

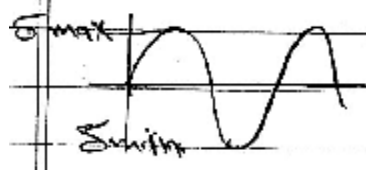
## م/ الثالثة العيوب في المعادن

### العيوب في المعادن :-

① التهرّب (البكا) :- هو تضيء المادة عن جهده واحده ثم اعاده تنيها عن الجهد الاخرى وهكذا سوف يحدث انخفاض في سماك المعدن في منطقة الشفي وزيادة في طولها منه يتم كسر العينة

② الكلال Fatigue :- وهو يحدث تحت احمال متناوبة الخضوع ويسبب الصدور او الاخذ او الاهتزاز بشكل مستمر ودوري

\* وهو عدم تناسب في التركيب البلوري وبسبب الاهدات المتفرقة  
 سبب الكلال مقارونة الخضوع او مقاومته ومن التراب ذات الجزيئات الصغيرة لها مقاومة اقل للكلال



### ③ التاكل :- ④ التاكل الكيمياءوي

ويحدث بسبب تفاعل المعادن مع الغازات المحيطه بالمعدن تفاعل كيمياءوي فتتحول المعادن تدريجياً الى مركبات هشة وهذا حسب نوع المعدن ويكون تاكل جاف مع O<sub>2</sub> وما التاكل الرطبا اي يتحول المعدن الى ايونات بفعل التيار الكهربائي

⑤ التاكل الناتج عن جهد كهربائي فتتكون خلال تيار الكلال Fatigue وذلك عند تعميم اي منتج وتعرضه الى جرس متكرر سوف يحدث شرخ ونسققات التي تكون بدلة التاكل

⑥ التاكل الناتج هذا الاحتمالك وهو بسبب الاهتزازات خلال وجود احمال

٤) **هشاشة المادة:** كل المواد لها حدود مرونة والتي عند تجاوزها يحدث شدة سحيق والى هنا فستكسر المواد لمجابهة للضغط (مثل الزجاج) او تدريجياً أقل (الاسمنت)

٥) **التهدريك والباكتا:** هو نوع من انواع الفشل السطحي بسبب هيكلة السطح وبيدتها بالسوفان ويحدث بسبب الاحتكاك بين سطح المعدن وتحت الجهود الخارجيه.

٦) **الكلال:** يحدث عندما تتعرض اى جزء او تركيب للسورن اجهته فتكسر (اجهادت دوريه) عند التحميل على اذرع التوصيل فاما كنهه (بغير بنا) او ابعده طاشرة ويحدث هذا العيب تحت مقاروة الخضوع للماده.

\* بسبب عدم التجانس في التركيب البلوري وهو ضعف مقاروة المواد تحت تاثير التحميل الدوري الاسباب:

- ١) بسبب الاجهادت الدوريه تسبب انزلاقات جزئيه
- ٢) فقدان المهيبة تدريجياً
- ٣) ظاهريه تخزين السقوقا تحت المجهز يجمع الاجهادت

٦) **انحهار الخبث:** وهيما تجمع الشوائب في مواد الحام واحد

٧) **التهديع والتشقق:** هو نوع من هيريشو ويكر ويأخذ حجم الكروك كالاتفاخات على سطح المعدن ثم يرافقه تشققا اى انفصال الطبقة المتهديه عن المعدن (المعدن) او وجود فتحة وعسامان داخل المعدن.

٨) **التقلص والانكماش:**

## 4) الانفصال والانفصال Segregation والتجانس في

التوزيع الكيميائي للسوائل في السبيكة المترسبة فيتم فصل السوائل أولاً بحسب الأبعاد الجسيمية وعندئذ يحدث الانفصال أو الانفصال الدقيق (Micro-Segregation) وينشأ لأن السوائل تصبح ممتزجة في السائل المتجمد وبالتالي ذلك فمناطق الكروم يلويد تكون غنية بالسوائل نسبة إلى مركز الجسيم.

## 5) المسامية Porosity تتكون نتيجة

الانكماش بسبب الانجماد والتبريد السريع) فيتمصغ الغاز في المصوبه ويطلق عليه (مسامية التقلص) وقد يكون انحصار الغاز بسبب التفاعل الكيميائي في المنصهر ويطلق عليه (مسامية الغاز)

## م / الرابعة الفحص البصري

### الاختبارات بالفحص البصري Visual testing

يعتبر الفحص البصري من اكثر الاختبارات الغير اتلافية شيوعاً لسهولة سرعته عمله ورخص تكاليفه . ويلزم الامر فحص العينات فحصاً بصرياً جيداً حتى لو تقرر اجراء فحوص أخرى عليها ، فمثلاً اذا فحص شخص له خبرة عالية لحاماً فأن بإمكانه الحصول على المعلومات التالية :

- ١ . وجود او عدم وجود شقوق Cracks
- ٢ . اتجاه ومكان الشقوق بالنسبة الى المناطق Zones المختلفة للحام
- ٣ . المسامية السطحية surface porosity
- ٤ . نقرة غير ممتلئة unfilled crater
- ٥ . مقدار تغلغل اللحام ووجود الشوائب الدخيلة الناتجة من قشور الاوكسيد القريبة من السطح

٦ . النخر (الهرش) undercutting

٧ . النقر الحاد sharp notch

تسبق الفحص البصري اضاءة العينة المختبرة جيداً ثم تفحص بواسطة العين المجردة او اجهزة الاضاءة الحساسة light sensitive device مثل الخلايا الضوئية photo cells او انابيب الضوء photo tube ويلزم تنظيف سطح العينة جيداً قبل اختبارها .

يجب توفر عاملين لعملية الفحص البصري

- ١ - يجب ان يضاء السطح بصورة جيدة
- ٢ - يجب ان يكون سطح الجسم الذي يجرى فحصه بصرياً نظيفاً من كافة الاوساخ والشمع وغيرها من المواد التي قد تؤثر على عملية الفحص

### ملاحظة

تستخدم هذه الطريقة لمعرفة العيوب على السطح وليس العيوب الداخلية

## مصطلحات تخص الفحص البصري

الفحص بالعين المجردة يعتمد على موقع الصورة في شبكية العين . ان زاوية الرؤية (q) **Visual angle** تعبر عن حجم الجسم المنظور . من اجل فحص الجسم بصورة دقيقة لابد ان يقرب النموذج الى العين لمسافة اقل من 10 انج او 25سم تقريباً فأن زاوية الرؤية تكون محدودة بقوة تكيف العين **power of accommodation** بالنسبة الى المسافة اما اذا وضعت عدسة مجمعة **converging lens** اما العين فسوف تزداد زاوية الرؤيا وسوف ترى العين صورة مكبرة للجسم . ان شدة اضاءة الصورة او سطوعها على الشبكية اهم بكثير من شدة اضاءة او سطوع الجسم نفسه .شدة اضاءة الصورة على الشبكية يعتمد على مساحة (البؤبؤ ) **فقطر البؤبؤ** يكون 1 ملم الى 6 ملم .

تتغير حساسية العين البشرية حسب الطول الموجي الساقط للضوء وتحت الظروف الاعتيادية تكون حساسية العين اكثر ما يمكن بالنسبة للضوء الاصفر والذي طوله الموجي  $5560 \text{ \AA}$  .

### مساعدات الرؤية Optical Aids to Vision

يمكن مساعدة الرؤية بواسطة المرايا والعدسات والميكروسكوبات والتلسكوبات والبيوريسكوبات **periscopes** بتكبير العيوب الصغيرة حتى تراها العين البشرية اكثر وضوحاً ويستخدم البوروسكوبات **Borescopes** في توضيح الرؤية داخل الانابيب المجوفة والاماكن والاسطح الداخلية .

\*\* التكبير بواسطة ميكروسكوب حسب القانون

$$\text{التكبير (Magnification)} = 25\text{cm} / f$$

حيث تمثل ( f ) **البعد البؤري focal length** للعدسة ،اما المقدار (25 cm) يمثل متوسط اصغر مسافة للجسم والعين المجردة العادية فأذا كان الطول للبعد البؤري للعدسة هو 12.5 cm فان قوة التكبير ستكون (2X) .

\*\* اما **مجال الرؤيا (Field of view)** فهي تلك التي تظهر بالمكبر والتي تقل قطرها بالمكبر البسيط عن البعد البؤري فاذا اريد فحص مساحة كبيرة فمن المفضل فحصها اولاً بمكبر ذات قوة تكبير قليلة ثم يعاد الفحص بمكبر ذات قوة تكبير عالية .

## المجاهر الضوئية

### ١. مجهر الميتالوجي Metallurgical Microscope

يستخدم هذا النوع من المجاهر لفحص البنية الدقيقة للمواد الغير منفذة للضوء باستخدام المجاهر العاكسة او المنفذة جزئيا للضوء باستخدام المجاهر المنفذة . وهو مجهر مركب لفحص البنية التركيبية والعيوب البلورية والعيوب المعدنية الاخرى . تتكون تلك المجاهر من مصدر ضوئي يوضع بين العدسة العينية والشبيئية وينعكس على العدسة العينية بواسطة مرآة منفذة اما العدسة الشبيئية فتعمل كمكثف للضوء . ينعكس الضوء بدرجات شديدة مختلفة الى العدسة الشبيئية مكونا صورة ابتدائية ، ثم تكبر تلك الصورة بواسطة العدسة العينية كما هو واضح في صور المجاهر الاحقة . وبالامكان تصوير البنية التركيبية او العيوب للنموذج من خلال كاميرا ترتبط بالمجهر او تظهر صورة للنموذج من على شاشة الحاسوب .

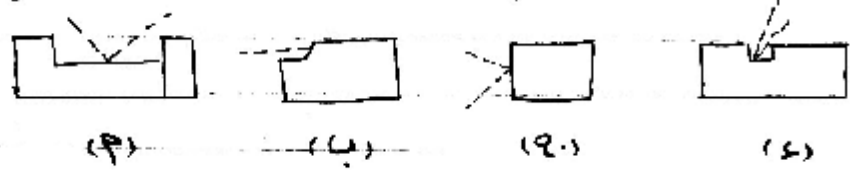
### ٢. البيريسكوب periscope

فهو جهاز يكون فيه الاتجاه العام للاشعة ليس على خط مستقيم واحد ولكنه ينحرف مرة او اكثر لغرض رؤية العيب الموجود في النموذج وفي هذا النوع من المجاهر يتم استخدام مجموعة من المرايا والبصريات لغرض نقل الرؤية الى مسافة بعيدة وبحجم كبير على الشاشة وبذلك يتمكن من تحديد العيب بشكل واضح

التنوع الثالث العيون سكوب Poroscope

وهو جهاز لفحص الانابيب او الدفء الداخليه مستركب من مجموعته من العدسات المركبة بدقة ولها منشورات (prisms) ذات تركيب متقدمة بالدخالة الى العدسات العادية وافرنج للعدسة لتقليل التزيغ الضوئي ولينتقل الضوء الى الملاحظ بأقصى كفاءة ويوضع المصدر الضوئي قبل العدسة الشيئية وبالذات تصميم هذا الجهاز ليغطي اى زاوية مرتوية للسطح وكما هو موضح بالشكل الذي يمثل أربع زوايا للسطح .

- ④ الزاوية العمودية - وهي لتوفير السطوح عمودياً على عمق الجهاز وتفيد في فحص الأماكن والدسفي الداخلية .
- ⑤ الزاوية المائلة - وهي لتوفير السطوح المباشرة الفالاحام .
- ⑥ الزاوية المباشرة - وتفيد نفس الفحص السابق
- ⑦ زاوية الاستقامة - وهي تتيح السطوح والفتحة لها تلت داخلية



ان النظام الضوئي للمجهر يتألف من عدستين احداهما شيئية والاذون عينية ولذا تسمى التفاصيل الدقيقة للبنية المراد فحصها والعدسات الشيئية المتوفرة تتراوح تكبيرها من ٤-٩٥ فبعضها احدثت الى التكبير فقدره التفرقة قدرة التقليل (Resolving power) صحت ايضا وهي قابلية العدسة بان اظهار خطين منفصلين موضوع وهما موضوع قريبان جداً من بعضهما اما الفحص من العدسة العينية فهو التكبير للصورة المتكونة من الشيئية وقدرة العدسات العينية تتراوح بين (٥ أضعاف - ١٠ أضعاف - ١٥ فبعضها) بالتكبير التقريبي للمجهر يعطى بالقانون التالي .

التكبير التقريبي للمجهر =  $\frac{\text{قدرة تكبير العدسة العينية} \times \text{طول انبوب المجهر (مم)}}{\text{العد البؤري للعدسة الشيئية (مم)}}$

والحد الأدنى الفاعلة بين العدستين (الشيئية والعينية) يلقب عليه طول انبوب المجهر وهو مذكور بالصورة

$$d = \frac{0.5 \lambda}{(N.A)}$$

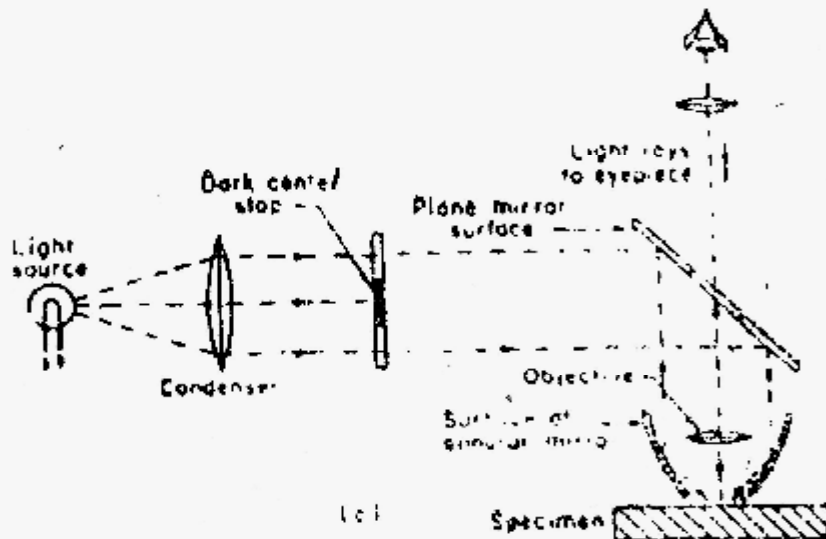
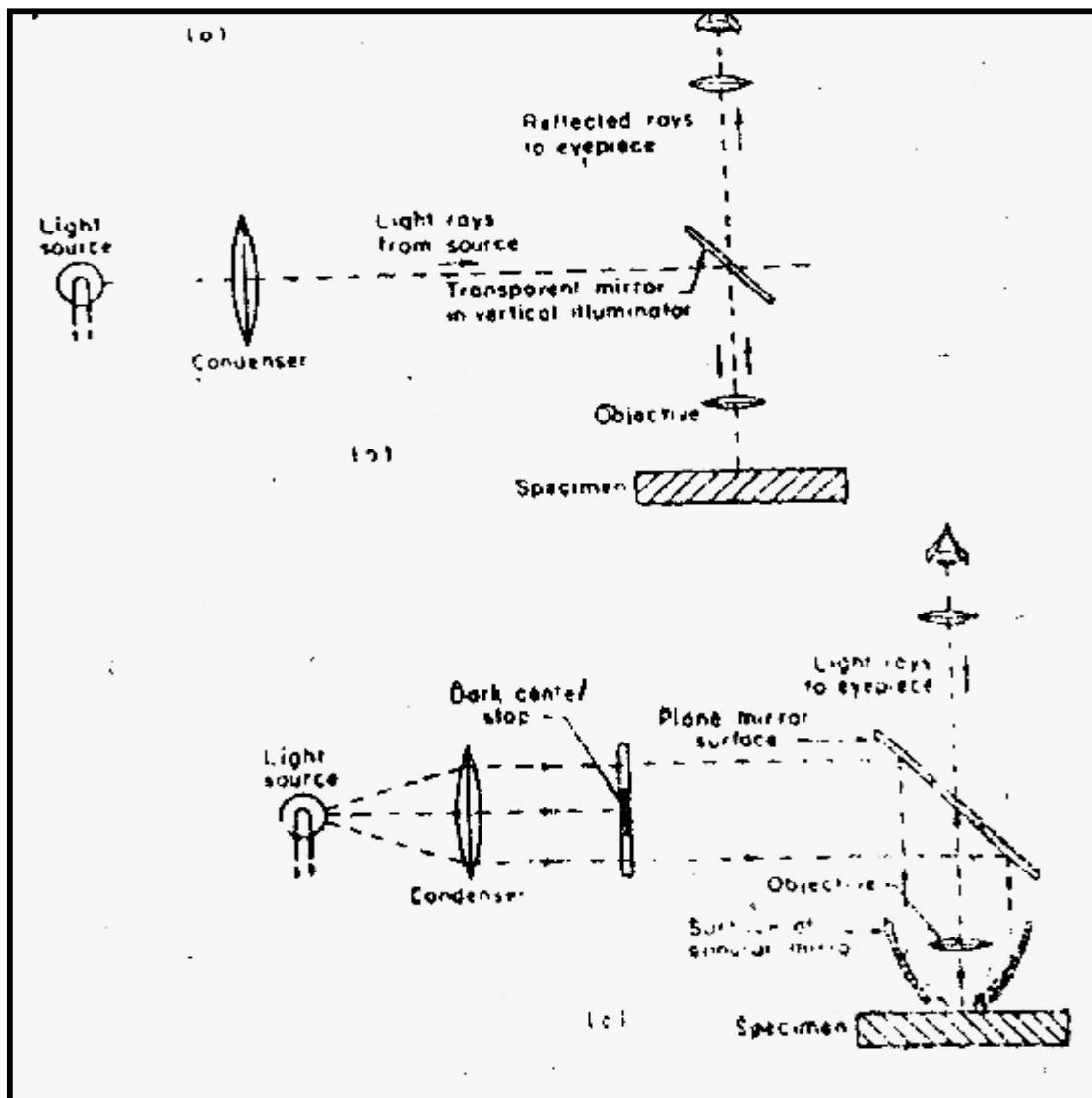
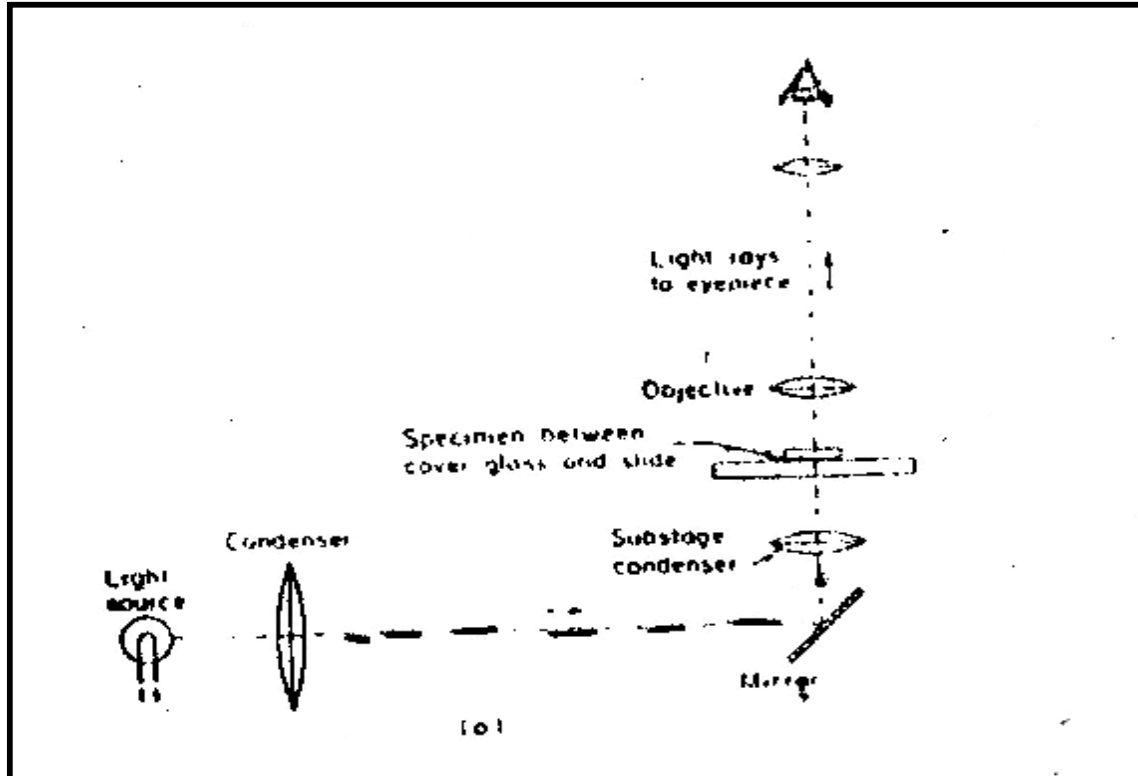
الفتحة العددية للعدسة الشيئية

N.A - ١. قدرة جمع الضوء للعدسة الشيئية

$$N.A = \mu \sin \alpha$$

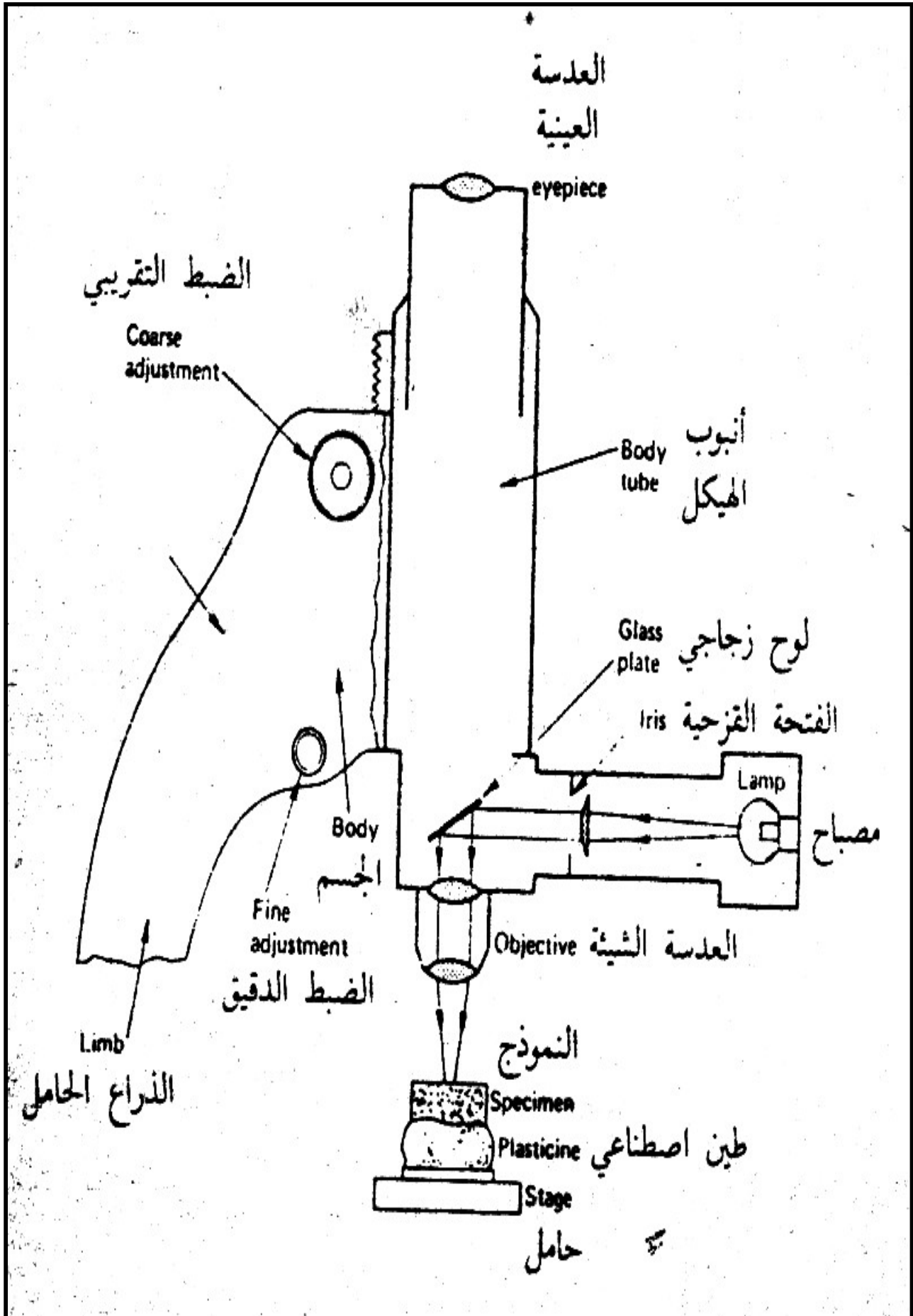
μ معامل الانكسار لمادة المسطحين الضوئيين والعدسة الشيئية  
 α نصف زاوية الحزمة المتكونة للصورة

# المجاهر الضوئية



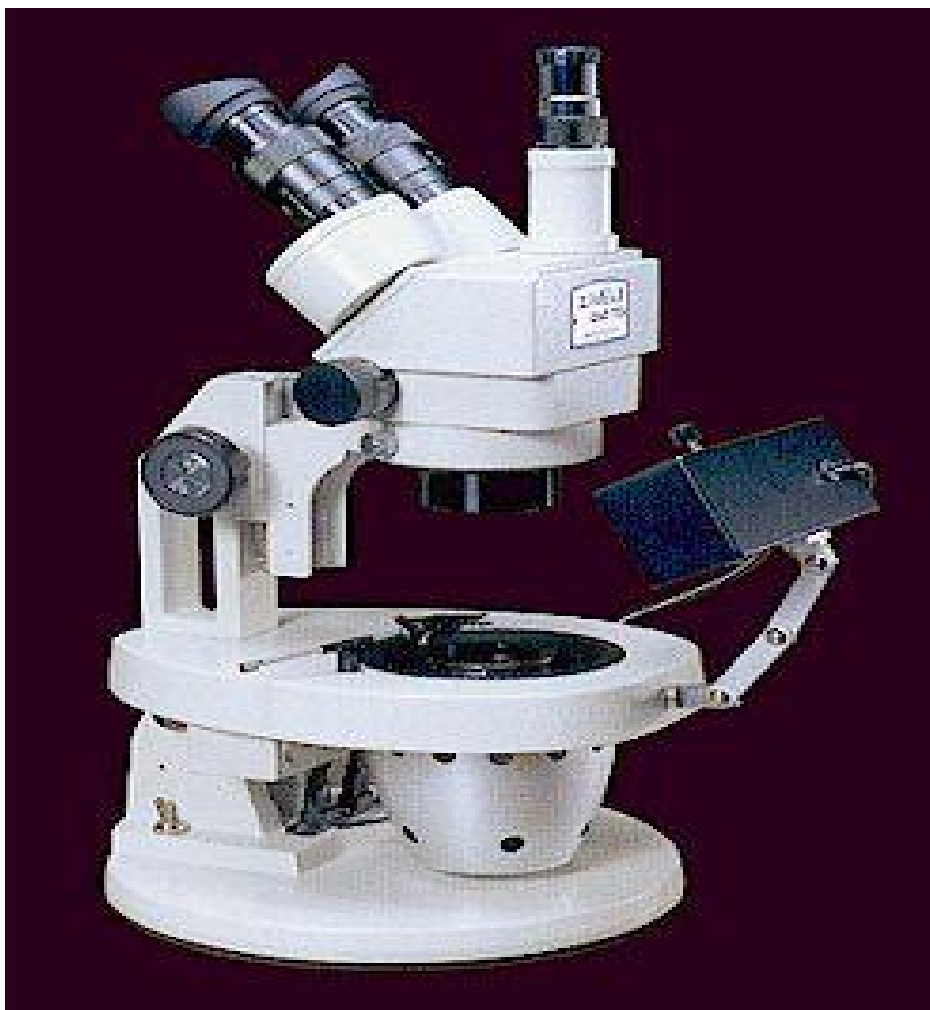
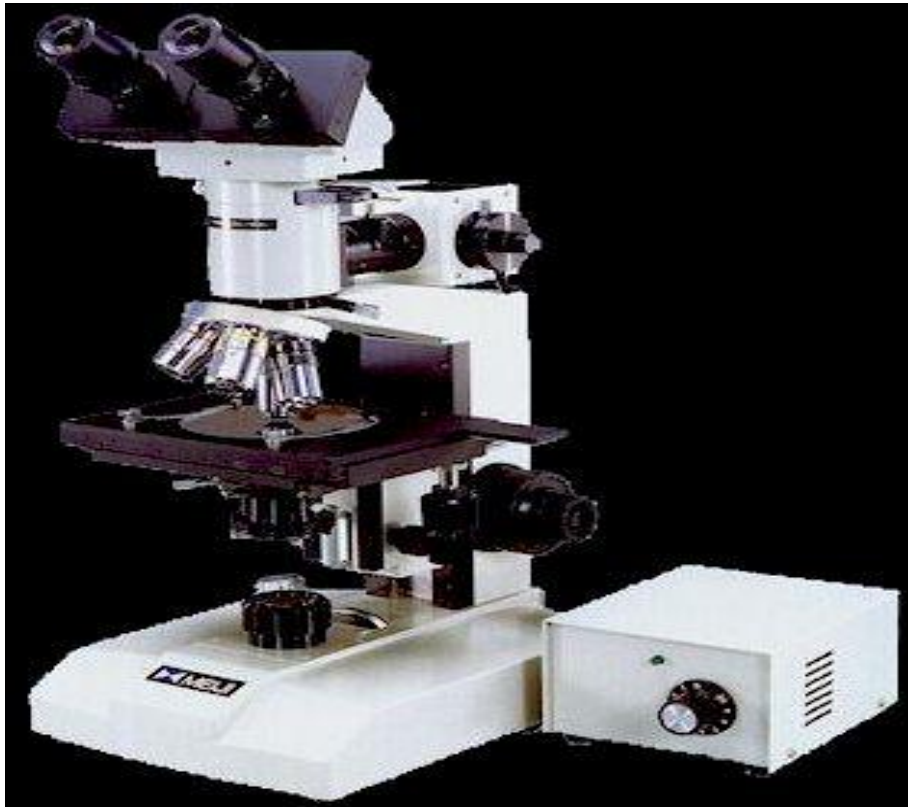


المجاهر المتالوجي Metallurgical Microscope



شكل يوضح مجهر الميتالورجيا ذو العينتين

Metallurgical Microscope المجاهر المتالوجي



# البوروسكوب



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
م/الخامسة والسادسة

## قياس خشونة السطوح The Roughness Testing

### 4-1 المقدمة

استخدم اشعة الليزر بشكل واسع في مجالات القياس والفحص بسبب خواصه الخاصة المتميزة قاد الفحوصات اللاتلافية الى دقة عالية والمحافظة على مواصفات النموذج عند اجراء القياسات. **High accuracy and non destructive** المعلمات او السمات التي يمكن اعتمادها لترصيف السطوح هي :

- معلمات ميكانيكية مثل خشونة السطح surface Roughness
- معلمات بصرية مثل الانعكاسية Reflectivity التي تلازم السطوح الصقيلة في سطوح المرآيا. وهناك معلمات كهربائية .

تحصل عمليات الاستطارة للاشعة الساقطة تبعاً لهيئة خشونة السطح **profile of Rough Surface** ، اما الانعكاس فهي صفة ملازمة للسطوح الصقيلة وهو حالة من حالات الاستطارة.

### 4-2 الخشونة (خشونة السطح) The Roughness

تعرف الخشونة بأنها عدم انتظام او الانحراف عن الشكل الهندسي المثالي لسطوح المصنعة ، ويعرف الخشونة بأنها الانحرافات الرأسية والافقية وعمق لأنظمة والتي تكون مندمجة ضمن الانحناءات العامة للسطح. وهناك انواع اخرى من الانحرافات في السطح الاملس الامثل **perfect smooth surface** تسمى تصدعات السطح **surface flow** وتظهر على شكل خدوش او تشققات **crack or scratches** .

ترجع الخشونة الى جملة اسباب اهمها:-

- زيادة سرعة القطع.
- تبديل عدة القطع.
- ظهور اصطكاك chatter او اهتزازات في آلة القطع.
- عدم ضبط حركات آلة القطع.
- وجود عيب defects في بنية structure المعدن.
- سوء عمليات التجليغ والتنعيم.

تحدد درجة الخشونة وحسب العمليات المستخدمة وكما موضح في الجدول (1)

ت	عملية القطع	قيمة الخشونة Ra ( $\mu\text{m}$ )	درجة الخشونة
١	التجليغ	من 2.5-0.05	من N <sub>8</sub> - N <sub>2</sub>
٢	الخراطة بالماس	من 1.0-0.1	N <sub>6</sub> - N <sub>3</sub>
٣	الخراطة والتفريز	اكبر من 1	اكبر من N <sub>6</sub>

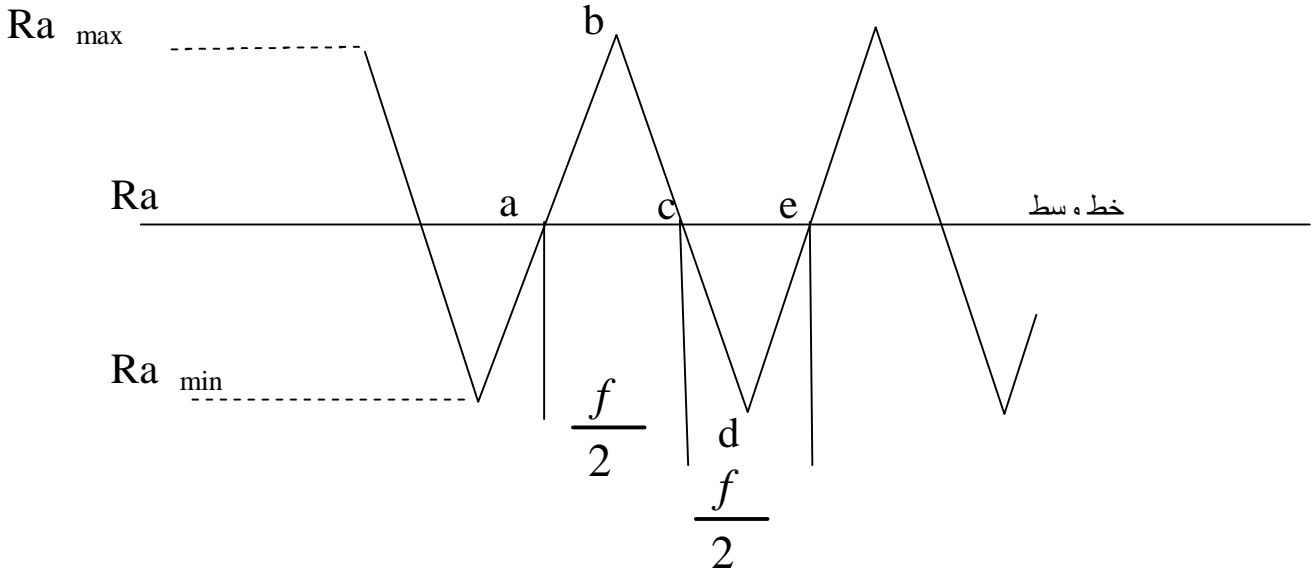
### 4-3 طرق قياس الخشونة Methods of measurment of surface Roughness

#### \* المجس الماسي

اكثر التقنيات المعتمدة لقياس خشونة السطح هي تقنية ذات المجس الماسي **contact styles method**، وهو ابرة ماسية ذات نهاية مدببة يتم الحصول على المعلومات الدقيقة بمسح ارتفاعاته من نقطة لآخرى بسرعة ثابتة وعلى طول خط مستقيم يمثل السطح. ويتم الحصول على قراءة مباشرة المتوسط الحسابي لخشونة السطح ولكن ترافق هذه الطريقة رغم اهميتها الى العيوب التالية:

1. السلوك الاتلافي لبعض معالم السطح بسبب ركة المجس الماسي عليها وخاصة في النماذج المعدنية القابلة للتأثر والتلف.

2. عجزها عن تحسس المعالم الدقيقة مثل الشقوق والصودع  
 crakes and crevices الضيقة جداً والموجودة في السطوح ذات المعلم  
 الكثيفة.



شكل (١) مقطع من خشونة السطح

#### 4-4 التقنية الضوئية – الالتماسية Non-contact-optical technique

تعتبر التقنية الضوئية احدى انواع الاختبارات اللا اتلافية  
**non-destructive tests** ، وتجاوزت هذه الطريقة العيوب التي ترافق التقنية  
 التلامسية وأظهرت مزايا جديدة من الدقة العالية والسرعة والكلفة الواطئة والسلوك  
 اللاتلاقي وتعتمد هذه التقنية على التداخل الضوئي **Light interference** وتميزت  
 بتنوع كبير في اساليب عملها ومن انواعها :

- A. المجاهر الالكترونية المنفذة ( T.E.M ) (Transmission Electron Microscope)
- B. المجاهر الالكترونية العاكسة (R.E.M) (Reflected Electron Microscope)
- C. المجاهر الالكترونية الماسية (S.E.M) (Scanning Electron Microscope)
- D. المجاهر الضوئية

يحسب مقدار متوسط خشونة السطح **value of Roughness (Ra)** من خلال رسم وسط موازي للسطح الخشن ويقع في مستوي السطح بحيث يكون مجموع المساحات فوقه مساوية لمجموع المساحات التي في اسفله وحسب العلاقة التالية:-

$$Ra = \frac{Area (cde) + Area (abc)}{f} \dots\dots\dots (1)$$

Ra متوسط خشونة السطح

f الطول الموجي للسطح (تكرارية السطح)

وبما ان المساحتين (abc)، (dce) متساويين على

$$Ra = \frac{2}{f} \times area(abc) \dots\dots\dots(2)$$

توجد التقنية البصرية باستخدام الليزر ذات الامكانيات الواسعة لفحص السطح اعتماداً على ركائز اساسية :

(a) تركيز لضوء (التبؤر) The Light focusing

(b) الاستطارة The Light scattering

(c) التداخل The Light Interference

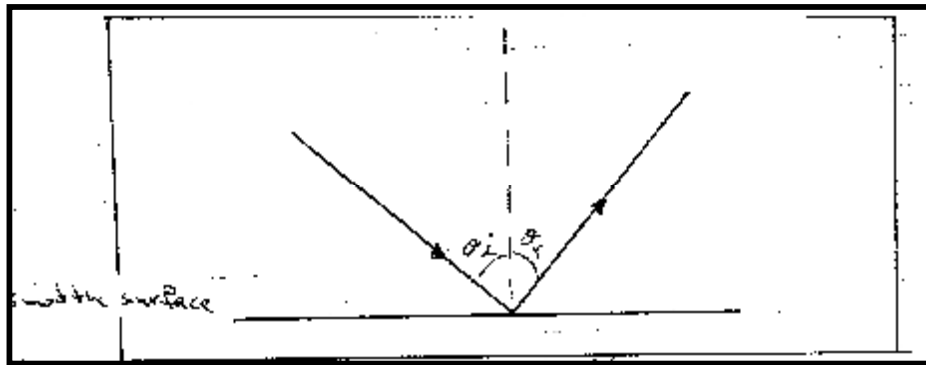
## 4-5 تركيز الضوء (التبؤر) The Light focusing

تعتبر هذه العملية في التقنية الضوئية باستخدام الليزر هي للحصول على بقعة ضوئية على السطح قيد الفحص ،بحيث لايتجاوز قطرها (0.5mm) كي نحصل على ادق تفاصيل السطح خلال استطارة الموجة الساقطة من السطح . كلما كانت البقعة الضوئية (المتبؤرة) ذات نصف قطر أصغر ازدادت دقة وحساسية عملية القياس لان هذا سيعني الموجة الضوئية تسقط على اقل عدد من عناصر السطح (تفاصيل السطح) وتنعكس الموجة دون تأثير العناصر المجاورة على الموجة

(المستطارة) وهذا بحد ذاته يمثل الخطوة الاولى في التغلب على مشاكل التقنية التلامسية ذات المجس الماسي .  
ويمكن استعمال عدسة لامة (collimating lens) ذات بؤري مناسب .

## 4-6 الاستطارة Scattering

عند سقوط موجة كهرومغناطيسية على سطح مستوي بين وسطين بأنها ترتد طبقاً للقوانين المعروفة وهي الاعتماد على الطول الموجي للضوء المستخدم وزاوية السقوط والخواص الكهربائية ( النفاذية ، السماحية ، والتوصيلية ) للوسطين المتجاورين (**Permittivity , Permeability and conductivity**) ويمكن تعريف الاستطارة بانها ( الظاهرة التي تصف ارتداد الضوء الى جانب القادم منه ولكن بزواوية واتجاهات مختلفة منها اتجاهات تكون فيها الشدة المستطارة اكبر من غيرها )، وهي بهذا المعنى تدعم ظاهرة الانعكاس التي تعرف بأنها ( ارتداد الضوء بزواوية واحدة فقط مساوية لزاوية السقوط (**Incident angle**) والانعكاس ظاهرة تصاحب السطوح المرآوية الصقالة وفيها تحا فظ الموحة المنعكسة على نفس تردد وطول الموجة الساقطة وبزاوية مساوية لزاوية السقوط ويدعى هذا الانعكاس المبين في الشكل (2) بـ (الانعكاس المرآوي) .



شكل (2) الانعكاس المرآوي



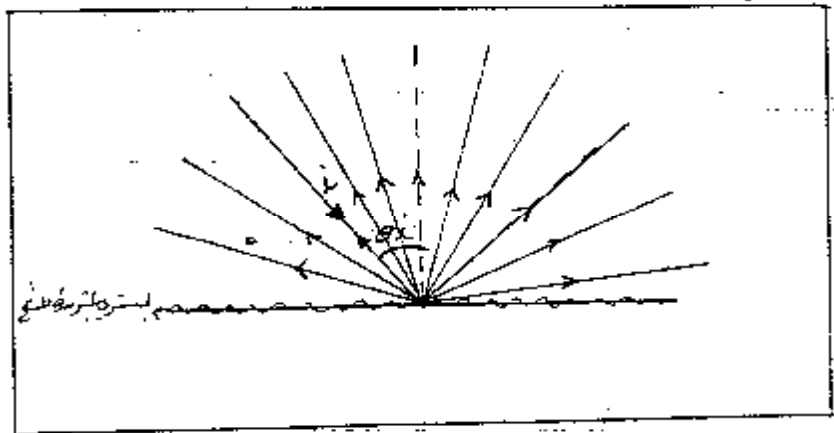
ان هذه الموجة الكهرومغناطيسية تتكون في حقيقتها وكما هو معروف من مجالين متعامدين كهربائي ومغناطيسي يحتويان على طاقة ، لان القوة المسلطة على شحنة (q) تتحرك بسرعة مقدارها  $U$  في اتجاه متعامد مع المجال المغناطيسي  $B_T$

$$F = q u B_T \dots\dots\dots(3)$$

ستولد مجالاً كهربائياً يساوي  $F/q$  أي يمكن القول ان مقدار المجال الكهربائي المتولد نتيجة تحرك مجال مغناطيسي  $B$  بسرعة مقدارها  $u$  عمودي على خطوط المجال في النقطة التي يخترقها هو :-

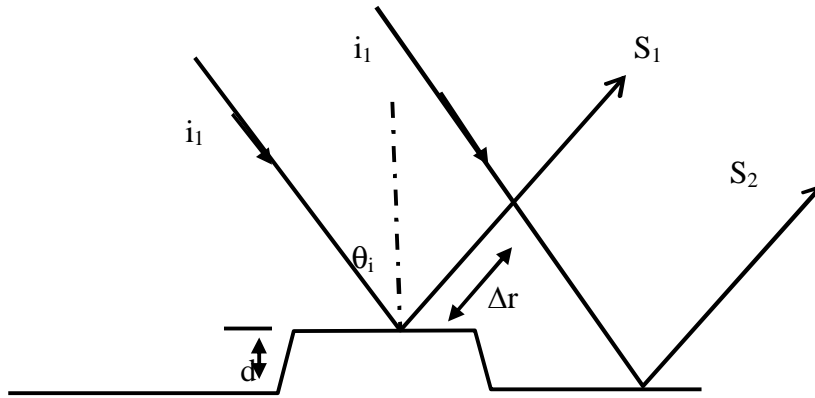
$$E = vB \dots\dots\dots(4)$$

وعلى هذا فان الموجة المنعكسة انعكاساً مرآوياً ستحمل كامل الطاقة في ذلك الاتجاه المنفرد. وبعكس ذلك اذا كان السطح خشناً (**Rough surface**) فان الارتداد سيكون انتشارياً وهو ما يدعى بـ (**الاستطارة**) التي عرفناها في بداية هذه الفقرة وهذا يعني ان السطوح الخشنة تشتت الموجة الساقطة باتجاهات مختلفة على شكل موجات ثانوية (**Secondary Wavelets**) تختلف فيما بينها في الطور (**phase**) وتحمل كل واحدة منها جزء من الطاقة. لذا يمكننا القول ان قانون الانعكاس ينطبق بالنسبة لهذه السطوح الخشنة على اشعة منفردة في لحزمة الضوئية المشتتة (المستطارة) ، الا ان السطوح غير الملساء تجعل الاشعة تنعكس بزوايا مختلفة من على السمتوي التزسط للسطح ، ويوضح الشكل (3) ظاهرة الاستطارة .



شكل (3) ظاهرة الاستطارة

يتضح مما تقدم ان ظاهرة الاستطارة هي الاشمل والاكثر ظهوراً من ظاهرة الانعكاس ان هذه الاشعة لمستطارة ستكون موجة ضوئية جديدة تكون على شكل بقع مضيئة ومعتمة على التوالي تقع على مسافة من السطح الخشن الذي استطارة منه تتألف من قطعة مجهرية مختلفة من عناصر السطح . وهذه القطع المجهرية (عناصر السطح Elements of the surface) تكون مختلفة في الارتفاعات (d) وتعمل كمصادر ثانوية لتلك المويجات الثانوية المستطارة بحيث تعيدها باتجاهات متعددة واطوار مختلفة بعد ان تجعل بينها حالة تخلف نسبي في مسارها بمقدار ( $\Delta r$ ) ، والشكل (4) يوضح حالة تولد فرق المسار يبين الشكل (4) ان ( $\Delta r$ ) تكون دالة لكل من ارتفاع عناصر السطح (d) وزاوية السقوط (qi) ، ويمكن حساب ( $\Delta r$ ) من العلاقة الاتية :-



شكل (4) الاستطارة من سطح خشن ارتفاع عنصره (d)

$$\Delta r = d \sin q i \dots\dots\dots ( 5 )$$

حيث qi زاوية السقوط ،

وهذا سيولد فرق في الطور ( $\Delta f$ ) يحسب والعلاقة :-

$$\Delta \Phi = \frac{2p}{l} \Delta r \dots\dots\dots( 6 )$$

حيث l الطول الموجي للضوء المستخدم ، وبتعويض المعادلة (5) في المعادلة (6) نحصل على العلاقة :-

$$\Delta\Phi = 2p \frac{d}{l} \sin q i \dots\dots\dots(7)$$

ان هذه الموجات الثانوية (secondary wavelets) المختلفة السطور والحاملة للطاقة في جميع الاتجاهات سوف يحدث تداخلات طورية تكون اما بناءة او هدامة .

### Interference 4-7 التداخل

وهو الحلقة الاساسية الاخيرة في التقنية الضوئية ويمكن وصفه بأنه ( تراكب سعات "Amplitudes" موجتين او اكـتتثر في مكان وزمان معينين وهو على نوعين اما ان يكون تداخلاً بناءاً (Constructive Interference) او تـداخلاً هداماً (Destructive Interference) ، ويحدث التداخل البناء عندما تكون الموجات الثانوية المستطارة من عناصر السطح متماثلة في الطور :-

$$\sin q i = \frac{ml}{d} \dots\dots\dots(8)$$

حيث l الطول الموجي

m عدد صحيح يمثل رتبة التداخل البناء

d المسافة بين عنصرين من عناصر السطح (تكرارية السطح)

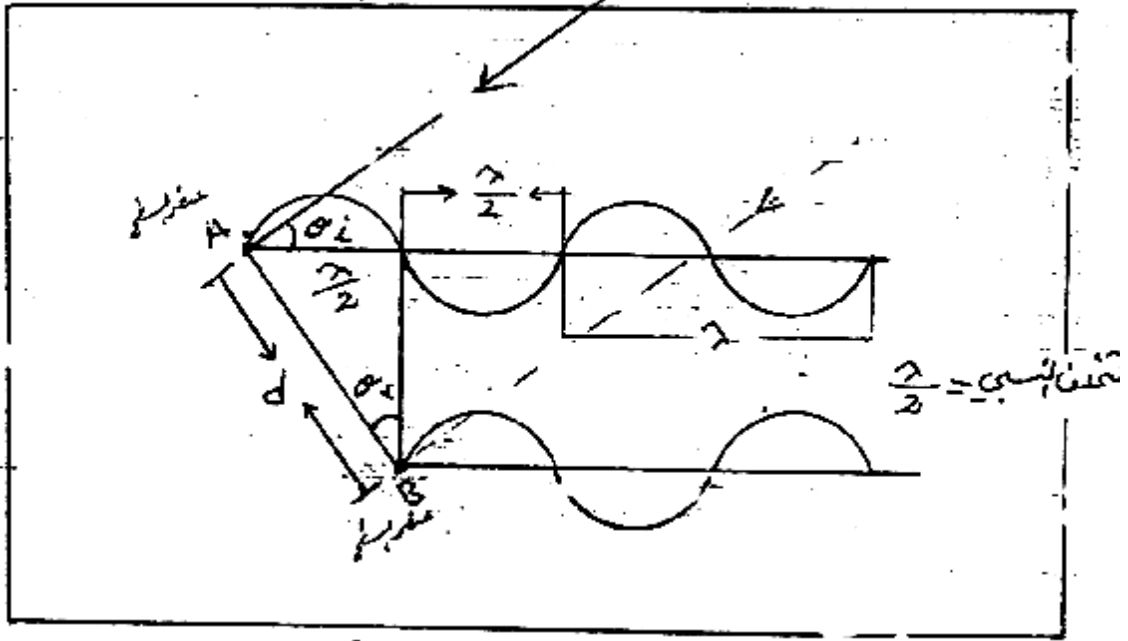
المقدار (ml) يكافئ فرق المسار ( $\Delta r$ ) الذي يكون مساوياً اما لـ ( صفر ) او اعداد صحيحة من الطول الموجي ( m l ، .....، 3l ، 2l ، l ) بحيث يكون فرق الطور او ( صفر ) او ( .....، 6p، 4 p، 2p ) . اما بالنسبة للتداخل الهدام ( الاتلافي ) فإنه يحدث عندما تكون الموجات الثانوية المستطارة من قبل عناصر السطح مختلفة في الطور بمقدار ( .....، 5p ، 3p، p ) نتيجة لفرق المسار المكافئ لاعداد فردية من انصاف الطول

الموجي (.....،  $\frac{5l}{2}$  ،  $\frac{3l}{2}$  ،  $\frac{l}{2}$  ) وحسب العلاقة :-

$$\sin q_i = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d} \dots \dots \dots (9)$$

والمقدار  $\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$  يكافيء فرق المسار  $\Delta r$ .

يوضح الشكل (5) حالة التداخل الهدام وتولد فرق المسار وفرق الطور.



شكل (5) التداخل الاتلافي وتولد فرق المسار وفرق الطور نتيجة اختلاف عناصر السطح

ان هذه الموجات الثانوية المستطارة يـمـكـون التـعـبـير عن كل واحدة منها بدلالة شدة المجال كما في العلاقة :-

$$E_A = a_1 \cos\{wt - \Phi_A(x)\} \dots \dots \dots$$

$$E_B = a_2 \cos\{wt - \Phi_B(x)\} \dots \dots \dots (10)$$

حيث  $a_1, a_2$  سعة الموجة الثانوية المستطارة

ونتيجة لعملية المتراكب ( **the super position** ) بين هذين المجاليين الموجيين ( **Two wave field** ) فإن شدة الموجة الناتجة من هذه العملية تكون :-

$$I_{(X)} = I_0 [1 + m \cos \Phi(x)] \quad \dots\dots\dots(11)$$

حيث

$$\Phi(x) = \Phi_1(x) - \Phi_2(x) \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$I_0 = |a_1|^2 + |a_2|^2 \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$m = \frac{2 |a_1| |a_2|}{|a_1|^2 + |a_2|^2} \quad \dots\dots\dots(14)$$

وعند الاستطارة من السطح الخشن تتولد اعداد كبيرة من المويجات الثانوية (N) تنتشر في الفضاء (X,Y,Z) وتحدث فيما بينها تداخلات بناءة وهدامة تنتج عنها شدة كلية تختلف قيمتها من (صفر) حتى اكبر مقدار يمكن تحسبها عند منطقة مراقبة ، ان هذه الشدة تحدد قيمتها بواسطة الاطوار النسبية وسعات المويجات الثانوية المشاركة طبقاً للمعادلة :-

$$I(x, y, z) = \sum_{K=1}^N |a_k| \exp(i\Phi_k) \quad \dots\dots\dots(15)$$

حيث N عدد المويجات الثانوية المستطارة ، Parameter K

هذه الشدة هي تعبير عن الطاقة التي تقوم المويجات الثانوية المستطارة بحملها في جميع الاتجاهات وبشغل نصف كروي والتي يمكن حسابها من قانون التربيع العكسي للاشعاع :-

$$I = \frac{E}{A \times t} \quad \dots\dots\dots(16)$$

حيث E الطاقة (طاقة الاشعاع الساقطة) ، A المساحة التي يسقط عليها الشعاع ، t الزمن  
 اما هذه الشدة التي يمكن قياسها باستخدام متحسس ضوئي مثل (photo-transistor) يوضح على بعد مناسب من السطح تمثل مربع السعة الكلية للمويجات المترابطة وحسب العلاقة :-

$$I(X, Y, Z) = |a(x, y, z) x|^2 \dots\dots\dots(17)$$

### 4-8 التداخل والخشونة : - The Interference and Roughness

اصبح من الواضح في الفقرات السابقة ان نوع التداخل الحاصل بين الموجات الثانوية المستطارة من السطح (بناءاً) كان او هداماً هو في الحقيقة كبير مباشر لحالة ذلك السطح سواء أكان خشناً أو صقيلاً ، ومع هذا فإن السطوح ليست خشنة أو صقيلة و تماماً ، بل يوجد هناك تدرج واسع بين هذين المصطلحين (انظر الجدول رقم 1) ، وهذا ما يجعل تصنيف السطوح الى درجات من الخشونة ومن ثم السطح صقيل او خشن ليس بالامر الهين .

ولتجاوز هذه القضية لابد من اللجوء الى المعادلة (7) للحصول على شرط نتمكن من جعله فاصلاً في التمييز بين السطوح الصقيلة والخشنة .

لو لاحظنا تلك المعادلة نجدها تتألف من اربعة متغيرات اساسية هي  $(\Delta\phi, \theta, d, \lambda)$  المعرفة سابقاً ، وعملياً يمكن جعل اثنين من متغيراتها ثابتين لتجربة معينة وهما  $(\theta, \lambda)$  ، ويبقى المتغيرين  $(d, \Delta\phi)$  الحجر الاساس في تكوين الشرط الذي نبتغي الحصول عليه ، حيث ان احدهما يعبر عن خشونة السطح  $(\Delta\phi)$  والآخر يعبر عن مقدار التداخل الحاصل بين الموجات الثانوية المستطارة من قبل عناصر السطح ذات الارتفاعات  $(d)$  ، وهذين المتغيرين تربط بينهما علاقة خطية بحيث يزداد اي منهما بزيادة الآخر اي بتعبير اخر نقول ان اي زيادة ارتفاع احد عناصر السطح يؤدي الى زيادة المسار بين هذه الموجة المستطارة وبين موجة ثانوية مستطارة من قبل عنصر اخر ذو ارتفاع مختلف وهذا يؤدي حتماً الى ازدياد مقدار فرق الطور  $(\Delta\phi)$  بين هاتين الموجتين وبالتالي تغيير حالة التداخل الحاصل .

ولتوضيح هذا الأمر نقول ، عندما يكون فرق الطور مساوياً للصفر يحدث التداخل البناء ونحصل على أعلى شدة ممكنة وعندها يدعى هكذا سطح (صقيل تماماً) ، وبزيادة فرق الطور عن الصفر بأقل مقدار ممكن يصبح التداخل تداخلاً بناءاً نسبياً وبشكل

اضعف وصولاً الى اقصى فرق في الطور ( $\pi$ ) وعندها يحدث تعارضاً طورياً بين الموجتين وتلغي اهداهما الاخرى اي يحصل التاخذ الهدام ويسمى هكذا سطح (خشن). وتأسيساً على هذا يمكننا القول انه يمكن الفصل بين مصطلحي (خشن) و (صقيل) اعتماداً على مقدار فرق الطور الذي سنتمكن من خلاله تثبيت الشرط اللازم لتصنيف السطوح ، ان مقدار فرق الطور يتراوح داخل الفترة ( $0 \leq f \leq \pi$ ) وبأختيار المقدار ( $\pi/2$ ) من فرق الطور الذي يمثل منتصف الفترة وبتعويضه في العلاقة (7) نحصل على العلاقة :-

$$d < \frac{l}{4 \sin q_i} \dots\dots\dots (18)$$

ان هذه العلاقة تمثل الشرط الذي يمكن من خلاله تصنيف السطوح ، والتي يمكن من خلالها الوصول الى استنتاج مهم جداً وهو [ انه لا يوجد سطح صقيل تماماً ] لانها حالة مثالية ولتوفيرها يجب ان تتحقق احدى الحالتين

١- اما يكون  $0=0$  وعندها لاتحدث اي استطارة وكذلك يكون مقدار الشرط (علاقة 18) غير معرف .

$$d < \frac{l}{4 \sin(0)} \Rightarrow d < \frac{l}{(0)} = E \dots\dots\dots (19)$$

٢- وان يكون المقدار  $d/\lambda \rightarrow 0$

وعند اختيار قيم فرق طور اخرى داخل الفترة اعلاه مثل ( $\pi/4, \pi/8, \dots\dots\dots$ ) فإن تدعى بـ (الحالات الاكثر واقعية) (**more realistic**) ، من جانب اخر يمكن اعتماد شرط اخر خاص بالسطوح الموصلة كهربائياً فقط بدلالة معامل الاستطارة (**Scattering Coefficient(S)**) حيث تختلف زوايا الاستطارة للاشعة اعتماداً على مقدار خشونة السطح وطبيعة هذه الخشونة تكرارية كانت ام عشوائية ، وبغض النظر عن هذه التكرارية او العشوائية ، فإن السطوح الخشنة تميز فيما بينها بدلالة المقدار (**S**) والذي يمثل [ النسبة ما بين شدة المجال الكهربائي المستطار (**Es**) . بالاتجاه الذي ينعكس فيه الضوء فيما لو سقط صقيل لنفس المادة (**ER**) ] .





بضوضاء التبع ، ان ضوضاء التبع هي ايضاً واضحة في اعادة تكوين صورة الهولوكرام (Hologram) وتحدد دقة تحليل الصورة ،وعلى هذا فقد طورت بعض الطرق لتقليل التبع في حالة اضاءة جسم بضوء متشاكهه ، الا ان هذه الظاهرة ليست دائماً مزعجة ،فقد تم تطوير بعض الطرق للاستفادة من التبع لاطهار تشوهات الاجسام بسبب الاجهاد والاهتزاز ، كما اثبتت احدى الدراسات الحديثة وجود علاقة شبه خطية (Approximately Linear Relation ship) بين تباين التبع (speckle Contrast ) وخشونة السطح المضاء بالاعتماد على زاوية السقوط ،حيث تبقى هذه العلاقة محافظة على خطيتها حتى مدى خشونة يصل الى (0.1µm) عندما تكون زاوية السقوط اقل او تساوي (30°)، ولزيادة مدى القياس ،أي جعل العلاقة خطية حتى مدى خشونة اكبر من (0.1µm) (تغير زاوية السقوط لتصبح (80°) لغرض التخلص من تأثير الاشباع (Saturation Effected) عنها يصل مدى القياس حتى مقدار (0.4 µm) من الخشونة . وفي موضع متصل اثبتت احدى الدراسات في احدى الجامعات العراقية وجود علاقة خطية بين تيار الاستطارة وخشونة السطح ،يتم من خلالها دراسة العيوب التمولدة في السليكون بعد تشعيه.

ان العلاقة شبه الخطية بين تباين البقع وخشونة السطح يمكن من خلالها حساب خشونة اي سطح يقع ضمن مديات القياس المشار اليها في اعلاه يتم تكوين او رسم منحنى بين خشونة عدة سطوح قياسية مع مقدار التباين الذي تكونه عن طريق قياس الشدة الناتجة عند نقطة مراقبة التي تمثل سعة الموجة الناتجة من التداخل والتي تتراوح قيمتها بين ( صفر ) واكبر قيمة حسب العلاقة (17).

ان الشدة المقاسة عند نقطة المراقبة بواسطة تمثل مربع السعة الناتجة (19) والتي يمكن من خلالها حساب قيمة التبع حسب العلاقات الاحصائية الاتية :-

$$C = \frac{S}{\langle I \rangle} \dots\dots\dots(21)$$

حيث C التباين (تباين البقع) SPECKLE Contrast  
σ الانحراف المعياري Standard deviation

$\langle I \rangle$  متوسط الشدة ، اي

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

$$S = \frac{1}{\sqrt{\langle I^2 \rangle + \langle I \rangle^2}} \dots \dots \dots (22)$$

بعد انشاء المنحنى البياني السالف الذكر يتم من خلاله حساب خشونة اي سطح من خلال نتيجة ( **scanning** ) وايجاد مقدار تباين التبع (C) له كدالة لمقدار خشونة من المنحنى البياني .

يتم اللجوء الى طريقة الاحصائية لحساب خشونة السطوح لجمله اسباب منها حالة السطح وتفصيلاته غير معروفة (Unknown) ، وبالإضافة لعدم معرفة طبيعة هذا السطح هل هو تكراري ام عشوائي ، لكون السطوح التكرارية لاتوجد ضرورة لمسح كافة اجزاء سطحها ويمكن حساب خشونتها باساليب اخرى كما سنرى في الفقرة اللاحقة ، واخيراً ان توزيع البقع المضيئة والمظلمة في نموذج التبع لاتظهر اي علاقة واضحة مع حالة السطح وزخاوصه المجهرية . (7)

ان الطريقة الاحصائية توفر لنا امكانية كبيرة في اختيار العينة وجمع البيانات منها ودراستها وتحليلها رياضياً ، ومن ثم استنتاج ما هو مفيد في البحث والعينة محل الفحص والاختبار هي بالتأكيد جزء من قطعة اكبر تحمل لنفس الخواص الاحصائية . ويعتبر التباين ( **Contrast C** ) احد مقاييس التشتت المهمة في علم الاحصاء حيث يمثل التباعد بين قيم عناصر مجموعة ما .

يكون التباين صغيراً عندما تكون البيانات الميحصلة ذات قيم متقاربة مع بعضها ، وبزيادة مقدار التفاوتات بين هذه القيم يزداد مقدار التباين وفي موضوعنا هذا يكون مقدار التباين ضئيلاً عندما تكون ارتفاعات عناصر السطح (d) متقاربة بحيث تؤدي الى جعل فرق الطور بين الموجات الثانوية مكبل وبالتالي قليل وبالتالي سيادة

التداخلات البناءة بحيث تكون مقادير الشدة المقاسة عند مسح نقاط العينة كبيرة ومتقاربة وهذا في حالة السطح الصقيل .

اما عند زيادة مقدار التباين (C) فأن هذا يعني ان التفاوتات في ارتفاعات عناصر السطح قد ازدادت وادت الى حصول فرق في الطور كبير ينتج عنه سيادة التداخلات الاتلافية وحصول حالة معاكسة للحالة الاولى مما يعني ان السطح خشن .

لذا يعتبر التباين (تباين التبقيع) مقاساً مهماً لمعرفة تجانس عناصر السطح من عدمها وبما يعطي افضل صورة عن حالة السطح ،حيث يمكن رسم مقطع لجانبية السطح من البيانات الناتجة من عملية مسح العينة .