الباب السابع

قياس خشونة الأسطح

Surface roughness measurement

تمهيد

على الرغم من الاهتمام الكبير والعناية لتي تبذل أثناء عمليات القطع المختلفة باستخدام الأقلام – المقاطع (سكاكين القطع) – الثقابات (البنط) – أحجار التجليخ، وذلك عن طريق آلات الإنتاج والتشغيل المختلفة (مخارط – فرايز – مقاشط – مثاقب – آلات تجليخ.. الخ) أو بستخدام عدد قطع يدوية.

فإن أسطح المشغولات المصنعة لا يمكن أن تكون مستوية استواء مطلق أو ذات أسطح أسطوانية مطلقة الدقة، بل يحدث بها تغيير في شكلها الهندسي كوجود آثار على هيئة خطوط أو تجاويف أو بروز أو تموجات. يمكن رؤية هذه الآثار بالعين المجردة أو عن طريق أجهزة خاصة لقياس خشونة الأسطح.

يحدث التغير والاختلاف في الشكل الهندسي لأسطح المشغولات المعدنية نتيجة لاختلاف طرق التشغيل ودقة التشغيل ودقة التشطيب، وتبعاً لدقة الماكينة المستخدمة للتشغيل وشكل الحد القاطع.

يتناول هذا الباب دراسة لتضاريس الأسطح المختلفة وطرق قياس خشونتها، كما يتعرض للأجهزة المختلفة الخاصة لقياس درجة تشطيب أسطح المشغولات.

تضاريس الأسطح

Surface relief

المقصود بتضاريس السطح أي تقدير مدى ما بها من مرتفعات أو منخفضات أو تموجات، أي مدى خشونة أو نعومة الأسطح الناتجة عن عمليات القطع المختلفة (بقلم أو بسكينة قطع أو تجليخ) ، ولا يقصد بذلك درجة لمعان الأسطح ، فقد يكون السطح المعتم أكثر جودة ، أي ذات سطح مستوي قريباً من المثالي في تشطيبه من السطح اللامع المعاكس للضوء.

تختلف دقة تشطيب أسطح المشغولات المصنعة بعضها عن بعض من حيث درجة الخشونة السطحية.

ففي عمليات القطع التي تتم على آلات الإنتاج والتشغيل ، وأيضاً عمليات التشكيل المختلفة كالبثق وسحب الأسلاك والدرفلة والسك ..... وغيرها ، تتوقف جودة أسطح هذه المنتجات على دقة آلة الإنتاج وشكل الحد القاطع وطرق التشغيل من حيث وجود تزليق من عدمه ، كما تتوقف جودة المنتجات المشكلة على جودة أسطح الإسطمبات المستخدمة وطرق التشغيل من حيث وجود تزليق أو باستخدام الزيوت ..... وغيرها.

أهمية نعومة وجودة تشطيب الأسطح :

أدى التطور المستمر في الصناعة إلى ضرورة الدقة في تشغيل أسطح المشغولات المصنعة ، وتتميز المشغولات ذات الأسطح المشطبة بنعومة عالية إلى الآتي :-

1. ذات مقاييس أدق من مثيلاتها ذات الأسطح الخشنة ، مما يزيد من قابليتها للتبادلية.
2. شكل المشغولة وحسن مظهرها يؤدي إلى سهولة تداولها بالأسواق التجارية.

3. انخفاض قوة الاحتكاك بين الأسطح المتحركة.

4. الدقة العالية في تشطيب أسطح الأجزاء المصنعة والتي يتم تجميعها لها أثر كبير على أدائها ، فكلما اقتربت الأسطح المنزلقة فيها من المثالية ، كلما انخفضت الذبذبات وزادت كفاءتها.

نوع السطح :

المقصود بنوع السطح هو صفة عدم الانتظام ، ويؤثر صفة السطح من حيث الخشونة أو النعومة تأثيراً بالغاً على أداء السطح من حيث التزييت والتآكل والمقاومة.

الشكل العام للسطح :

المشغولات المصنعة التي تنتج لعرض تزاوجها بتوافق خلوصي أو بتوافق تداخلي أو لغرض التبادلية ، يتوقف صلاحيتها على مدى تجاوز أبعادها الاسمية المحددة بحيث تتفق وطبيعة عملها ، بالإضافة إلى الشكل الهندسي للسطح المتوافق.

وعادة تحدث انحرافات لأسطح المشغولات المصنعة عن الأشكال الهندسية المثالي لها ، وتختلف هذه الانحرافات عن بعضها البعض ، ويمكن تقسيمها إلى الآتي :-

1. **الحيود :**

الحيود بمعنى الانحراف أو الميل وهو يسبب في عدم الاستواء أو عدم الاستدارة ، وهو ظهور انحراف على سطح مشغولة أسطوانية عن الشكل الهندسي الأسطواني المثالي ، حيث يظهر السطح الخارجي بشكل بيضاوي أو رميلي ، ويمكن انحراف سطح ثقب عن الشكل الهندسي الأسطواني المثالي ، حيث يظهر السطح الداخلي شكل بيضاوي مثلاً ، كما تنحرف أسطح المشغولات المستوية عن الشكل الهندسي المثالي حيث تظهر الأسطح بشكل تقببت مستوية.

وينشأ الحيود الموضح بشكل 7 – 1 للأسباب التالية :-

(أ) وجود خلوص بين المسارات الدليلية .. (الأدلة الانزلاقية المتحركة).

(ب) أخطاء في تثبيت العدد القاطعة .. الأمر الذي يؤدي إلى عدم انتظام التغذية العرضية.

(ج) وجود عيوب أو تشوه بالتصليد بخامة قطعة التشغيل.

شكل 7 – 1 .

الحيود (عدم إستواء السطح أو عدم إستواء الاستدارة)

2. التموجات الابتدائية :

التموجات الابتدائية وتسمى أيضاً بالخشونة، وتظهر على الأسطح التي يتم تشغيلها بالقطع ، ويمكن رؤيتها بالعين المجردة او بقياسها بأجهزة قياس خشونة الأسطح.

تتكون التموجات الابتدائية (الخشونة) من حزوز أو أخاديد أو شقوق ، حيث يظهر على السطح الخارجي الأسطواني الذي يتم تشغيله على المخرطة (بخرط طولي) بشكل محزز أو ذات قمم حادة متجاورة ، كما يظهر السطح كأخاديد على شكل قمم حادة متباعدة نسبياً.

تنشأ التموجات الابتدائية الموضحة بشكل 7 – 2 للأسباب التالية :-

(أ) وجود عيوب في التركيب البنياني في سطح المشغولة.

(ب) من خلال شكل الحد القاطع للعدة.

(ج) التغذية الغير مناسبة.

(د) أسلوب توجيه العدة على السطح.

(هـ) التصاق الرايش بالحد القاطع للعدة.

شكل 7 – 2

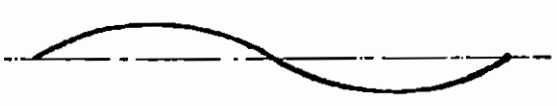
تموجـــات ابتدائيـــة

3. التموجات الثانوية :

قد تظهر انحرافات على أسطح المشغولات الأسطوانية عن الشـكل الهندسـي المثالي الأسطواني ، نتيجة للدوران الغير منتظم لعمود الدوران الذي يحمل الظـرف بالمخرطة ، أو نتيجة للدوران الغير منتظم للمقاطع بالفريزة ، وتنشأ التموجات الثانوية الموضحة بشكل 7 – 3 للأسباب التالية :-

(أ) ذبذبة ظرف المخرطة الحامل للمشغولة نتيجة لوجود خلوص فـي كراسـي محاور عمود الدوران.

(ب) ذبذبة المقاطع (سكاكين القطع بالفريزة) نتيجة لوجود خلوص في محـور عمود الدوران أو لعدم تثبيت المقاطع بربطها جيداً.



شكل 7 – 3

التموجـــات الثانويـــة

4. التموجات الابتدائية والثانوية :

من خـلال عدم انتظام دوران سـطح المشغولة أثناء عمليات القطـع بإزالـة الرايش ، قد يظهر حزوز وأخاديد وتموج على السطح ، وهذا يعنـي الجمـع بـين التموجات الابتدائية والتموجات الثانوية كما هو موضح بشكل 7 – 4.

شكل 7 – 4

التموجات الابتدائيـة والثانويـة

أجهزة قياس تضاريس السطح

من الصعب تقدير أو قياس تضاريس أسطح المشغولات المصنعة المختلفة (قياس درجة خشونة السطح) بالعين المجردة أو بالإحساس ، حيث أن هذه التضاريس [التموجات (المرتفعات والمنخفضات) – الحزوز – الأخاديد] تكون دقيقة ويصعب تتبعها.

توجد عدة وسائل لقياس هذه الأسطح وذلك باستخدام أجهزة فحص ميكانيكية أو كهربائية أو بصرية ، كما توجد أجهزة فحص أخرى تعمل بالاستشعار بالهواء المضغوط ، بالإضافة إلى الأجهزة التي تعمل بالليزر ، الغرض من هذه الأجهزة هو تتبع تضاريس السطح (المرتفعات – المنخفضات – الحزوز ..... وغيرها) ، وتكبيرها ورسمها وتقييمها ومقارنتها مع أسطح مشغولات أخرى نموذجية او عن طريق مقارنتها برسم لمواصفات السطح المطلوب تنفيذه .. فيما يلي عرض لأكثر أنواع هذه الأجهزة انتشاراً.

1. الجهاز الميكانيكي لفحص إستواء الأسطح :

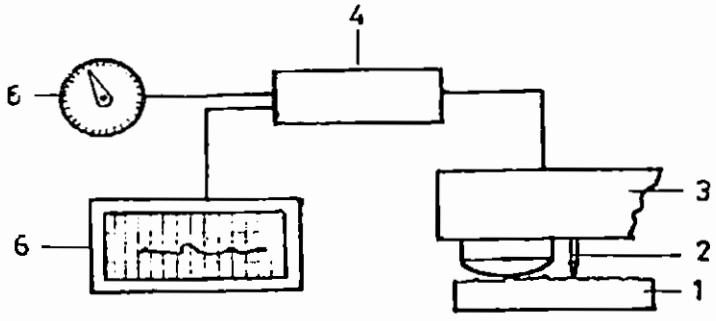
الجهاز الميكانيكي لفحص إستواء الأسطح .. يسمى أيضاً بجهاز الاستشعار الميكانيكي ، يعتمد عمل هذا الجهاز على مستشعر وهو عبارة عن قلم معدني ذو نهاية مدببة دقيقة ، يتكئ بلطف على السطح المراد قياس أو فحص تضاريس سطحه ، حيث يتحرك المستشعر على السطح المراد فحصه ببطىء.

تلتقط هذه الحركة ، ويتم تكبيرها عن طريق تجهيزة ميكانيكية (روافع) ، ويتم نسخ حركات المستشعر وانتقالها إلى وحدة تسجيل بمقياس رسم على أوراق بيانية ملحقة بالجهاز.

شكل 7 – 5 يوضح رسم تخطيطي لجهاز فحص استواء الأسطح ذات التحكم الميكانيكي .. يتوقف مدى كفاءة هذا الجهاز على درجة دقة نهاية القلم المعدني

(المستشعر) ، حيث كلما زادت دقته كلما أمكن التغلغل في ثنايا السطح.

يبلغ نصف قطر المستشعر إلى ما بين 2.5 Um ــ 12 Um.



شكل 7 – 5

رسم تخطيطي لجهاز ميكانيكي لفحص إستواء الأسطح

1. المشغولة المراد فحص دقة استواء سطحها.
2. المستشعر.
3. وحدة التقاط.
4. وحدة تكبير.
5. وحدة بيان.
6. وحدة تسجيل.

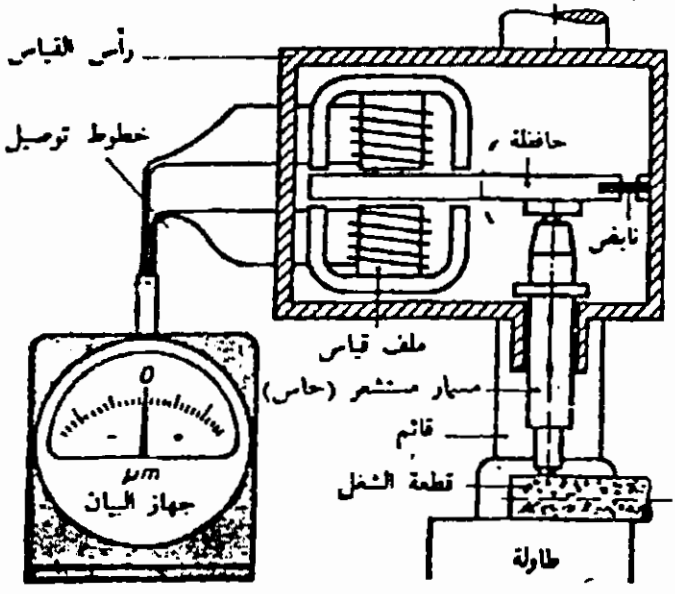
2. الجهاز البياني لفحص إستواء الأسطح :

يعتمد عمل الجهاز البياني لفحص إستواء الأسطح الموضح بشكل 7 – 6 على مستشعر لاستشعار تضاريس السطح (كما هو موضح بالطريقة السابقة) ، حيث يتكئ المستشعر على سطح المشغولة بلطف ، ويتحرك ببطىء وذلك لقياس تضاريس لسطح.

يحتوي رأس المستشعر بالمثبت بالجزء العلوي لإبرة المستشعر على ملفين وحافظة ونوابض (ياياث).

تلتقط حركة المستشعر ويتم تكبيرها بالطرق الكهربائية بدلاً من الطرق

الميكانيكية المعتمدة على مجموعة روافع ، حيث تنتقل حركة المستشعر الملامسة لسطح المشغولة المراد فحصها إلى الحافظة ، عن طريق نوابض (ياءات) ، فتتذبذب الحافظة بحركة ترددية (حسب حركة صعود وهبوط المستشعر على سطح المشغولة) ، تؤثر الحركة المتذبذبة على مقاومة الملفين المتصلين بجهاز بياني مدرج ، ليتحرك مؤشر المبين لتوضيح درجة دقة تضاريس السطح (المرتفعات والمنخفضات) مكبرة وموضحة على مبين القياس .. تصل دقة قراءة مبين القياس إلى 1 Um.



شكل 7 – 6

جهاز بياني لفحص إستـــواء الأسطح

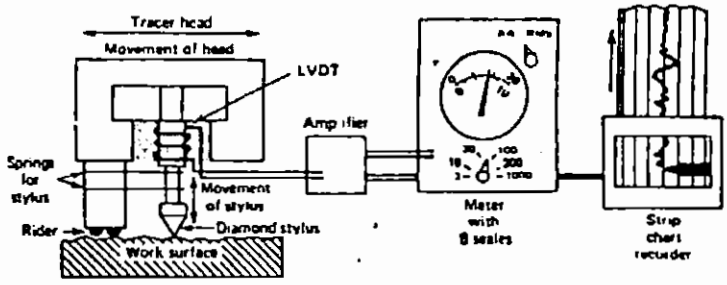
توجد أجهزة قياس بيانية متعددة لفحص استواء الأسطح ، ويوضح شكل 7 – 7 جهاز القياس RMS الخاص لفحص استواء الأسطح والذي يعتبر من أهم الأجهزة البيانية لقياس تضاريس الأسطح.

يتكون هذا الجهاز بنفس أجزاء الجهاز السابق ذكره ، ويضاف إلى الجهاز السابق لوحة بيانية.

المستشعر وهو عبارة عن إبرة ماسية ، يحتوي رأسه المثبت بالجزء العلـوي لإبرة المستشعر على ملف وحافظة ومجموعة نوابض (ياياث).

تنتقل حركة المستشعر الملامسة لسطح المشغولة المراد فحصها (حركة الارتفاع والانخفاض أثناء قياس تضاريس السطح) إلى الحافظة عن طريق مجموعة النـوابض (الياياث) ، فتذبذب الحافظة بحركة ترددية طبقاً لحركة صعود وهبوط المستشعر على سطح المشغولة ، تؤثر الحركة المذبذبة على مقاومة الملف ليصدر نبضات كهربائية ، تترجم هذه النبضات لتظهر درجة دقة استواء السطح مكبرة على مبين قياس وعلـى لوحة بيانية ، أو تتحول إلكترونياً لقياس القيمة عددياً .. قيمة RMS أو AA.

علماً بأن RMS .. إختصار لجملة (Root Mean Square) .. أى متوسـط الجذر التربيعي لانحراف الجانبية ، AA .. هو متوسط الارتفاعات والانخفاضات.



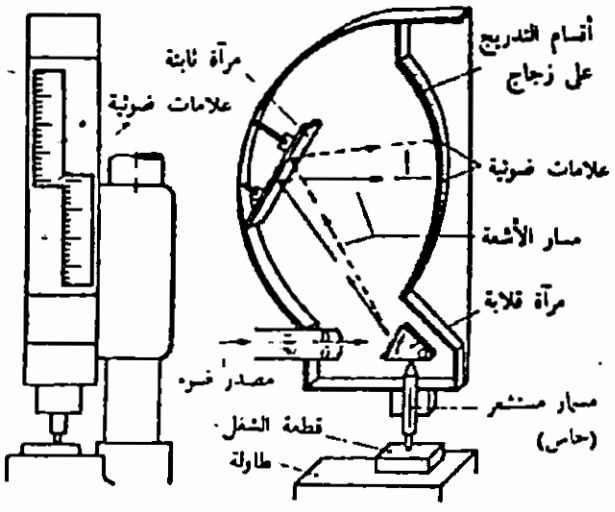
شكل 7 – 7

جهاز بياتي لفحص إستواء الأسطح

3. الجهاز البصري لفحص إستواء الأسطح :

الجهاز البصري لفحص إستواء الأسطح الموضح بشكل 7 – 8 هو عبارة عن جهاز مبين دقيق ذو استشعار ميكانيكي وتكبير ضوئي بصري.

يعتمد هذا الجهاز على مستشعر متصل بمرآة منشورية قابلة للحركـة ، حيـث ترتكز المرآة المنشورية على مفصل في أحد أركانها .. تتلامس المرآة المنشورية مع المستشعر بضغط عن طريق نابض شد (ياي شد).



شكل 7 – 8

جهاز بصري لفحص إستواء الأسطح

تنتقل الحركة من المستشعر (القلم المعدني ذو النهاية المدببة) الملامس لسطح المشغولة المراد فحص تضاريس سطحها (قياس درجة خشونة السطح) ، إلى المرآة المنشورية القابلة للحركة، حيث يقع عليها شعاع ضوئي من مصدر خارجي ، لينعكس هذا الشعاع على مرآة ثابتة ، حيث تقوم المرآة الثابتة بعكسه بزاوية تعادل زاوية السقوط على لوح زجاجي مدرج.

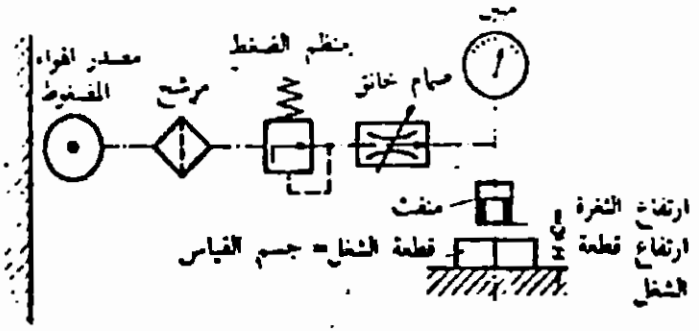
ومن خلال حركة المستشعر الملامس لسطح المشغولة (الحركة الرأسية المترددة حسب درجة دقة تضاريس السطح) تتحرك المرآة المنشورية بحركة على شكل قوس ، وبذلك يتغير مسار الشعاع لينعكس على المرآة الثابتة، ثم ينعكس مرة أخرى على اللوح الزجاجي المدرج ، لتتحرك العلاقة الضوئية على التدريج لتوضح الانحرافات بسطح المشغولة.

4. جهاز قياس إستواء الأسطح باستخدام الهواء المضغوط :

تعتمد تصاميم أجهزة فحص استواء الأسطح التي تعمل بالهواء المضغوط

الموضحة بشكل 7 – 9 على خروج الهواء المضغوط من منفث ضيق (فونية) مقابل لسطح المشغولة المراد قياس تضاريسها (قياس درجة خشونة سطحها) ، فإن ضغط أنبوبة المنفث تظل ثابتة ، مادامت المسافة بين طرفي المنفث والسطح المقابل له ثابتة ، وعند حدوث أي تغيير في المسافة بين المنفث ، وسطح المشغولة تؤثر على الضغط داخل الأنبوبة وتغيره تبعاً لها ، وكذلك تتغير سرعة تصرف انهواء المضغوط (حجمه في وحدة الزمن) ، وهذا التغير يعتبر دالاً على تغير البعد بين طرفي المنفث وسطح المشغولة ، ومن ثم يمكن استعمال هذه الأجهزة في قياس تضاريس أسطح المشغولات.

فيما يلي عرض لبعض أجهزة إستواء لأسطح التي تعمل بالهواء المضغوط.



شكل 7 – 9

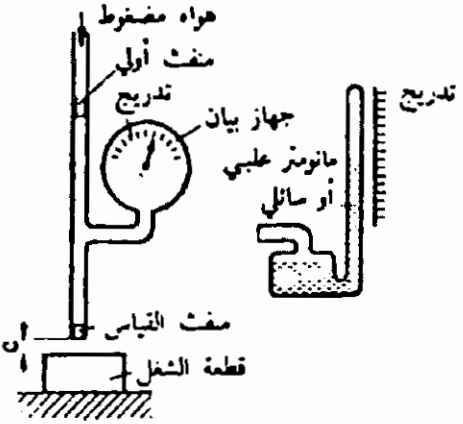
التصميم الأساسي لجميع أجهزة قياس الأسطح التي تعمل بالهواء المضغوط

الطريقة الأولى :

يعتمد جهاز قياس استواء الأسطح الذي يعمل بالهواء المضغوط مع بيان مانومتر الموضح بشكل 7 – 10 على انسياب الهواء المضغوط من خلال منفث ضيق (فونية) إلى سطح المشغولة المراد فحص وقياس تضاريسها.

الضغط بالأنبوبة الموصلة للهواء يكون محدد وسرعة انسياب الهواء تكون

محددة أيضاً ، في حالة تغير سطح المشغولة (الخلوص) بسبب ارتفاع او انخفاض وتموجات السطح عن سابقه ، فإن ضغط وسرعة الهواء المندفع من خلال المنفث الضيق وكذلك حجمه في الوحدة الزمنية يتغير بنفس المقدار ، بذلك يمكن قراءة الانحراف من خلال مانومتر أومن خلال تدريج مبين قياس.



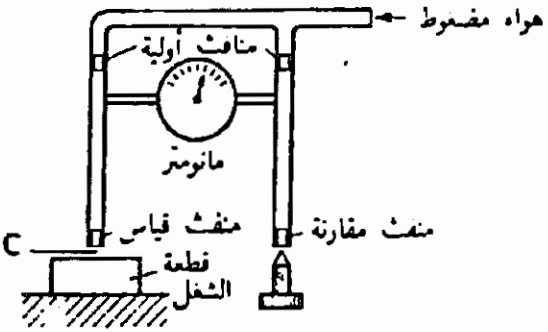
شكل 7 – 10

طريقة قياس إستواء الأسطح بالهواء المضغوط مع بيان مانومتر

الطريقة الثانية :

يتشابه جهاز قياس استواء الأسطح الذي يعمل بالهواء المضغوط بالطريقة الثانية الموضح بشكل 7 – 11 مع الجهاز السابق ذكره بالطريقة الأولى ، حيث يقاس فرق الضغط أو فرق السرعة أو فرق الحجم بين أنبوبة منفث الهواء المسلط على السطح المراد قياس تضاريسه ، وبسبب ارتفاع وانحفاض وتموجات السطح يتغير الخلوص (C) عن الخلوص بين ضغط الهواء المسلط من منفث المقارن والجزء المستدق الثابت.

ومن خلال فرق ضغط الهواء يتحرك مؤشر المانومتر لتوضيح مقدار الانحراف بسطح المشغولة.



شكل 7 – 11

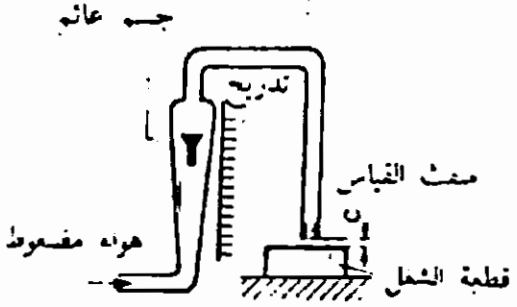
طريقة قياس استواء الأسطح بالهواء المضغوط بفرق الضغط

الطريقة الثالثة :

تعتمد الطريقة الثالثة لجهاز قياس استواء الأسطح الذي يعمل بالهواء المضغوط على قياس التصرف (قياس حجم الهواء المنساب X وحدة الزمن).

يتكون الجهاز الموضح بشكل 7 – 12 من أنبوبة زجاجية مستدقة بها جسم عائم ، ينعكس وضع الجسم العائم على تدريج قائم.

من خلال إنسياب الهواء المضغوط من منفث السطح المراد قياسه ، يرتفع وينخفض الجسم القائم ، وذلك نتيجة لتغير الخلوص (C) الناتج عن ارتفاع وانخفاض وتموجات السطح ، ليظهر مقدار الانحراف بسطح المشغولة على التدريج القائم.



شكل 7 – 12

طريقة قياس استواء الأسطح بالهواء المضغوط بحجم الهواء في وحدة الزمن

مميزات قياس استواء الأسطح بالهواء المضغوط :

تتميز أجهزة فحص قياس استواء الأسطح باستخدام الهواء المضغوط بالأجهزة السابق ذكرها بالآتي :-

(أ) إمكانية الحصول على تكبير عال يصل إلى عشرة آلاف ضعف وأكثر.

(ب) تصميم قوي التحميل ، ومن ثم يمكن استخدامه في الورش والمصانع.

(ج) إجراء عملية قياس تضاريس السطح بدون استخدام مستشعر (القلم المعدني ذو النهاية المدببة) الذي كان معرض للبري والتلف.

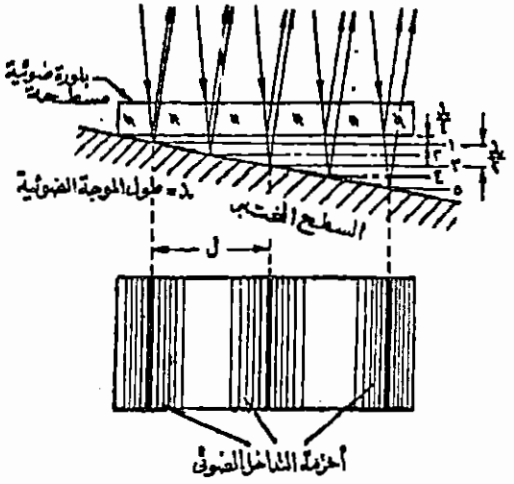
(د) إمكانية نقل وإبعاد أماكن القياس والقراءة.

5. جهاز التداخل الضوئي لقياس إستواء الأسطح :

يستخدم التداخل الضوئي في قياس إستواء الأسطح المعدنية ، حيث تصنع قطعة من البلور المسطحة ، وتسوى أسطحها بدقة عالية ، وتستخدم في اختبار استواء الأسطح المراد اختبارها.

تداخل الضوء هو ظاهرة تسمى بهدب التداخل المضيئة المظلمة ، يحدث ذلك عند تداخل بين موجات ضوئية مثل التداخل بين مسارين للضوء أو أكثر .

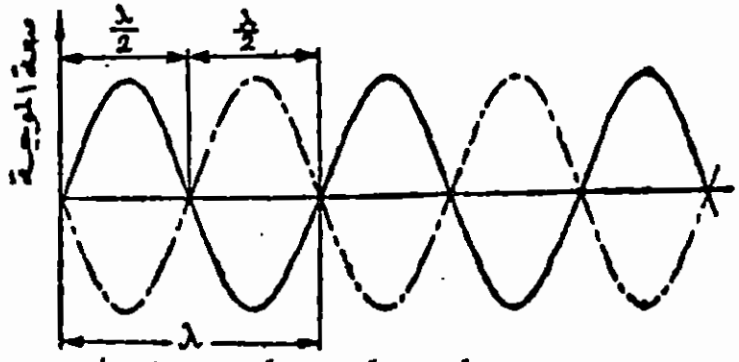
عندما يكون الضوء من موجات ثابتة الأطوال ، فإنه يمكن الاستفادة من ظاهرة تداخل الموجات الضوئية في قياس الانحرافات الطولية بدقة . يوضح شكل 7 – 13 رسم تخطيطي لطريقة تكون أحزمة التداخل الضوئي ، حيث توجد بلورة ضوئية مسطحة وضعت في وضع متوازي مع سطح آخر ، مكونة إسفيناً هوائياً Wedge تخترقه الموجات الضوئية ، لتنعكس على السطح الجاري اختباره ، بالإضافة إلى انعكاسها على السطح الأسفل للبلورة الضوئية المسطحة.



شكل 7 – 13

تكون أحزمـــة التداخـــل الضوئي

وتتسبب المسافة الإضافية التي تقطعها الأشعة الضوئية المنعكسة على الســـطح المختبر في إحداث تغيير في توافق الموجتين ، فإذا تساوت هذه المســـافة الإضـــافية (داخل الإسفين الهوائي) نصف طول الموجة الضوئية أو المضاعفات الفردية له أي .. ($\lambda 0.5$، $\lambda 1.5$ ، $\lambda 2.5$ ، $\lambda 3.5$ ..... وهكذا) ، حيث λ = طول الموجة الضوئية ، فإن الموجتين الضوئيتين تبتعدان عن بعضهما البعض بمقدار نصف موجة ضـــوئية ، الأمر الذي يؤدي إلى تداخلهما تداخلاً كلياً كما هو موضح بشكل 7 – 14 ، وبـــذلك تنتج المناطق المظلمة المعروفة بأحزمة التدخل الضوئي ، وظهور هذه الحزم يـــدل على عدم إنتظام السطح بالنسبة للبلورة الضـــوئية بواقـــع ربـــع موجـــة ضـــوئية أو مضاعفاتها الفردية (أي $\lambda\frac{1}{4}$، $\lambda\frac{3}{4}$، $\lambda 1\frac{1}{4}$، $\lambda 1\frac{3}{4}$ ..... وهكذا) ، حيث أنهـــا تمثـــل نصف المسافة الإضافية التي تقطعها الموجة الضوئية المنعكسة من السطح الجـــاري اختبار مدى استوائه (بالمقارنة بسطح البلورة الضوئية المسطحة) ، ومـــن ثـــم فـــإن المسافة بين حزمتي تداخل متعاقبتين (ل) تحدد فرقاً بين ارتفاعات السطح عند هـــذين الموضعين يساوي $\lambda\frac{1}{2}$ ، أي نصف طول الموجة الضوئية.



_____ ... الموجة الضوئية المنعكسة على السطح الأسفل للبلورة

_____ _ ____ ... موجة ضوئية غير متوافقة بمقدار $\lambda\frac{ن}{2}$

ن ..... عدد فردي صحيح

شكل 7 – 14

حالة التداخل الكلي للموجات الضوئية

وتستخدم ظاهرة التداخل الضوئي في دراسة تضاريس الأسطح المصنعة بتشغيل عالي الدقة للكشف عن مدى استوائها وتوازيها ، وذلك باستخدام أجهزة قياس متنوعة تقوم على هذه الظاهرة ، كالبلورات الضوئية المسطحة ، وميكروسكوب التداخل ، والجهاز المعروف باسم الانترفيرومتر InTrèferometer .. أي جهاز التداخل ، وجهاز المقارنة بالتداخل الضوئي.

تقييم قياس تضاريس الأسطح

معظم أسطح المشغولات المصنعة لا يمكن أن تكون مستوية إستواءً مطلقاً أو ذات أسطح أسطوانية مطلقة الدقة . توجد مواصفات قياسية ونظماً متباينة تحدد القيم العددية للانحراف أو عدم الانتظام في السطح أو درجة التشطيب .. وهي كما يلي :-

رموز ومصطلحات تشطيب الأسطح حسب النظام الدولي SI

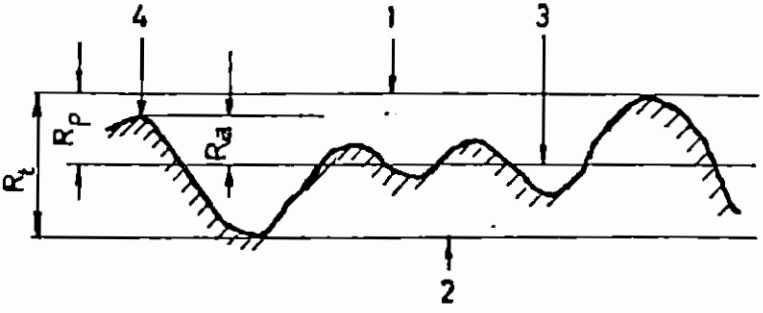
طبقاً لمواصفات ISO

توجد في الرسومات الهندسية رموز ومصطلحات تميز الأبعاد والأقطار الخارجية والداخلية والعمليات الصناعية المختلفة التي تجرى على المشغولات

المصنعة، كما توجد رموز ومصطلحات أخرى تميز درجة خشونة الأسطح بعضها عن بعض.

تستخدم الرموز والمصطلحات التي تحدد درجة خشونة أو نعوم الأسطح حسب النظام الدولي SI طبقاً لمواصفات ISO الصادرة برقم 1302 لعام 1978 ، حيث وضعت مصطلحات وعلامات خاصة تشير إلى مقاييس درجة هذه الخشونة أو النعومة وجودة وصفة الأسطح وأسلوب الإنتاج.

الرسم التخطيطي بشكل 7 – 15 يوضح مصطلحات مقاييس درجة خشونة الأسطح.



شكل 7 – 15

مقاييس درجة خشونة الأسطح

1. الحد الأقصى لارتفاع الموجة الثانوية والابتدائية.

2. الحد الأدنى لانخفاض الموجة الثانوية والابتدائية.

3. خط مرجعي متوسط.

4. البعد الفعلي للتموج.

Rr. البعد بين الحد الأقصى والحد الأدنى للتموج.

Rp. البعد بين الحد الأقصى والخط المرجعي المتوسط.

Ra. المتوسط الحسابي لمدى ابتعاد التموج عن البعد الفعلي المتوسط .. (الارتفاع المتوسط).

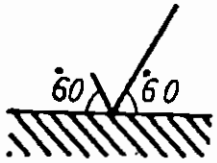
وتشير رموز الأسطح إلى الحالة النهائية التي تكون عليها هذه الأسطح ، أما

أسلوب الإنتاج فيمكن تركه لتنفيذه بالأسلوب المناسب ، فإذا كان المطلوب إنتاج المشغولات المطلوب تصنيعها بأسلوب إنتاجي معين ، استكمل رمز اتجاه السطح بالملاحظة المناسبة .. (أي بأسلوب الإنتاج المطلوب تشغيله مثل خراطة – تجليخ – تحضين ..... الخ).

فيما يلي عرض لجميع الرموز الخاصة بتشطيب الأسطح :-

1. **الرمز الأساسي :**

الرمز الأساسي المستخدم لتشطيب الأسطح عبارة عن ضلعين مختلفين في الطول يميلان على السطح المشار إليه بزاوية قدرها 60^0 كما هو موضح بشكل 7 – 16 ، هذا الرمز لا يعني شيء ، بل يضاف إليه بعض العلامات الأخرى وهي موضحة في النقاط التالية.

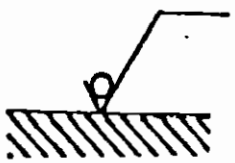


شكل 7 – 16

الرمز الأساسي المستخدم لتشطيب الأسطح

2. **رمز منع التشغيل :**

رمز منع التشغيل أو السطح الغير مشغل ، وهو رمز أساسي مضاف إليه دائرة كما هو موضح بشكل 7 – 17 كالأسطح المعدنية المصبوبة أو المطروقة مثلاً ، أو في حالة عدم الحاجة إلى تشغيل الأسطح.

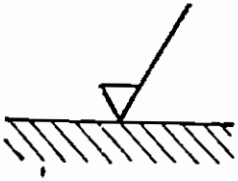


شكل 7 – 17

رمز منع التشغيل

3. **رمز التشغيل :**

في حالة تشغيل الأسطح بإزالة رايش (نحاتة) ، يضاف خط أفقي إلى الرمز الأساسي كما هو موضح بشكل 7 – 18 .

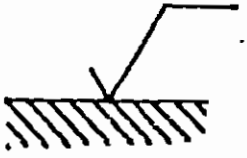


شكل 7 – 18

رمز تشغيل الأسطح بإزالة الرايش

3. **رمز بيان مواصفات خاصة :**

في حالة إضافة بعض المواصفات الخاصة التي تجرى على السطح ، يضاف خط أفقي للضلع الطويل في الرمز الأساسي كما هو موضح بشكل 7 – 19.

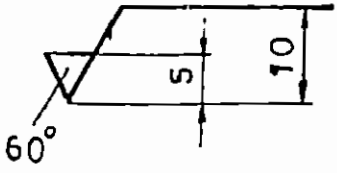


شكل 7 – 19

رمز بيان المواصفات الخاصة

3. **أبعاد رموز تشغيل الأسطح :**

يخطط رمز تشغيل الأسطح بخطوط رفيعة متصلة بقلم 0.35 ملليمتر بالأبعاد الموضحة بشكل 7 – 20.



شكل 7 – 20

أبعاد رموز تشغيل الأسطح

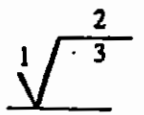
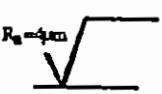
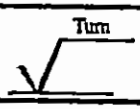
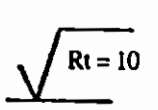
توجد للمواصفات القياسية ISO جداول توضح رموز ومصطلحات درجة خشونة الأسطح ، والحد الأدنى والحد الأعلى المسموح به ، وعمق الخشونة وأسلوب الإنتاج.

فيما يلي جدول 7 – 1 الذي يوضح رموز ومصطلحات ودرجة خشونة الأسطح، حسب النظام الدولي SI طبقاً لمواصفات ISO .

جدول 7 – 1

رموز ومصطلحات درجة خشونة الأسطح

طبقاً لمواصفات ISO

الرمز	المدلول
	1- القيمة المتوسطة للخشونة. (تضاف الوحدة بالميكرون.....Ra µm) 2- صفة السطح وطريقة وأسلوب الانتاج مثل خراطة – تجليخ – تحضين). 3- مقياس الخشونه مثل: عمق الخشونةR1 عمق النعومةRp
أمثلة	
	1- الحد الأقصى المسموح به للقيمة المتوسطة للخشونة R_a = 4µm...
	2- صفة السطح وأسلوب الانتاج (خراطة)
	3- (أ) الحد الأقصى المسموح به لعمق الخشونة R_t = 10µm (ب) عمق النعومة R_p من 4 إلى 10µm

كما وضع النظام الولي SI جداول لطرق وأسلوب الإنتاج . جدول 7 – 2 يوضح طرق وأسلوب الإنتاج ودرجة الخشونة R الممكن الوصول إليها بالمكرون .

جدول 7 – 2

طرق وأسلوب الإنتاج ودرجة خشونة الأسطح

(عمق الخشونة R_t الممكن الوصول إليه بالميكرون)

(1 Um = 0.001 mm)

طرق وأسلوب الإنتاج	عمق الخشونة (الحد)		طرق وأسلوب الإنتاج	عمق الخشونة (الحد)	
	الأدنى	الأقصى		الأدنى	الأقصى
السباكة في القوالب الرملية	25	63	البرغلة .. (الدشكلة)	0.4	4.0
السباكة في القوالب المعدنية	10	25	التجليخ السطحي	1	2.5
الحدادة	10	63	تشغيل الثقوب	0.63	2.5
الثقب	16	40	التجويف	0.1	2.5
القطع	–	10	التجليخ الطولي	0.1	1.6
خراطة	2.5	10	الصقل في الاتجاه الطولي	0.04	1.0
التفريز	1.6	10	تجليخ التلميع	0.06	0.4
البرادة	2.5	6.3	التحضين المستوي	0.04	0.25
التلقيط .. (الكشط)	1.6	6.3	التحضين الترددي	–	0.16
القشط	1.0	6.3	الصقل ذو الشوط القصير	0.04	0.1
الخراطة الطولية	1.0	4	تحضين التلميع	–	0.04

رموز ومصطلحات درجة خشونة الأسطح

طبقاً لمواصفات DIN 140

بالرغم من وجود رموز ومصطلحات خشونة الأسطح حسب النظام الدولي SI طبقاً لمواصفات ISO وهو النظام الحديث المستخدم دولياً ، إلا أنه يجب عرض علامات التشغيل القديمة طبقاً لمواصفات DIN 140 للتعرف عليها.

وضعت علامات التشغيل الموضحة بجدول 7 – 3 لتوضيح حالة السطح ، وليست لاختيار طريقة التشغيل.

جدول 7 – 3

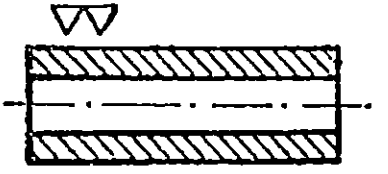
علامات التشغيل طبقاً لمواصفات DIN 140

علامة التشغيل	مدلولها واستخدامها
بدون علامة	للسطوح الخام كالناتجة من عمليات: الحدادة، السحب الضغط، المصب، الدرفلة، التشكيل.
علامة تقريبية	السطوح الخام فى عمليات التشكيل بدون رايش حيث الدقة والعناية فى التنفيذ مثل (الصب النظيف والتشكيل بالقوالب).
	للتخشين فى عمليات القطع المختلفة. فى حالة رؤية آثار القطع دقيقة بالعين المجردة.
	للتنعيم فى عمليات القطع المختلفة فى حالة رؤية آثار القطع دقيقة بالعين المجردة
	للتنعيم الدقيق (التجليخ) فى حالة عدم رؤية آثار القطع بالعين المجردة.
معمول	التشغيل الخاص مثل التجليخ بالتحضين، التلقيط، الصقل بالحجارة، التلميع... إلخ كذلك عملية تحسين السطوح.
مقسى	المعاملات الخاصة بواسطة التكيل، الطلاء، النمش، التقسية.. إلخ حالات التشطيب مثل: مقسى، غير مقسى.

أمثلة لعلامات تشغيل DIN :

فيما يلي عرض لبعض الأمثلة السابق استخدامها في علامات التشغيل لتوضيح درجة خشونة أو نعومة الأسطح طبقاً لمواصفات DIN 140.

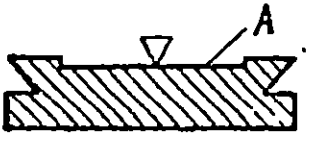
1. العلامة الموضحة بشكل 7 – 21 تعني تنعيم في عمليات القطع لجميع الأسطح.



شكل 7 – 21

تنعيم جميـــــع الأسطح

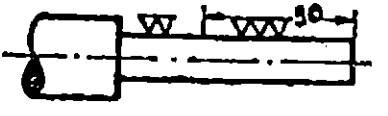
2. العلامة الموضحة بشكل 7 – 22 تعني تخشين في عمليات القطع لجميع الأسطح ما عدا السطح (A).



شكل 7 – 22

تنعيم جميع الأسطح ما عدا السطح (A)

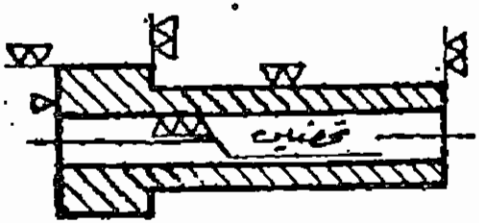
3. العلامات الموضحة بشكل 7 – 23 تعني تنعيم في عمليات القطع للسطح الأمامي، ويضاف إليه تنعيم دقيق (تجليخ) بطول 90 مم.



شكل 7 – 23

تنعيم وتجليخ السطح المشار إليه

4. شكل 7 – 24 يوضح مشغولة مطلوب تشغيلها بعمليات قطع بـــدرجات مختلفـــة (تخشين – تنعيم – تحضين).



شكل 7 – 24

تشغيل أسطح المشغولة بدرجات مختلفة

(تخشين – تنعيم – تحضين)

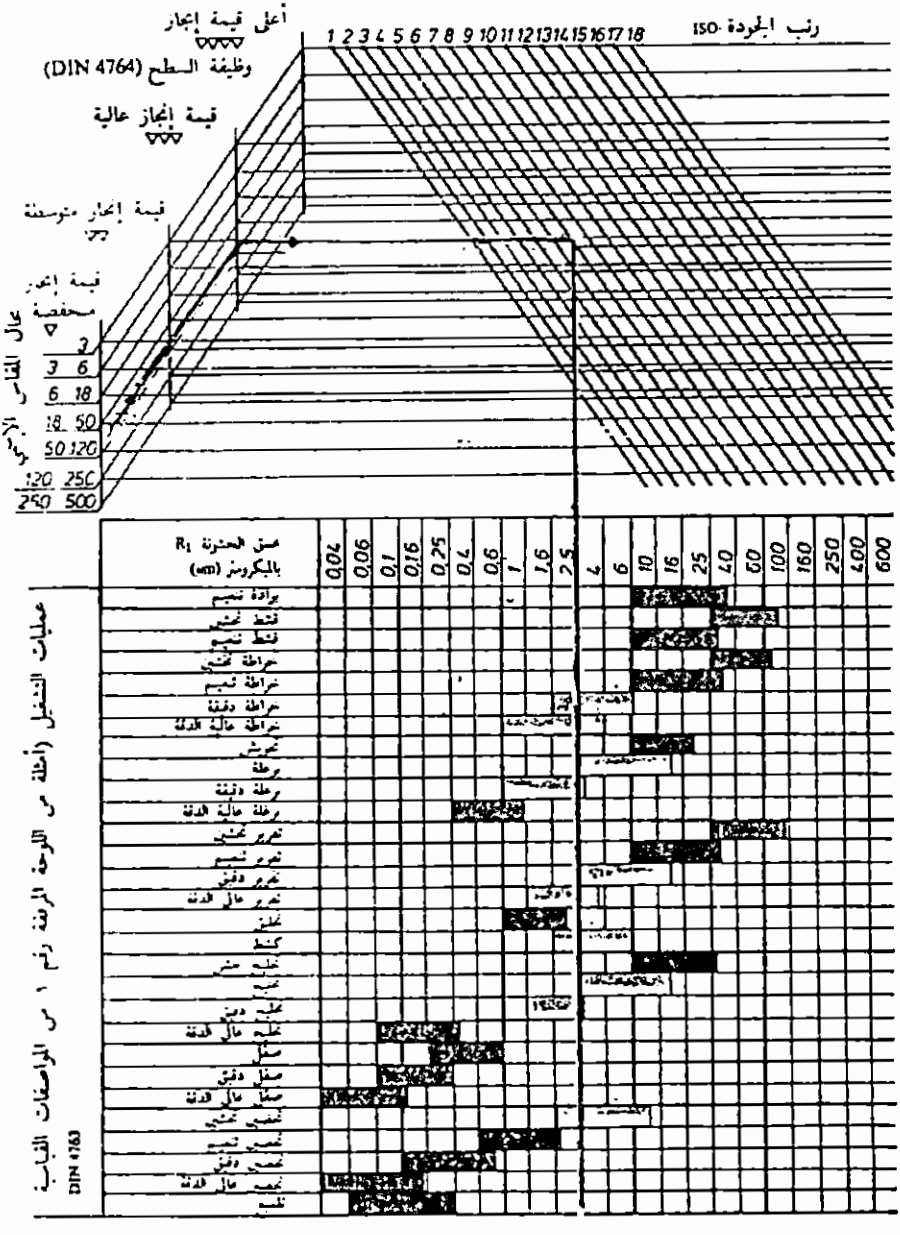
المخطط الموضح بجدول 7 – 4 يبين العلاقة بين عمق الخشونة المسموح بها وكل من المقاس الاسمي ورتب جودة ISO ، وقيم إنجاز السطح وعمليات التشغيل التي يمكن بها التوصل إلى القيم المختلفة لعمق الخشونة.

وضع هذا المخطط حسب النظامين ، النظام الدولي SI طبقاً للمواصفات الفنية القياسية ISO ، والمواصفات القياسية DIN 4764.

إذا كان التفاوت المسموح به صغيراً ، وجب منطقياً أن يكون عمق الخشونة المسموح به صغيراً أيضاً ، وطبقاً للمواصفات القياسية ISO للازدواجات . يتوقف مقدار التفاوت المسموح به على المقاس الاسمي ، وعلى رتبة جودة الازدواج.

جدول 7 – 4

مخطط قيم إنجاز السطح طبقاً للمواصفات القياسية ISO ، DIN



العلاقة بين قيم إنجاز السطح ووظيفته بقطعة التشغيل :

يجب أن يكون لمرتكز التحميل ذي المقاس الاسمي الكبير قيمة صغيرة لعمق الخشونة المسموح به ، لذلك يجب مراعاة قيم إنجاز الأسطح الموضحة بالمخطط السابق حسب وظيفة سطح قطعة التشغيل.

الأسطح ذات قيم الإنجاز العالي جدا ∇∇∇∇ :

هي الأسطح المانعة .. أي هي التي لا تستخدم مواد مانعة للتسرب ، مثل المستخدمة في الضغوط العالية كأوعية وأنابيب الضغط العالي ، وللازدواجات الخلوصية المعرضة لأعلى تحميل (الأسطوانات والكباسات الهيدرولية) ، وللازدواجات التداخلية (أعمدة التوربينات وأطواق العجلات) ، وأسطح القياس في أجهزة القياس (قوالب القياس المنزلقة ــ ومحددات القياس السدادية) ، والأسطح المنزلقة (أسطوانات المحركات).

الأسطح ذات قيم الإنجاز العالي ∇∇∇ :

وهي الأسطح المانعة بدون استخدام مواد مانعة للتسرب والتي تستخدم للضغوط المنخفضة (أوعية الضغط) ، وللازدواجات الخلوصية المعرضة لتحميل كبير (المحامل الانزلاقية) ، وللازدواجات الإنزلاقية (العجلات المنزلقة على الأعمدة) وللأسطح الإنزلاقية (الأدلة الإنزلاقية) ، ولأسطح التدحرج (المحامل التدحرجية وجوانب أسنان التروس) ، ولأسطح التثبيت (الثقوب والسيقان المخروطية لتثبيت العدد).

الأسطح ذات قيم الإنجاز المتوسطة ∇∇ :

الأسطح المانعة مع استخدام مواد مانعة للتسرب ، وأسطح الازدواجات الخلوصية المعرضة لتحميل خفيف (المحامل الإنزلاقية ذات الخلوص الكبير) ، والازدواجات الانتقالية (الأعمدة وصرر العجلات).

الأسطح ذات قيم الإنجاز المنخفضة ∇ :

أسطح الاتصال والتقابل ، وأسطح الربط بمسامير ملولبة للأجزاء الكبيرة.

القياس الحسابي لتشطيب السطح :

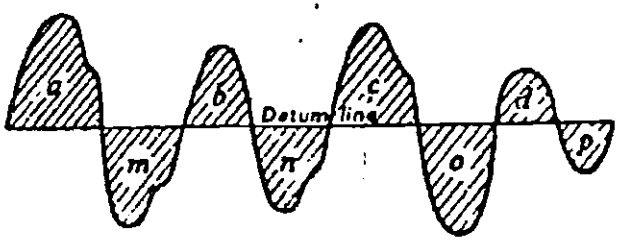
الخشونة المتوسطة Ra الموضحة بشكل 7 – 25 تعني الارتفاع المتوسط للخشونة او متوسط ارتفاع تموجات هذه التضاريس ، وهو تعبير عن الخشونة المتوسطة ، وذلك بالنسبة إلى خط مستقيم أفقي أساسي مرسوم داخل هذه التضاريس ، بحيث يكون مجموع المساحات المحصورة بين هذا الخط وبين تموجات السطح على جانبيه متساوية.

الارتفاع المتوسط للخشونة =

مجموع المساحات المحصورة بين خط التموجات، بغض النظر على اتجاه انحرافها

طول الشكل

$$Ra = \frac{a + b + c + d + m + n + P + G}{L}$$



شكل 7 – 25

الارتفاع المتوسط للخشونة

أسباب خشونة السطح :

الأسباب التي تؤدي إلى خشونة أسطح المشغولات المصنعة وتغيير درجة إستوائها ، هي وجود خطأ معين أو بسبب مجموعة أخطاء مجتمعة وهي كما يلي :-

1. أخطاء في ضبط عدد القطع.
2. عدم كفاءة عدد القطع .. (عدم تناسب عدد القطع مع معادن المشغولات المصنعة).
3. وجود تزليق من عدمه أو استخدام سوائل تبريد غير مناسبة لمعدن المشغولة المصنعة.
4. وجود خلوص بالأدلة الانزلاقية بالماكينة المستخدمة للتشغيل.
5. سرعات القطع غير مناسبة لمعدن وقطر المشغولة .. (بالنسبة للتشغيل على المخرطة).
6. تصنيع المشغولة على ماكينة غير مناسبة.. مثل تنفيذ المشغولة على مقشطة بدلاً من فريزة ، أو تشطيب المشغولة على المخرطة بدلاً من تجليخها.
7. صعوبة التصميم مثل .. وضع رموز تشغيل نعومة عالية.