-8783.
- 19 - Henriques, V. A. R., et al. “Microstructural evolution during hot pressing of the blended elemental Ti–6% Al–7% Nb alloy.” *Materials Science and Engineering: A* 347.1-2 (2003): 315-324.
- 20 - URONE, Paul Peter; HINRICH, Roger. 11.7 Archimedes’ Principle. *College Physics*, 2016.
- 21- Zhang, L. T. “Beneficial effects of O-phase on the hydrogen absorption of Ti–Al–Nb alloys.” *Intermetallics* 9.12 (2001): 1045-1052.
- 22 - Yılmaz, Eren. “Mechanical properties and electrochemical behavior of porous Ti-Nb biomaterials.” *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 87 (2018): 59-67.
- Engineering Materials”, Mc Graw-Hill, Inc., Fourth Edition, 1982.
- 8- Kim, Young-Won. “Effects of microstructure on the deformation and fracture of  $\gamma$ -TiAl alloys.” *Materials Science and Engineering: A* 192 (1995): 519-533.
- 9- Liang, Yongfeng, et al. “Reaction behavior and pore formation mechanism of TiAl–Nb porous alloys prepared by elemental powder metallurgy.” *Intermetallics* 44 (2014): 1-7.
- 10- Craig, W.; Leonard, A. *Manufacturing Engineering & Technology. Scientific e-Resources.* p. 215. (2019). ISBN: 978-1-83947-242-8 .
- 11- Sivakandhan, C., et al. “Material characterization and unconventional machining on synthesized Niobium metal matrix.” *Materials Research Express* 7.1 (2020): 015018.
- 12 - Kanyane, L. R., S. A. Raji, and M. Tlotleng. “Electrochemical and Tribological Performance of Ti–Al with xNb Addition Synthesized via Laser In situ Alloying.” *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion* 10.1 (2024): 8.
- 13 -Dahmani, Marwa, et al. “Structural and mechanical evaluation of a new Ti-Nb-Mo alloy produced by high-energy ball milling with variable milling time for biomedical applications.” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 129.11 (2023): 4971-4991.
- 14 -Abraham, F. “Simulating materials failure by using up to one billion atoms and the world’s fastest computer: Work-harden-

