تصميم وبناء منضومة ليزر ماسحة لقياس خشونة السطوح

علي مطشر موسى وعلاء كامل فليح*

تاريخ التسليم:0 /2008/0
تاريخ القبول:6/ 2008/3

الخلاصة

تم في هذا البحث تصميم وبناء منظومة ليزرية ماسحة لقياس خشونة السطوح باستخدام تقنيـة تباين البقع الليزرية التي تعتمد على العلاقة الخطية بين تباين
التبقع وخشونةالسطح وأجريت الاختبارات لقياس خشونة السطوح على عينات قياسية مصـنوعة من الحديد الممانع للصدأ.من جلال النتائج التي حصلنا عليها ظهر ان لزاوية السقوط أثير كبيـر على دقة القياس وذلك بسبب ظاهرة الإشباع ويقل هذا التأثير كلما ازدادت زاوية السـقوط.مـع زاوية خشونة 0.12 مايكرون وبدئت قيمة التباين بالتناقص مع زيادة الخشونة وبزيـادة زاويـة السقوط لقيمة 30 درجة حصل الإشباع عند خشونة0.12 مايكرون ولم يحصـل تنـاقص بـل استقرتقيمة التباين عند قيم الخشونة الأكبر. وعندما استخدمت زاوية سقوط 75 درجـة حصـل الإشباع عند خشونة0.4 مايكرون وكانت قيم التباين عند زاية 75^0
أقل من قيم التباين لزوايا السقوط 15^0 و30^0

Aabstract

In this work a laser scanning setup was designed and constructed by using Laser speckle technique, in which a linear relationship between Laser speckle Contrast and surface roughness . During the work standard stainless steel rough Surface was been used. From the results it is found that incident angle HAS a great influence on the measurements and this due to the saturation phenomena. For Incident angle (15°) saturation takes place with(R=0.12 µm) AND for more roughness the contrast decreased .When the incident angel become (30°) the contrast saturated at (R= 0.12 µm) and stay constant for more roughness . At angle (75°) saturation in CONTRAST TAKES place at(R=0.4µm) and the value of contrast less than that of 15° and 30° angles.

1- المقدمة

الفيزياء علما كميا هدفه وصف جميع الظواهر فـي العالم الطبيعي بدلالة عدد قليل من العلاقات الأساسـية التي تربط بين خواص المـادة القابلـة للقيـاس وبـين الطاقة,ويعد الليزر احد أكثر المنتجات التطبيقية للبحـوث الفيزياوية انتشارا واستعمالا في مجالات
لعصرنا الحالي ,ولقد تمخضت عنه تقيـات وتطبيقـات القياس والفحص نتيجة لخواصه المتميزة (2,1),واعتمادا عليه بات التطور المتسارع في هكـذا تقنيـات إحـدى السمات المميزة جديدة ما كنا لنصل إليها سابقا ,ولاسيما تقنيات المسح والقياس والفحص غير الاتصـالي(4,3) , **NON CONTACT) SCANNING,MEASURMENT AND INSPECTION)** والتي مثلت ثورة في عالم القيـاس لما تتمع به من مواصفات رائعة كالدقة العالية والسلوك اللاتلافي المحافظ على معالم ومواصفات العينة محـل الفحص والقياس والقدرة العالية لتبيـان أدق تفاصـيل ومعلمات السطوح (5-7).عنـد قيـاس أي مـن هـذه المعلمات باستعمال الطريقة اللاتلامسية يلاحظ إن هناك تغيرا ما يصاحب الأشعة الكهرومغناطيسية التي تسـقط

على السطح, ومقدار هذا التغير يعتمد كدالة للتحديد, ففي السطوح ا لخشنة تحصل عمليات الاستطارة للأشعة الساقطة وتختلف هذه العمليات تبعا لهيئة خشونة السطح . تعرف الخشونة بأنها كافة الانحرافات (DEVIATION) الرأسية والأفقية وبمديات لعدة أطوال موجية (تكرارية السطح) وعمق غير منتظم والمتراكبة على التموجات السطحية (WAVINESS) }(8) ,ويعرفها البعض بأنها { الانحرافات عن الشكل الهندسي المثالي للسطوح المصنعة } (9). وعلى العموم تعد الخشونة { عدم انتظام اصغر من التموج ومركبا عليه } (10) .إما التموجات السطحية فتعرف بأنها { كافة الانحرافات الراسية والأفقية وبمديات أطوال موجية (تكرارية السطح) وعمق غير منتظم واسع والتي تكون مندمجة ضمن الانحناءات العامة للسطح}(8) .وتوجد هناك أنواع أخرى من الانحرافات في السطح الأملس ا لأمثل تسمى بتصدعات السطح (**SURFACE FLOW**) وتعرف بأنها { عدم أنتظامات متوزعة بصورة عشوائية على السطح وتظهر على شكل خدوش أو تشققات (**CRACKS OR SCRATCHES**) (10). والسطح الخشن هو وجه غير منتظم نتيجة الاختلافات في الارتفاعات عشوائية كانت أم تكرارية والتي تقاس عند مستوى محدد. وعمليا يشار إلى خشونة السطوح بالرمز (R)الذي يمثل مقدار متوسط خشونة السطح

1 -2- تطور طرق قياس الخشونة :

بسبب الأهمية التقنية الكبيرة لدراسة السطوح تم اعتماد طرق وتقنيات متنوعة وعديدة لقياس خشونة السطوح , وأول طريقة اعتمدت لدراسة طبوغرافية السطح هي طريقة تصنيع الجزء وتجربة أدائه , فإذا كانت التجربة ناجحة فتعتمد الظروف التشغيلية نفسها لتصنيع جزء آخر (11,8), وبعدها تم اعتماد طريقة المقارنة البصرية والمعتمدة على مقارنة مظهر السطح مع سطوح قياسية , ثم طريقة امتزاز أو اجتذاب الغاز أو السائل من قبل السطح , إذ يحدد مقدار الأمتزاز خشونة السطح , واعتمدت أيضا طريقة التطابق اللدن للسطوح المعرضة للتعرية في المجالات التي لايمكن استعمال الأجهزة فيها . (12,8) .أما أكثر التقنيات المعتمدة لقياس خشونة السطح رواجا وانتشارا فهي التقنيات التي تعطي مقادير مباشرة لقيم الخشونة كما في الأجهزة التلامسية ذات المجس الماسي(14,13,10), لقد لاقت هذه الطريقة (الطريقة التلامسية) رواجا كبيرا نتيجة لبساطة عمل الجهاز وإمكانية الحصول منه على قيم مباشرة لخشونة السطح وسهولة تتبع وظائف مكوناته (17,16,15,8) ,ورغم كل هذه المزايا فقد رافقت هذه الطريقة عيوب عديدة من أهمها (19,18,13) :-

1. السلوك الاتلافي الذي تبديه لبعض معالم السطح نتيجة لحركة المجس الماسي عليها وعلى الخصوص في المعادن القابلة للتلف والتأثر.
2. عجزها عن تحسس بعض معالم السطح الدقيقة جدا مثل (الشقوق والصدوع الضيقة جدا والموجودة في السطوح الكثيفة جدا والموجودة في السطوح ذات المعالم الكثيفة بسبب كبر نصف قطر حافة الإبرة الماسية مقارنة مع حجم هذه الشقوق والصدوع .

هذه المشاكل وغيرها دفعت الباحثين والمختصين إلى البحث عن تقنية جديدة يمكنها تجاوز هذه المشاكل فكانت التقنية الضوئية –اللاتلامسية (CONTACT LESS-OPTICAL METHOD) .

1-3-التقنية الضوئية اللاتلامسية

تعد التقنية الضوئية احد أنواع الاختبارات اللااتلافية وفي الوقت الذي مثلت العيوب التي رافقت التقنية التلامسية عقبة أمام دراسة وقياس بعض السطوح الهندسية القابلة للتلف والسطوح ذات المعالم الكثيفة , ظهرت التقنية الضوئية متجاوزة كل تلك العيوب , بل إنها أظهرت مزايا جديدة مثل الدقة العالية , السرعة , الكلفة الواطئة والسلوك اللااتلافي والحساسية العالية لأدق معالم السطح وعيوبه وبموثوقية عالية(22-18,13,12). ورغم وحدة مبدأ التقنية الضوئية المعتمد على التداخل الضوئي إلا إنها تميزت بتنوع كبير في أساليب عملها منذ ظهورها ولحد الآن , ثم توجت هذه التقنية باستعمال الليزر بإمكانياته الواسعة(24-21,11) لتفحص معالم السطح وبموثوقية عالية . أعتمد الباحثون في هذا المجال أساليب متعددة تمحورت في معظمها على اعتبار شدة الضوء المستطار كدالة لخشونة السطح وتفرقت في إيجاد العلاقة المناسبة من بين الشدة المستطارة والخشونة

وجميع هذه الأساليب في حقيقتها أساليب رياضية اعتماد ا على ظـواهر فيزياويـة . التـداخل الحاصـل بـين المويجات الثانوية المستطارة من السطح بنـاء كـان أو اتلافيا هو في الحقيقة تعبير مباشر لحالة ذلـك السـطح سواء أكان خشنا أو صقيلا ومع هذا فان السطوح ليست خشنة أو صقيلة تماما , بل يوجد هناك تدرج واسع بين هذه المصطلحين وهذا ما يجعل تصنيف السـطوح إلـى درجات من الخشونة ومن ثم تسمية السـطح صـقيلا أو خشنا ليس بالأمر الهين.في السطوح الخشنة يحصل فرق في *المسار للأشعة المستطارة*(Δr) يكون دالة لكل من ارتفاع عناصر السطح (h) وزاويـة السـقوط ( )ويمكن

حسـاب (Δr) مـن العلاقـة آلاتيـة :-(31,29,19,7,1)

$$\Delta r = 2h\sin\varphi i.....(5-1)$$

ونتيجة لهذا الفرق في المسار سيتولد فرق في الطور ($\Delta\phi$) الذي يحسب من العلاقة :-

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta r.....(6-1)$$

حيث (λ) الطول ألموجي للضوء المستعمل .

وبتعويض العلاقة (1-6) في (1-5) نحصل على العلاقة :-

$$\Delta\phi = 4\pi\frac{h}{\lambda}\sin\varphi.....(7-1)$$

لو لاحظنا تلك المعادلة نجدها تتألف من أربعة متغيرات أساسية هي $(\Delta\phi, h, \lambda, \theta)$ التي تم تعريفها سابقا .

عمليا يمكن جعل أثنين من متغيراتها ثابتين لتجربة معينة وهما (θ, λ) , ويبقـى المتغيـرين $(\Delta\phi, h)$ الحجـر الأساس في

تكوين الشرط الذي نبتغي الحصـول عليـه, حيـث أن احدهما يعبر عن ارتفاعات عناصـر السـطح ((h)) وبالتالي الخشونة

والآخر يعبر عن مقدار التداخل الحاصل بين المويجـات الثانوية المستطارة مـن قبـل عناصـر السـطح ذات الارتفاعات ((h))

وهذان المتغيران تربط بينهما علاقة خطية بحيث يزداد أي منهما بزيادة الآخر أي بتعبير آخر نقول إن زيادة

ارتفاع احد

عناصر السطح يؤدي إلى زيادة فرق المسار بين هذه المويجة المستطارة وبين مويجة ثانوية مستطارة من قبل عنصر آخر

ذي ارتفاع مختلف وهذا يؤدي حتما إلى ازدياد مقدار فرق الطور $(\Delta\phi)$ بين هاتين المويجتين وبالتالي تغيير حالة التداخل

الحاصل .

ولتوضيح هذا الأمر نقول , عندما يكون فـرق الطـور مساويا للصفر يحدث التداخل البناء ونحصل على أعلـى شدة ممكنة وعندها يدعى هكذا سطح (صقيل تمامـا) . وبزيادة فرق الطور من الصفر بأقل مقدار ممكن يصبح التداخل تداخلا بناءا نسبيا وبشكل اضعف وصولا إلـى أقصى فرق في الطور (π) وعندها يحـدث تعارضـا طوريا بين المويجتين وتلغي أحداهما الأخرى .

يتغير فـرق الطـور ضـمن الفتـرة $(o \le \Delta\phi \le \pi)$

وباختيار المقدار $(\frac{\pi}{2})$ من فرق الطـور الـذي يمثـل منتصف الفترة وتعويضه في العلاقـة (1-7) نحصـل على العلاقة الآتية :- (7)

$$h < \frac{\lambda}{8\sin\theta}.....(18-1)$$

تمثل هذه العلاقة الشرط الذي يمكن من خلاله تصـنيف السطوح , والتي يمكن من خلالها الوصول إلى اسـتنتاج مهم جدا وهو { انه لا يوجد سطح صقيل تماما } لأنها حالة مثالية ولتوفيرها يجب أن تتحقق أحدى الحالتين :- (7)

1- أمـا أن يكـون ($\varphi = 0$)

وعند هذه الحالة لاتحدث أي استطارة .

2- أو أن يكون المقدار ($\frac{h}{\lambda} \to o$)

وعند اختيار قيم فرق طور أخرى داخل الفترة أعلاه مثل ($\frac{\pi}{8}, \frac{\pi}{4}, ...$) فأنها تدعى بالحالات ا لاكثر واقعية 7)

من جانب آخر يمكن اعتماد شرط آخر خاص بالسطوح الموصلة كهر بائيا فقط بدلالة معامل الاستطارة(S SCATTERING COEFFICIENT)(حيث يختلف مدى زوايا الاستطارة للأشعة اعتمادا على مقدار خشونة السطح وطبيعة هذه الخشونة تكرارية كانت أم عشوائية , وبغض النظر عن هذه التكرارية أو العشوائية , تميز السطوح الخشنة تميز فيما بينها بدلالة المقدار (S) والذي يمثل { النسبة مابين شدة المجال الكهربائي المستطار (E_s) بالاتجاه الذي ينعكس فيه الضوء فيما لو سقط على سطح صقيل لنفس المادة (E_R) } .

$$s = \frac{I_{ES}}{I_{ER}} .....(19-1)$$

وبذلك يكون شرط الخشونة للسطوح الموصلة كهر بائيا هو :-

$$|S| \le 1$$

2- قياس خشونة السطوح باستعمال الطريقة الضوئية :-

تعتمد جميع أساليب قياس خشونة السطوح بالتقنية الضوئية على مبادئ علوم البصريات وبالتحديد على فكرة التداخل بين موجتين ليزريتين بحيث تظهر موجة جديدة ذات سعة وطور تختلف عن سعة وطور الموجات المكونة لها , وكما ذكر في ما سلف أن التقنية الضوئية تستند على أيجاد علاقات حقيقية ما بين العمليات الثلاثة الرئيسية (التركيز و الاستطارة والتداخل) وحالة السطح قيد الفحص التي تنتج عن تفاعل ضوء الليزر مع هذا السطح .

ورغم وحدة مبدأ التقنية الضوئية المعتمد على التداخل والاستطارة فأنها تختلف فيما بينها في كيفية الاستفادة من مقدار التغير في شدة الأشعة المنعكسة و المستطارة, فكل واحد من هذه الأساليب يعمد إلى استعمال علاقات رياضية معينة تربط ما بين الشدة المستطارة والمنعكسة وخشونة السطح , أكثر الأساليب شيوعا في الاستخدام هي

1. قياس خشونة السطوح بطريقة تباين البقع الليزرية والتي تم اعتمادها في بحثنا هذا.
2. قياس خشونة السطوح اعتمادا على طريقة تكامل الاستطارة الكلية **TOTAL SCATTERING INTEGRATED** (tis) .

2-1 حساب خشونة السطوح بطريقة تباين البقع الليزرية .

قبل الخوض في تفاصيل هذه الطريقة لحساب الخشونة لابد من وقفة قصيرة لتوضيح ظاهرة البقع الليزرية (LASER SPECKLE) التي تعد أحدى ظواهر الضوء الليزري المهمة والمميزة والتي حظيت باهتمام كبير من قبل الباحثين. عند سقوط ضوء أحادي الطول الموجي (عالي التشاكه مثل ضوء الليزر فأنه سوف يستطار من قبل السطح الخشن بصريا ويظهر تركيب حبيبي يدعى ب (نموذج التبقع) (SPECKLES PATTERN) . (13,2)

يعتمد الأساس الفيزيائي لتكون هذه الظاهرة على التداخل بين الموجات المستطارة , حيث تقوم عناصر السطح الخشن المضاء بالليزر بالعمل كمصادر لموجات ثانوية ذات أطوار عشوائية مختلفة تتداخل فيما بينها مكونة مجموعة متناوبة عشوائية من البقع المضيئة والمعتمة نتيجة التداخلات البناءة والاتلافية , وهذه المجموعة العشوائية من البقع المضيئة والمعتمة (النموذج الحبيبي) لا تظهر أية علاقة واضحة مع الخواص المجهرية للسطح المضاء (13) , ولان التفصيلات المجهرية للسطح قيد الفحص غير معلومة فالطريقة الوحيدة لتمييز النموذج العشوائي هذا هي الطريقة الإحصائية (13,3) .

, كما أثبتت إحدى الدراسات الحديثة وجود علاقة شبه خطية بين تباين البقع وخشونة السطح المضاء بالاعتماد

على زاوية السقوط , حيث تبقى هذه العلاقة محافظة على خطيتها حتى مدى خشونة يصل إلى ($0.1\mu m$) عندما تكون زاوية السقوط اقل أو تساوي (30^0) , ولزيادة مدى القياس , أي جعل العلاقة خطية حتى مدى خشونة اكبر من ($0.1\mu m$) فلابد من تغيير زاوية السقوط لتصبح(80°) لغرض التخلص من تأثير الإشباع عندها يصل مدى قياس الخشونة حتى مقدار ($0.4\mu m$) .

تمكن العلاقة شبه الخطية بين تباين البقع وخشونة السطح من حساب خشونة أي سطح يقع ضمن مديات القياس المشار أليها في أعلاه , حيث يصار إلى رسم منحنى بياني بين خشونة عدة سطوح قياسية مع مقدار التباين الناتج , عن طريق قياس الشدة المستطارة عند نقطة مراقبة (0) والتي تمثل سعة الموجة الناتجة من التداخل والتي تتراوح قيمتها بين (صفر) وأكبر قيمة حسب العلاقة (1-15) .

إن الشدة المقاسة عند نقطة المراقبة بوساطة الكاشف تمثل مربع السعة الكلية الناتجة (25) والتي يمكن من خلالها حساب قيمة تباين التبقع حسب العلاقات الإحصائية الآتية :- (37-33,13)

$$C = \frac{\sigma}{\langle I \rangle} .....(20-1)$$

حيث C (تباين التبقع) SPECKLE CONTRAST الانحراف المعياري STANDARD DEVIATION.

$\langle I \rangle$ متوسط الشدة, أي :-

$$\langle I \rangle = \frac{I_1 + I_2 + I_3 ..... I_N}{N} ....(21-1)$$

$$\sigma = \sqrt{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2} .....(22-1)$$

بعد رسم المنحنى البياني السالف الذكر يمكن استنتاج قيمة الخشونة لأي سطح من خلال مسحه SCANNING)بالضوء الليزري وإيجاد مقدار تباين التبقع له (C) له كدالة لمقدار خشونة من خلال إسقاط هذه القيمة على المنحنى البياني وتحديد قيمة الخشونة المقابلة له .

يكون التباين صغيرا عندما تكون البيانات ألمستحصلة ذات قيم متقاربة مع بعضها , وبزيادة مقدار التفاوتات بين القيم يزداد مقدار التباين , وفي موضوعنا هذا يكون مقدار التباين ضئيلا عندما تكون ارتفاعات عناصر السطح (H) متقاربة إذ تؤدي إلى جعل فرق الطور بين المويجات الثانوية قليلا وبالتالي سيادة التداخلات البناءة إذ تكون مقادير الشدة المقاسة عند مسح نقاط العينة كبيرة ومتقاربة وهذا في حالة السطح الصقيل .

أما عند زيادة مقدار التباين (C) فأن هذا يعني إن التفاوتات في ارتفاعات عناصر السطح قد ازدادت وأدت إلى حصول فرق في الطور كبير ينتج عنه سيادة التداخلات الاتلافية وحصول حالة معاكسة للحالة الأولى مما يعني إن السطح خشن, لذا يعد التباين (تباين التبقع) مقياسا مهما لمعرفة تجانس عناصر السطح من عدمها وبما يعطي أفضل صورة عن حالة السطح , إذ يمكن رسم مقطع لجانبية السطح من البيانات الناتجة من عملية مسح العينة .

2-1-بناء المنظومة الليزرية الماسحة

تتكون المنظومة الليزرية الماسحة من ستة أجزاء رئيسة وجزء سابع ساند وهذه الأجزاء تؤدي عملها بشكل موحد ومترابط من خلال تأدية كل جزء للدور الموكل إليه ضمن آلية عمل الجهاز الموحدة , وفيما يأتي شرح عن كل جزء من أجزاء المنظومة الليزرية الماسحة المبينة في الشكل (1)

2-آ مجهزات القدرة .

تعد مجهزات القدرة للمنظومة الليزرية الماسحة الجزء الساند لعمل المنظومة لأنها الجزء الوحيد المنفصل ميكانيكيا عن كتلة الجهاز, وعلى العموم فقد تم استعمال ثلاثة أجزاء كمجهزات قدرة احدها رئيس وهو منظم الجهد والأخرى المحولات الثانوية التي تغذي كل من الكاشف والليزر .

2-ب- منظم الجهد الرئيسي :-

وهو الجزء الرئيس من مجهزات القدرة المستعملة في تشغيل المنظومة الليزرية الماسحة والتي تقوم بتغذية المحولات الثانوية لكل من الليزر والكاشف , ويمكن عن طريق مفتاحه الرئيس تشغيل المنظومة أي (تشغيل الليزر والكاشف معا) .

منظم الجهد المستعمل من طراز (UNILITE SERVO- MOTOR CONTROL

SYSTEM) نـــوع (DACTRON) ذو قدرة تجهيز (svc 1000 w) ياباني الصنع , والمهمـة الأساسية لهذا المنظم هي ضمان تغذية المحولات الثانويـة بفرق جهد ثابت مقداره (220v) أو (110v) طـوال فترة استعمال المنظومة وقياس خشـونة السـطح , ولهـذا المنظم أربعة منافذ للتغذية اثنان يجهزان فرق جهد (110v) وآخران يجهزان (220v) وبما يتيح مرونة اكبـر فـي اختيار المحولات الثانوية .

لقد أثبتت التجارب العمليـة للمنظومـة الليزريـة الماسحة الحاجة الملحة لمنظم الجهد هـذا بسـبب عـدم استقرارية فرق الجهد الرئيس وبما اثر بشكل كبيـر علـى استقرارية الشدة الخارجة (I_0) من جهاز الليزر , وهذا الموضوع سيناقش بشكل أوسع في فقرة المشاكل والمعوقات من هذا الفصل .

-2-ج - الليزر .

LASER استعمل في بناء المنظومة الليزرية الماسحة هذه جهاز ليزر من نوع (LASER DIODE) الذي يستخدم في تصنيعه ما شكل بقعة دائرية مضيئة ,دة (G a as)المشربة بالزنك (40,29,2) وهو ذي نمط (tem_{00}) وفي هذه الحالة

وفائدة هذا النمط أي (tem_{00})هي ضمان استطارة الحزمة الساقطة على السطح من قبل عناصر متجاورة وهذا الأمر بالتأكيد يعطي صورة حقيقية ومتجانسة عن ذلك السطح .

الليزر ذي قدرة خارجة (5MW>) ويعمل على فرق جهد مقداره (4.5v) فقط وذي طول موجي يتراوح بين (635-680Nm) وهي المشكلة في استعمال هـذا الليـزر الذي تم اختياره للعمل في هذه المنظومة للأسباب الاتية :-

1. صغر حجمه المناسب لشكل وحجـم المنظومـة وتصميمها بشكل عام .
2. رخيص الثمن مقارنة مع الأنواع الأخـرى مـن الليزرات .

-2-د- العدسة اللامة (المجمعة) :-

تستند التقنية الضوئية على ثلاث ركائز أساسية الأولى منها كانت عملية تركيز (تبؤ ر) الضوء الليزري لغرض الحصول على بقعة ذات شدة عالية علـى السـطح محـل الاختبار وذات نصف قطر صغير جدا , ولاجـراء هـذه العملية تم استعمال عدسة لامة محدبة الـوجهين ذات بعـد بؤري (FOCAL LENGTH) (15CM) فقط

2-ه المرشح البصري Optical filter

يشتمل ضوء الليزر المسـتعمل فـي المنظومـة الليزرية الماسحة على حزمة من الأطوال الموجية تتـراوح بين (630NM-680NM) , ولغرض الحصـول علـى طول موجي واحد فقط لابد من التخلص من باقي الأطـوال الموجيـة , لـذا اسـتعمل مرشـح ضـوئي تـداخلي (INTERFERENCES FILTER) يسمح بمرور الطول ألموجي (672NM) فقط ويمنع باقي الأطوال الموجية من النفاذ .

وتم اختيار هذا المرشح لهذا الطـول ألمـوجي لسـببين أساسيين :-

1. إن استجابة الكاشف السليكوني المستعمل تكون بأقصى قيمة لها عند الأطوال الموجية القريبة مـن (670NM).
2. من دراسة الانبعاثية الطيفية لصمام الليـزر ظهـر إن الطول الموجي (672NM) ينقل اكبـر كميـة مـن الطاقة المنبعثة من صمام الليزر .

2-و- الكاشـــــــــــــــــــــــــــــــف :- DETECTOR (SENSOR).

ومن بين الأنواع المختلفة للكواشف تم اسـتعمال الترانزسـتور الضـوئي كمتحسـس للأشـعة المنعكسـة والمستطارة من قبل السطح محل الاختبار فـي المنظومـة الليزرية الماسحة , ويعود هذا الاختيار لعدة أسباب منها :-

1- استجابته الطيفية العالية لمدى الأطـوال الموجيـة للضوء المرئي .
2- سرعة استجابة عالية .

2-ز- منظومة تغيير الزوايا :-

هذه المنظومة هي المسؤولة عن تغييـر زوايـا السقوط لأشعة الليزر على السطح محل الاختبار وفي نفـس الوقت تغير زوايا كشف الأشعة المستطارة مـن السـطح (زاوية الكاشف) , وتتكون هـذه المنظومـة مـن محـور اسطواني مزدوج (أي محورين متداخلين ومنفصـلين فـي الحركة) ويتحرك كل محور عن طريق عتلـة جانبيـة . يستند هذا المحور الاسطواني المزدوج على قاعدة

معدنية تمثل القاعدة الرئيسية التي تستند عليها اغلب أجزاء المنظومة الليزرية الماسحة كما هو موضح في الشكل(2).
المحور الاسطواني الأول يستند عليه ذراع معدني طوله (25CM) يحمل معه في طرفه العلوي ذراعا جانبيا يحمل الكاشف ويكون عموديا على الذراع المعدني الذي يحمل أيضا ذراعا آخر تستند عليه العدسة اللامة , ويمكن تغيير زوايا هذا الذراع (أي تغيير زوايا السقوط) بمدى زوايا يتراوح من (-10° - 75°) بوساطة العتلة الجانبية الأولى والتي ترتبط مع المحور الاسطواني الأول وتحركه عن طريق عجلة مسننة تتعشق مع قطعة بلاستيكية مسننة تمثل ثلث دائرة (أي 120°) تكون مثبتة على محيط المحور الاسطواني الأول , وفي أسفل الذراع المعدني وضع مؤشر معدني صغير كي يشير إلى الزاوية التي يجب أن يستقر عندها الذراع المعدني (أي زاوية السقوط).
لقد تم تثبيت مسطرة لقياس الزوايا (منقلة) ذات مدى (180°) على الواجهة الأمامية من القاعدة المعدنية الرئيسية بموازاة أسفل الذراعين المعدنيين الحاملين لكل من الكاشف والليزر .
أما المحور الاسطواني الثاني فيستند عليه ذراع معدني قصير بطول (7CM) يحمل في نهايته العليا الذراع الجانبي الذي يقوم بحمل الكاشف (الترانزستور الضوئي) اذ يثبت هذا الكاشف بذراعه عن طريق غطاء بلاستيكي ليقوم بعملية الربط وكذلك لحماية الكاشف من العوامل الخارجية وضمان عدم حصول أي تماس في توصيلاته الكهربائية . ويقع في أسفل الذراع المعدني القصير مؤشر آخر لكي يشير إلى الزاوية التي يستقر عندها الكاشف .
ويمكن تغير زوايا كشف الأشعة المستطارة (زاوية الكاشف) عن طريق عتلة جانبية ثانية ترتبط بالمحور الاسطواني الثاني بالطريقة نفسها التي ترتبط بها العتلة الأولى بمحورها بمدى زوايا يتراوح بين (-10° 75°) .
إن هذا التصميم لمنظومة تغير الزوايا يوفر إمكانية التحكم بزوايا السقوط والكشف بشكل بسيط ومباشر ويجعل جميع الزوايا التي يتوقع الحصول فيها على الأشعة المستطارة في حيز الكشف من قبل الترانزستور الضوئي بسبب المدى الكبير لتغيير الزوايا , والحركة الدقيقة جدا عند تغيير الزوايا التي تمكننا من الحصول على أدق زاوية يمكن منها قياس المويجة المنعكسة بزاوية السقوط نفسها .

3-النتائج والمناقشة بطريقة تباين البقع الليزرية

تعتمد هذه الطريقة أساسا على إنشاء منحنيات بيانية مرجعية يعتمد فيها مقدار التباين بين قيم تيار الاستطارة كدالة لخشونة السطح وباستعمال عينات قياسية ولحساب خشونة أي سطح باستعمال تلك المنحنيات لابد من حساب مقدار التباين الخاص بة وتحديد مقدار الخشونة المقابلة اعتمادا على العلاقة الخطية بينهما التي مر ذكرها, وفيما يأتي استعراض للنتائج التي حصلنا عليها بهذه الطريقة وحساب زاوية السقوط المستعملة. رسمت مخططات الجانبية اعتمادا على قيم تيار الاستطارة لكل نقطة من نقاط مسح سطح العينة للتعبير عن ارتفاعات عناصر السطح فيما تم إجراء عملية المسح لمسافة تقل عن (5MM) واعتمدت لتمثل المحور (x) من الرسم لكل عينة .
1- عند استعمال زاوية السقوط (15^{0})لوحظ إن مقدار التباين للعينة (μm 0.025) يكون (0.023468) ويتزايد بشكل خطي حتى يصل إلى (0.4998) للعينة (μm 0.12) ثم يبدأ بالتناقص ويصبح (0.31415) عند العينة (μm 0.16) ويستمر بالتناقص حتى (0.2418) للعينة (μm 0.25) حسب مايتضح من الشكل (3) ,وكذلك في الجدول(1) لذا لا يمكن استعمال هذا المنحنى لقياس السطوح التي تزيد خشونتها عن (μm 0.12) .
إن السبب الرئيس لهذا السلوك المتغير لقيم التباين يعود إلى ظاهرة الإشباع التي ظهر تأثيرها واضحا في مخططات جانبية السطح إذ توضح الأشكال (4) (5) مخططات السطوح (μm 0.025), (μm 05 .0)والتي نلاحظ من خلالها التعبير عن شكل وهيئة ذلك السطح من خلال تزايد حالة الاختلاف في ارتفاع وتباعد عناصر السطح, ولكن عند رسم مخططات الجانبية للسطوح (μm 0.16)و(μm 0.25) على التوالي تبين إن شكل وهيئة المخطط تبدأ بالاقتراب من السطوح ذات الخشونة الأقل وهذا بسبب تأثير ظاهرة الإشباع .لم تذكر الدراسات التي تناولت موضوع العلاقة بين خشونة السطح وظاهرة البقع الليزرية الأسباب التي تؤدي إلى حصول ظاهرة الإشباع عند استعمال زوايا

سقوط تقل عن الزاوية (75^0) والكتفي بذكرها كسبب لثبات أو تناقص مقدار التباين بين قيم الشدة المستحصلة من عناصر السطح لدرجات الخشونة التي تزيد عن ($0.12\mu m$) . بمكن أن تفسر ظاهرة الإشباع بالشكل التالي

عند سقوط الحزمة الليزرية على سطح العينة قيد الفحص بزاوية تقل عن (75) فمن الطبيعي إنها سوف ترتد من احد عناصر ذلك السطح أي من قمة أو قعر لذلك نجد أن قيمة الشدة المستطارة تختلف من نقطة إلى أخرى بشكل واضح اعتمادا على مقدار ارتفاع أو انخفاض تلك العناصر, وتتجلى هذه الحالة عندما يكون السطح صقيلا أو تقل قيمة خشونته عن ($0.12\mu m$) , بحيث إن مساحة القمة أو القعر تكون صغيرة جدا ولكن في حالة السطح الأكثر خشونة أي الذي يزيد عن ($0.12\mu m$) فمن الطبيعي أن تكون المساحات التي تشغلها القمم والقعور كبيرة بحيث يمكن أن تستوعب سقوط الحزمة الليزرية في أكثر من نقطة من نقاطها (أي القمة أو القعر) لذلك تكون قيم الشدة المستطارة في مثل هكذا سطوح عند الزوايا الصغيرة ذات قيم متقاربة قياسا بالسطوح ذات الخشونة الأقل القريبة منها .

أما سبب اختفاء هذه الظاهرة عند الزوايا (75^0) فهو إن هذه الحزمة الساقطة سوف تسقط على نقطة واحدة فقط على عنصر السطح (القمة أو القعر) لان هذه الحزمة سوف ترتد من قبل عنصر آخر يأتي أو يسبق ذلك العنصر قبل أن تسقط في نقطة ثانية منه لان تحريك العينة بأقل مسافة ممكنة سوف يجعل الحزمة الليزرية تذهب إلى عنصر آخر بخلاف الحالة الأولى .

2- عند استعمال زاوية لسقوط (30^0) بقي تأثير ظاهرة الإشباع واضحا على هذه الطريقة ولكن بشكل اقل , إذ ظهر أن مقدار التباين يبدأ بالثبات النسبي بدلا من التناقص بعد درجة الخشونة (μm 0.12)كما يظهر في الشكل (6)

لذا يجب القول انه لايمكن اعتماد هذه الزاوية للسطوح ذات درجة خشونة اقل من(μm 0.12) لنفس السبب في الفقرة السابقة

أما بالنسبة لمخططات جانبية السطح فأنها أبدت تحسنا تبعا لحالة الثبات النسبي في مقدار التباين إذ نجد من الأشكال (7)و(8) إنها تمثل حالة الاختلاف في هيئة السطوح (μm 0.025)و (μm 0.12) على التوالي.ويوضح الجدول (2) ثبات مقدار التباين لقيم الخشونة لهذه السطوح.

- تعد زاوية السقوط (75^0) الحجر الأساس في قياسات هذه اطريقة لأنها تعطي مديات قياس عالية تصل حتى ($0.4\mu m$

إذ يتم الخروج من تأثير ظاهرة الإشباع وبالتالي الحصول على مقادير تباين متزايدة بشكل مواز لتزايد خشونة السطوح طبقا للعلاقة شبه الخطية بينهما وبالتالي يمكن الحصول على منحنى متصاعد حتى ($0.4\mu m$) نتمكن من خلاله حساب خشونة أي سطح يقع داخل هذا المدى من القياس باستعمال زاوية السقوط (75^0) .

نجد من الشكل (9) إن مقدار التباين يبدأ من (0.07988) لدرجة الخشونة ($0.025\mu m$) ويستمر بالتزايد حتى يصل إلى (0.4722) عند درجة الخشونة ($0.4\mu m$) وبشكل شبه خطي , وفي الوقت نفسه نلاحظ إن مقادير التباين بشكل عام تكون اقل منها في زوايا السقوط الأخرى , أي بتعبير آخر إن قيم التباين عند الزاوية (75^0) تكون اقل من قيم التباين عند زوايا السقوط (15^0) و(30^0) ويوضح الجدول (3) هذه الحالة .

وظهر تأثير التخاص من ظاهرة الإشباع جليا في مخططات جانبية السطح إذ نجد إن أشكال الجانبية (10)و (11) لقيم الخشونة (μm 0.025),(0.12) على التوالي تكون ذات اختلاف واضح ومستمر في ارتفاعات عناصر السطح وكذلك بالنسبة لتكرارية السطح .

4- الاستنتاجات

1- أظهرت النتائج التي تم عرضها امكانية الاستفادة من تقنية تبان البقع الليزرية لبناء منظومة لقياس خشونة السطوح وبتكلفة قليلة

بالمقارنة مع طريقة المجس التي تستورد من الخارج.

2- لزاوية السقوط تأثيرا كبيرا على طريقة تباين البقع وذلك بسبب ظاهرة الإشباع والتي يتناقص تأثيرها كلما كبرت زاوية السقوط

3- باعتقادنا ان استخدام اطوال موجية اقصر سوف يؤدي إلى تحسن النتائج.

المصادر

1- بوش – جيرد (أساسيات الفيزياء) الدار الدولية للاستثمارات الثقافية – مصر ألطبعه العربية الأولى – 2001.

2- اورازيو – فلتو (مبادئ الليزرات) ترجمة د. صبيحة شريف عبد الله د. منعم مشكور – جامعة الموصل الطبعة الثانية *1988* .

3- Riyadh A.A.Mirza."Lazer Speckles And Application"-The University Of Technology—School Of Applied Science-Master-1995.

4- Butler And G.Gregoriou"Senser And Actuators"-Vol- A31(1992) Pp 68-77.

5- *H*.G.Tizian I "Optical Methods For Precision Measurements ." Optical And Quantum Electronics, -Vol.21 -(1989) P.P.253-282.

6- A.Chabli "Optical Characterizing Of Layers For Silicon Micro Electronics" Micro Electronics Engineering -1998 ;Vol 40 ;Pp-263-274.

7- Peter Beckman And Andre Spizzichino . " The Scattering Of Electromagnetic Wave From Rough Surface "

8- هيفاء ثمين دلالي- (قياس وتقيم معالم خشونة السطوح الهندسية بمعونة الحاسوب)-)الجامعة التكنولوجية- قسم هندسة الإنتاج والمعادن- بغداد -1998.

9- Encyclopedic – Dictionary Of Physics –Vol. 6 – Bergman Press . The Macmillan Company –New York 1962.

10- د.محمد التورنجي و د. ضياء شنشل (قطع المعادن))الجامعة التكنولوجية- قسم الإنتاج والمعادن- اللجنة الجامعية للشؤون العلمية- 1990 .

11- Tribology Group (White House ' D' J) " Surface Link Between Manufacturing And Function " Proc .Instu . Mech . Angers ' 1978 ' Vol _ 192 P. P 179 _ 188

12- د. قحطان خلف الخزرجي و د. عادل محمود حسن (المواد الهندسية واختباراتها)- جامعة بغداد – كلية الهندسة –قسم الهندسة الميكانيكية – 1987.

13- Lisa C. Leonardo" &Vincent Toal "Roughness Measurement . Metallic Surface Based On The Laser Speckle Contrast Method" J-Optics @Laser Engineering -1998 –Vol30 -Pp 433-440

14- هولنك-جون (مدخل في علم التراييولوجيا) – ترجمة-الجامعة التكنولوجية- بغداد 1985.

15- Jean M. Bennet @K.H.Guenther @P.G. Wierer Blazers(Surface Finish Measurements On Low Scatter Laser Mirrors And Roughness Measurement Laser Induced Damaged In Optical Materials)1983.Pp.220-235.

16- Shunmugam . M .S (Compression Of Motif Combination With Mean Line

And Envelop System Used For Surface Profile Analysis)Wear -1987 –Vol. 117 – P.P.335- 345.

17- Reason ' R ' E " Progress In Appraisal 0f Surface Topography During The First Half Century Of Instrument Development", Wear 1979 ,Vol.57 ,Pp.39-49.

18- Constantinos Christover"Photo Modulated Theorem Reflectance Investigation Of Simi Conducting Implanted Wafers " Microelectronics Engineering-1998-Vol-40–Pp 251- 261.

19- R. Brodman @G.Thurn"Roughness Measurement Of Ground ,Turned And Shot-Penned Surface By The Light Scattering Method" Wear ,Vol.109,(1986) Pp.1-13.

20- Jean M. Bennet(Round- Robin Testing Of Low Scatter Optics)Laser Induced Damaged In Optical Materials)1983.Pp.182-206.

21- Steen G . Hanson & Lars R . Lindvold & B . H . Hansen (Robust Optical Systems For Non Destructive Testing Based On Laser Diodes And Diffractive Optical Elements) J. Optics And Laser Engineering -1998 –Vol.-30 –Pp.179-189.

22- Z- Yilbas And M. S. J. Hashmi (9an Optical Method And Neural Network For Surface Roughness Measurements)J. O. & . L . E . M 1998 – Vol . 29 – P.P 1 -15.

23- Wyant Y.C.(Development Of Three-Dimensional Non-Contact Digital Optical Profile)-J.Of Tripology ,1986,Vol,108 –Pp.7-15.

24- Sherrington@Smith(Modern Measurements Technique In Surface Metrology :Part 2. Optical Instrument) – Wear.Vol.125 -1998–Pp.289-308.

25- Shnider E.J.(Resent American And International Development In The Assessment Of Surface Quality And Their Effect On The Surface) Wear-1979 –Vol.57 –Pp.17-32.

Dr.Ahmed M.Wahed (Medical

26-David Halliday@Robert Resnick(Physics)Part 1-2 .Third Edition – John Willy@Sons –New-York 1977.

27-Sanders Murfh (Statistics Afresh Approach) McGraw –Hill International Edition –-1976.

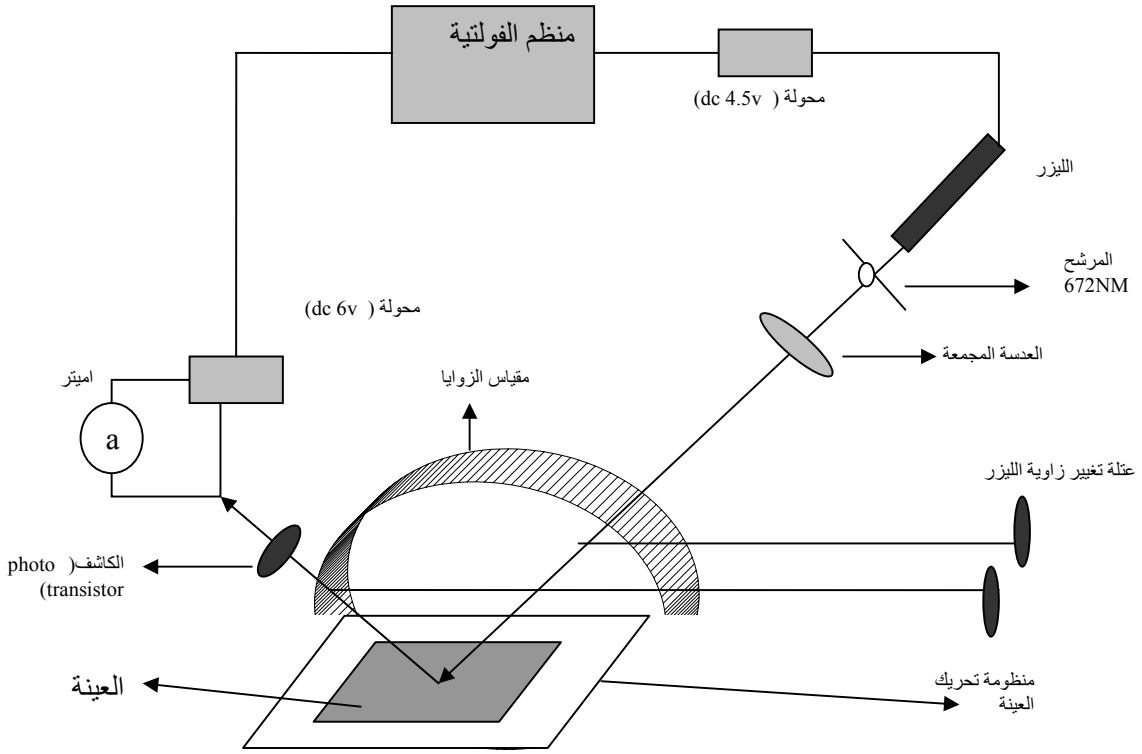
28- د. محسن حسن المشـهداني (أصـول الإحصـاء والطرق الأحصائيه) مطبعة دار السلام –بغداد- الطبعة السادسة -1985.

29- محمد علاء الدين يونس" و " نور الدين حسـن فرحان (مبادئ ا لأسلوب الإحصائي) _ مطبعـة دار السلام _ جامعة بغداد- 1987 .

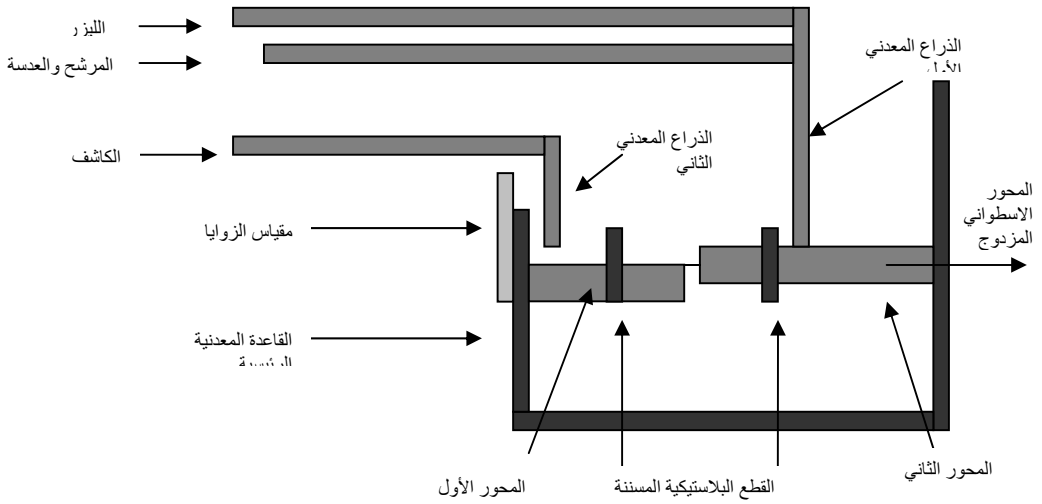
30- د0 نعيم ثاني ألمحمد . و –د. مؤيد احمد يـونس (مبادئ الإحصاء) جامعة بغداد مطبعة جامعة الموصـل 1986

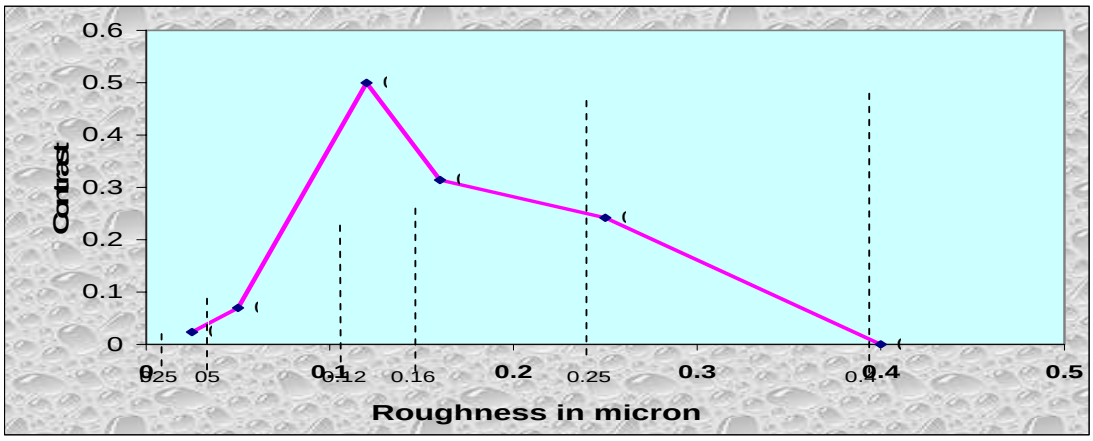
31- يعقوب يوسف صباغة _ (الرياضـيات التطبيقيـة

للمعاهد التكنولوجية) –بغداد_ دار التقني للاطب_1985.

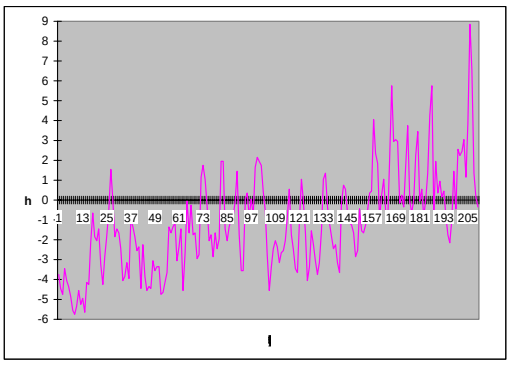


الشكل (1) يبين مكونات المنظومة الليزرية الماسحة

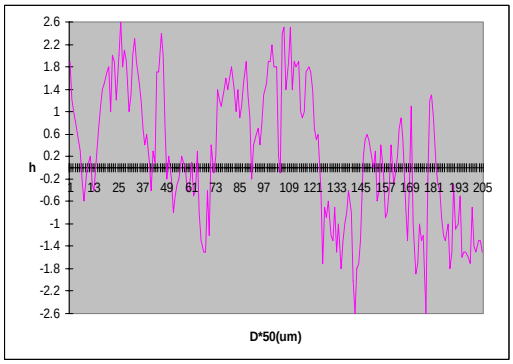




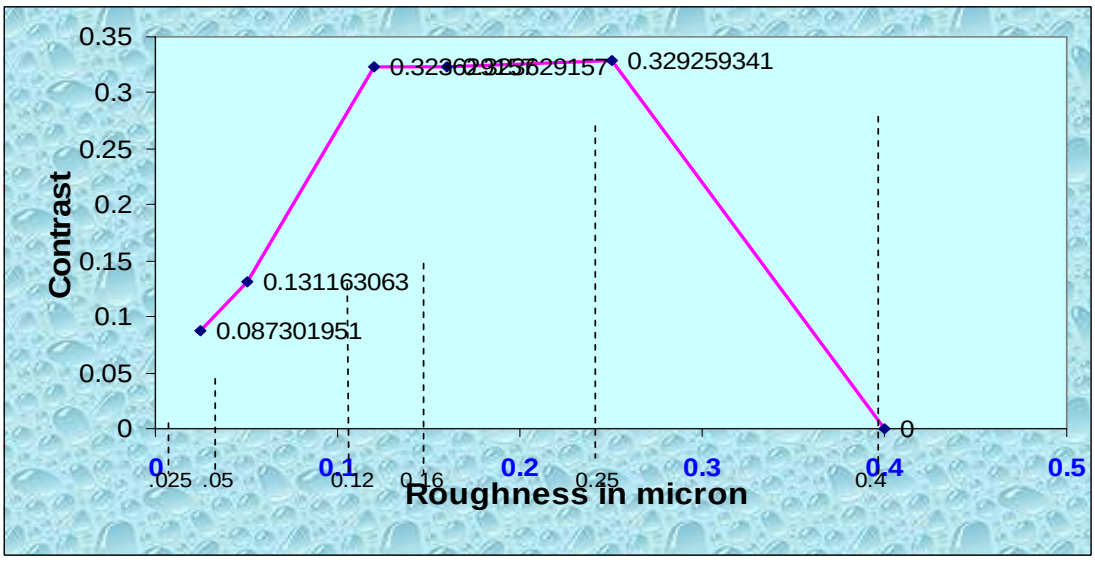
شكل رقم (3) المنحنى المرجعي عند الزاوية (15^0)



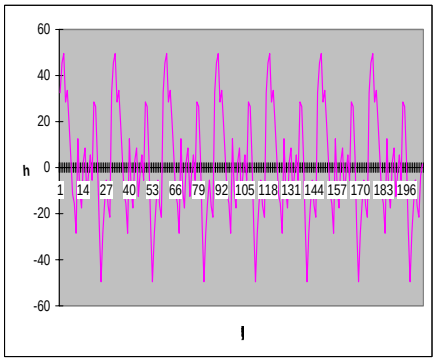
شكل(4):مخطط جانبية السطح ($0.025\ \mu m$) عند الزاوية (15)



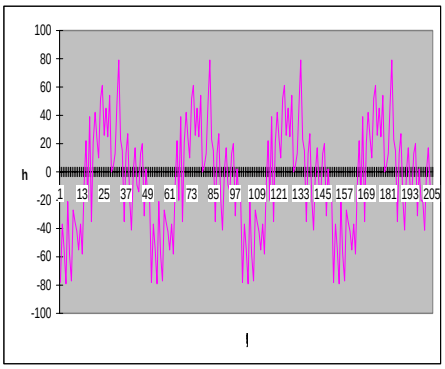
شكل(5):مخطط جانبية السطح ($0.5\ \mu m$) عند االزاوية (15^0)



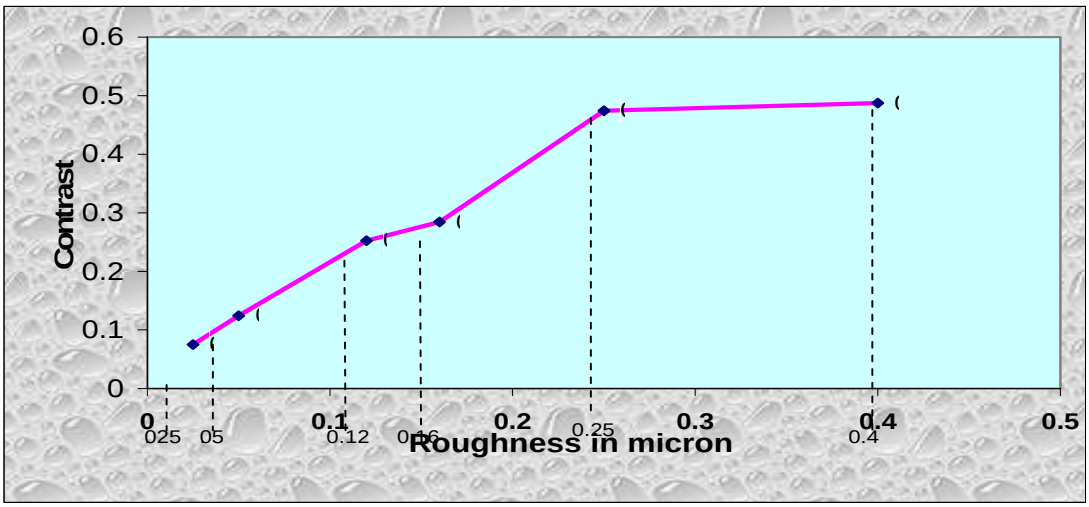
شكل رقم (4-7): المنحنى المرجعي عند الزاوية (30^0)



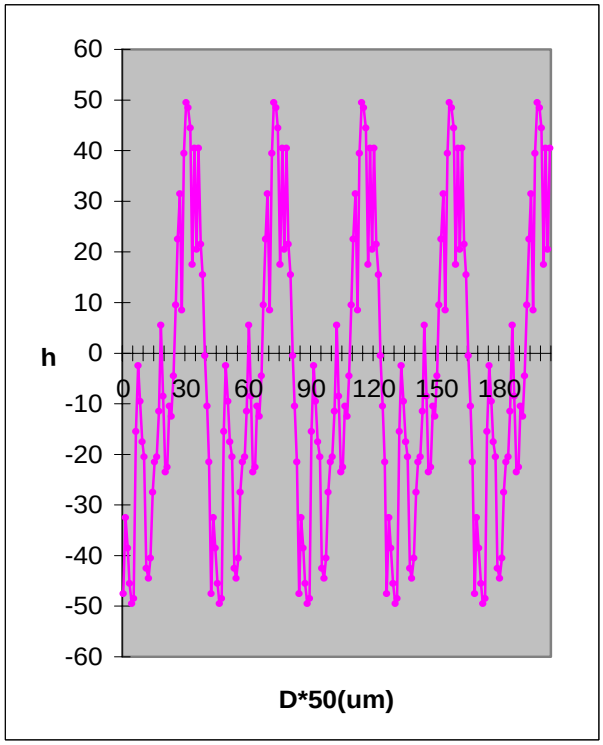
شكل (7): مخطط جانبية السطح (μm 0.025) عند الزاوية (30^0)



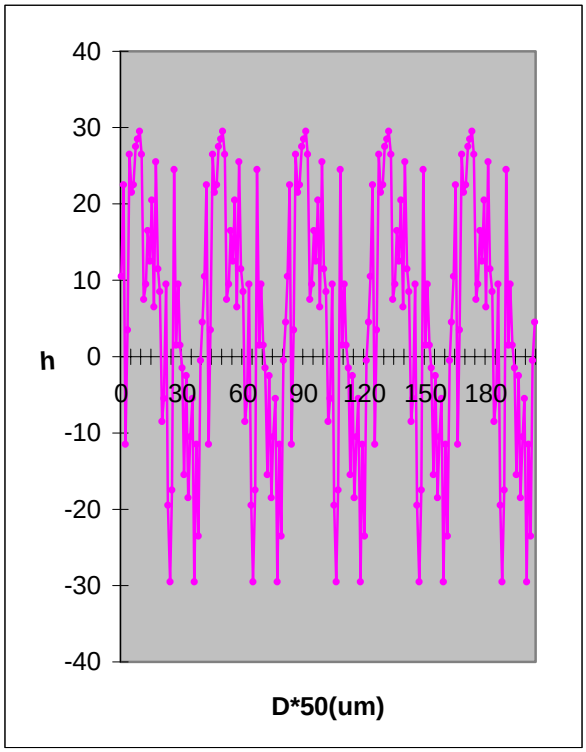
شكل (8): مخطط جانبية السطح (μm 0.12) عند الزاوية (30^0)



شكل رقم (9): المنحنى المرجعي عند الزاوية (75^0)



شكل (10):مخطط جانبية السطح (0.025 μm) عند الزاوية (75^0)



شكل (11):مخطط جانبية السطح (0.1 2 μm) عند الزاوية(75)