الباب الأول

1

قلاووظات التثبيت والتوصيل

القلاووظ الفرنسي والإنجليزي

تمهيد

على الرغم تطور الماكينات والمعدات المختلفة ، فإن بعض الورش والمصانع الصغيرة تنتج القلاووظات (اللوالب) بالنظام الإنجليزي بالبوصة و قلاووظات أخرى بالنظام الفرسي بالمليمتر ، علماً بأن هذين النظامين قد ألغي استخدامهما ، حيث توجد بعض الآلات والماكينات القديمة تحـــتوي على مسامير وصواميل بهذه الأنظمة ، وللحاجة إلى عمل صيانة دورية لهذه الماكينات واستبدال القلاووظات التالفة بقلاووظات أخرى مماثلة جديدة . لذلك فإنه يجب إلقاء الضوء على هذه القلاووظات ودراستها والتعرف على كيفية صنعها وإنتاجها.

يتناول هذا الباب القلاووظات بالنظام الإنجليزي بالبوصة والقلاووظات بالنظام الفرنسي بالمليمتر، كما يتعرض للشرح التفصيلي لكل نوع على حدة مع عرض الجداول والمعادلات المختلفة ذات العلاقة والأمثلة المحلولة لكل منهما على حدة.

أسنان القلاووظ (اللوالب)

Screw threads

يشكل سن القلاووظ عن طريق القطع بشكل مجري حلزوني علي السطح الخارجي لعمود أسطواني أو السطح الداخلي لثقب دائري.

يمكن قطع سن القلاووظ بحيث يكون مقطعه بأشكال مختلفة (مثلث ــ مربع ــ شبه منحرف ــ منشاري ــ مستدير) ، ويمكن أن يكون اتجاه السن يمين أو يسار.

تنتج أعمدة القلاووظات والجلب ذات الأقطار الكبيرة عن طريق القطع علي المخرطة باستخدام قلم قلاووظ خارجي أو داخلي ، أما الأعمدة والجلب ذات الأقطار الصغيرة فإنها تقطع يدويا باستخدام قالب أو ذكور لولبة (كفة ولقمة قلاووظ أو بوجي ومجموعة ذكور متدرجة تسمي بطقم قلاووظ).

وتنتج أسنان مسامير القلاووظات ذات الإنتاج الكمي (بكميات كبيرة) عن طريق الدرفلة ، حيث يشكل سن المسمار بواسطة زوج من القوالب المستوية أو الدائرية المشكلة بنفس شكل السن ، وتعتبر هذه الطريقة اقتصادية (أرخص) بالنسبة للكميات الكبيرة ، كما إنها تتميز بجودة التشطيب وبمتانة أعلي.

تعريف القلاووظات : Thread definition

هو مجرى حلزوني منتظم محفور على محيط السطح الخارجي أو الداخلي لقطعة أسطوانية بشكل ومواصفات محـــددة.

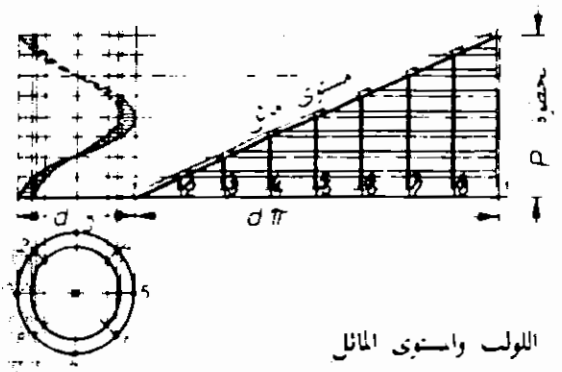
الشكل الأساسي للقلاووظ :

يكون الشكل الأساسي لأى قلاووظ عبارة عن حز مقطوع على محيط أسطوانة على شكل مستوى مائل ليظهر على شكل خط حلزوني ، ويمكن التعبير عن الخط المنحني الحلزوني للقلاووظ عند تحرك نقطة في الاتجاه الطولى (إتجاه المحور) على سطح اسطوانة تدور بانتظام حول محور الأسطوانة ، وتسمى المسافة التي تحركتها النقطة في الاتجاه الطولي لدورة واحدة بالخطوة.

وينشأ عن أفراد المنحنى الحلزوني مثلث قائم الزاوية شكل 1 – 1 تكون قاعدته هي محيط الاسطوانة وارتفاعه هو طول الخطوة ، أما الوتر فيناظر الطول الافرادي للخط الحلزوني ، وتسمى الزاوية المحصورة ما بين محيط الاسطوانة والخط الحلزوني بزاوية الخطوة.

وتتناسب هذه الزاوية تناسبا عكسيا مع قطر القلاووظ وطرديا مع خطوته ، وتتراوح قيمتها في اللوالب العادية ما بين 2 ــ 4 درجات.

ويمكن التحقق من ذلك عند لف ورقة على شكل مثلث قائم الزاوية حول أسطوانة ، بحيث يكون أحد ضلعي الزاوية القائمة ملفوف حول الاسطوانة ، فإن وتر المثلث يكون خط القلاووظ ، ويسمى إرتفاع المثلث وهو في نفس الوقت الضلع الثاني للزاوية القائمة بالخطوة . وعلى ذلك فان خط القلاووظ يمكن تمثيله بخط مستقم مائل ، وتسمى الزاوية التي يميل بها هذا الخط زاوية الخطوة.



شكل 1 – 1

القلاووظ والمستوى المائل

تجربة :

يمكن الحصول على الخط الحلزوني للقلاووظ من خلال دحرجة مسمار ملولب على صفحة من الورق أسفلها ورقة كربون ، حيث ينتج عن إفراد دورة واحدة مستوى مائل يساوى إرتفاع نهايته خطوة القلاووظ

أنواع القلاووظات : Thread Types

تنقسم القلاووظات (اللوالب) من حيث الاستعمال إلى نوعين أساسيين هما:-

أولا : قلاووظات تثبيت وتوصيل Connection and fixing thread definition

مقطع أسنان قلاووظ التثبيت والتوصيل على شكل مثلث ، لذلك تسمى بالوسط الفني بالقلاووظات المثلثة ، وهي تنقسم إلى نوعين أساسيين هما:-

1. **القلاووظ المتري الدولي** : Metric ISO thread

شكل مقطع السنة على شكل مثلث متساوي الأضلاع ، زاوية السن مقدارها 60^0.

2. **القلاووظ الإنجليزي** : English thread

عرف اللولب الإنجليزي باسم Whitworth pipes thread (قلاووظ ويتورث للأنابيب) ، وذلك نسبة إلى مخترعه الإنجليزي ويتورث ، شكل مقطع سنه على شكل مثلث متساوي الساقين . زاوية السن مقدارها 55^0.

ثانيا: قلاووظات نقل حركة Power transmission thread

تنقسم قلاووظات نقل الحركة إلى الأنواع التالية :-

1. قلاووظ مربع Square thread مقطع السن على شكل مربع زاوية السن مقدارها 90^0.. وهو غير قياسي ، حيث ألغي هذا النوع لكثرة عيوبه.
2. قلاووظ شبه منحرف Trapezoidal ISO thread ، مقطع سنه على شكل شبه منحرف . زاوية السن مقدارها 30^0.
3. قلاووظ مستدير Round thread مقطع سنه على شكل نصف دائري . زاوية السن مقدارها 30^0.
4. قلاووظ منشاري Buttress thread ، مقطع سنه على شكل أسنان المنشار . زاوية السن مقدارها 33^0.

أبعاد ومواصفات القلاووظات : Threads specifications & dimensions

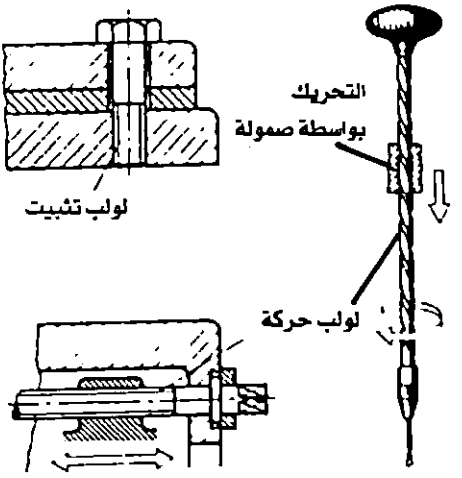
لكل قلاووظ أبعاده المميزة ، ويعتبر القطر Diameter ، وزاوية السن Thread angle ، والخطوة pitch (المسافة بين كل سنتين متتاليتين) أهم هذه الأبعاد.

يشترط عند تركيب الوصلات المقلوظة (الملولبة) توافق القلاووظين المتزاوجين توافقاً تاماً. ولسهولة عمليات التصنيع والإنتاج وإعطاء المنتج صفة التبادلية ، فقد وضع لكل نوع من أنواع القلاووظات مواصفاته القياسية وجداوله الخاصة.

استخدام القلاووظات: Threads Usage

يجب التفرقة بين نوعين أساسيين شكل 1 – 2 (قلاووظ التثبيت ذات السن المثلث ، قلاووظ الحركة ذات سن شبه المنحرف والكتفي والمستدير)، ومن ثم يمكن تعريف استخدام كل منها كالآتي :-

1. إحكام ربط وتثبيت الأجزاء المختلفة.
2. يمكن بواسطة قلاووظ التثبيت عمل وصلات بمسامير قابلة للفك والربط.
3. تستخدم القلاووظات ذات السن المثلث المخروطي في وصلات مواسير المياه والغازات والبخار لمنع التسرب.
4. يمكن بواسطة قلاووظ الحركة تحويل الحركات الدورانية في أعمدة القلاووظات إلى حركات مستقيمة في اتجاهين متضادين يؤديها الجزء المكون للصامولة ، مثل أعمدة التغذية (أعمدة الجر) وأعمدة محاور العربات الإنزلاقية في آلات الورش وغيرها ، كما يمكن تحويل الحركة المستقيمة إلى حركة دائرية بواسطة قلاووظ بخطوة كبيرة كما هو الحال بالمثاقب.



شكل ٣ ١٨٣ : لولب التثبيت
ولولب الحركة

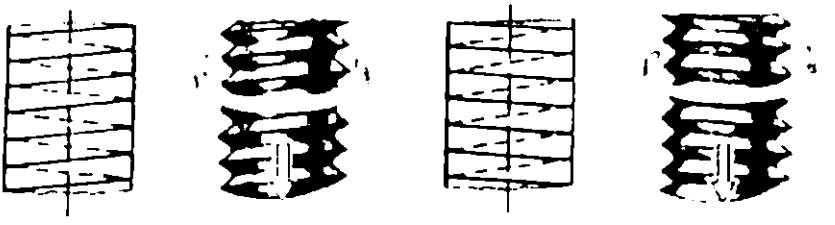
شكل 1 – 2

قلاووظ التثبيت وقلاووظ الحركة

وتبعا لاتجاه الدوران يمكن التمـــييز بين القلاووظ اليميني القلاووظ اليساري شكل 1 – 3 كالآتي :-

عند الإمساك بالقلاووظ في وضع رأسي تصعد أبواب اللوالب اليميني من اليسار إلى اليمين والعكس ويستخدم القلاووظ اليساري.

ويستخدم القلاووظ اليساري عند الخشية من انحلال القلاووظ اليميني أثناء التشغيل مثل تثبيت قرص النجليخ وبدال الدراجة ، أو عند ضرورة تواجد حركة مستقيمة معينة مع اتجاه دوران معطى كالشدادات الملولبة من الطرفين.



قلاووظ يساري قلاووظ يميني

شكل 1 – 3

القلاووظ اليميني والقلاووظ اليساري

وأما من حيث الأبواب فيغرق المرء بين اللولب متعدد الأبواب وعدد أبواب القلاووظ هو عدد بدايات السن عليه وأكثر القلاووظات شيوعا هي الأنواع مفردة الباب وأما متعددة الأبواب فتستعمل حينما يراد الحصول على حركة كبيرة في الاتجاه المحوري من خلال عدد دورات قليل حيث أنه لو حدث ذلك في القلاووظ مفردة الباب ذات الجانبية العادية لتطلب الأمر أعماق كبيرة للسن مما يضعف من المشغولة وفي القلاووظات الثنائية أو المتعمدة الأبواب تكون الخطوة ضعف أو عدة أضعاف التقسيم وتستخدم القلاووظات متعددة الأبواب في المكابس ذات الأعمدة المحورية والتروس الدودية وأقلام الحبر وفي مسامير ضبط المسافات في الأت التصوير.

تعاريف عامة :

يمكن التعرف على القلاووظات المختلفة من حيث الإستخدام ــ تحميل الأسنان ــ جوانب وزاوية السن ــ الخطوة ــ أركان والخلوص رأس السن ــ عمق القلاووظ ــ عمق التحميل ــ القلاووظت ذو الباب الواحد والمتعدد الأبواب ..... إلخ من الآتي :-

تصنيف القلاووظات :

يمكن تصنيف القلاووظات المستخدمة فنياً من حيث .. الجانبية ــ الغرض من الاستعمال ــ اتجاه الدوران ــ عدد الأبواب.

فمن حيث جانبية القلاووظ فإنه يمكن التفرقة ما بين أسنان القلاووظات المثلثة وأسنان قلاووظ شبه المنحرف والقلاووظ الكتفي والقلاووظ المستدير ، أما القلاووظ ذو السن المسطح (القلاووظ المربع) فهو غير عياري وينتج نادراً ، وتكون القلاووظات المستخدمة في صناعة الأخشاب وألواح الصاج والمصابيح الكهربية ذات جانبيات خاصة ، وأما من حيث الغرض من الاستعمال فيمكن التفرقة ما بين نوعين هما قلاووظات التثبيت التي تكون غالباً ذات سن مثلثي ، قلاووظات الحركة ذات السن شبه المنحرف غالباً والتي تستخدم في تحويل الحركة الدائرية إلى حركة

مســتقيمة كأعمدة التغذية (أعمدة الجر) وأعمدة محاور العربات الانزلاقية في آلات الورش ..... وغيرها ، ويمكن تحويل الحركة المستقيمة إلى حركة دائرية بواسطة قلاووظات ذات خطوة كبيرة كما في المثاقب مثل ، وتستخدم القلاووظات المخروطية ذات السن المثلث في منع تسرب الغازات أو البخار.

تحميل القلاووظ :

في بعض الأحيان يحمل القلاووظ بحمل كبير أو ينقل قوى كبيرة جدا ، وغالباً ما يكون تأثير هذه القوى فجائية أو متغير الاتجاه ، وفي هذه الأثناء يكون كل سن من أسنان القلاووظ واقعاً تحت تأثير قوى دفع (قص) ، وقوى ثني وضغط على السطح ، وكلما زاد عدد أسنان القلاووظ المشتركة في نقل القوة إنخفض خطر تمزقه ، كذلك يجب أن تكون جميع أسنان القلاووظ محملة بانتظام ، ولكن غالباً ما تكون الأسنان الأمامية محملة أكثر من الأسنان الخلفية ، مما يتسبب في تغير شكل الأسنان تغيراً مرناً تحت تأثير الضغط ، ومن الضروري لحساب قوة شد المسمار أن يؤخذ في الاعتبار مقطع الجذع .. أي مساحة الدائرة التي قطرها هو قطر القاع (القطر الداخلي).

جوانب وزاوية سن القلاووظ :

تتباين أشكال مقاطع أنواع القلاووظات المختلفة فمنها المثلث وشبه المنحرف والمربع والمنشاري ، وتسمى أسطح التحميل (جوانب القلاووظ) ، وتسمى الزوايا التي جانبى أسنان القلاووظ بزوايا سن القلاووظ.

الخطوة :

الخطوة هي المسافة التي تتحركها الصامولة في إتجاه محور القلاووظ إذا دارت حوله دورة واحدة ، وفي القلاووظ ذي الباب الواحد تكون الخطوة هي البعد بين كل سنة والسنة التي تليها ، وفي القلاووظ ذي البابين تكون هي البعد بين كل السنة والسنة الثانية ، وفي القلاووظ ذي الثلاثة الأبواب تكون الخطوة هي البعد بين كا سنة السنة

والسنة الثالث ..... وهكذا.

أركان وخلوص رأس السن :

الأركان في القلاووظات ذات المقطع المثلث مستديرة ، ويتوقف مقدار هذه الاستدارة على نوع القلاووظ والخطوة ، وبالتالي على عمق القلاووظ ، فإذا زود كل من قلاووظ المسمار على قطره الخارجي و قلاووظ الصامولة على قطره الداخلي بوجه مسطح بدلا من الوجه المستدير ، ينشأ عن ذلك بين القطر الداخلي للصامولة ، وكذلك بين القطر الحارجي للقلاووظ المسمار و قلاووظ الصامولة ، ما يعرف بالخلوص ، ويسمى هذا الخلوص (خلوص رأس السن) . ويمكن بوجود هذا الخلوص الوصول إلى تحميل مؤكد على أوجه القلاووظ، هذا بالإضافة إلى سهولة إنتاج هذا النوع من القلاووظات.

عمق القلاووظ :

عادة يزداد عمق القلاووظ بازدياد خطوته . ويحسب عمق القلاووظ من العلاقة التالية :-.

$$\text{عمق القلاووظ} = \frac{\text{قطر القلاووظ} - \text{قطر القاع}}{2}$$

عمق التحميل :

يختلف عمق التحميل عن عمق القلاووظ من حيث أنه العمق الذي يحمل عليه القلاووظ فعلا ، وبذلك يكون عمق القلاووظ مساويا عمق التحميل + الخلوص.

القلاووظ ذو الباب الواحد والمتعدد الأبواب :

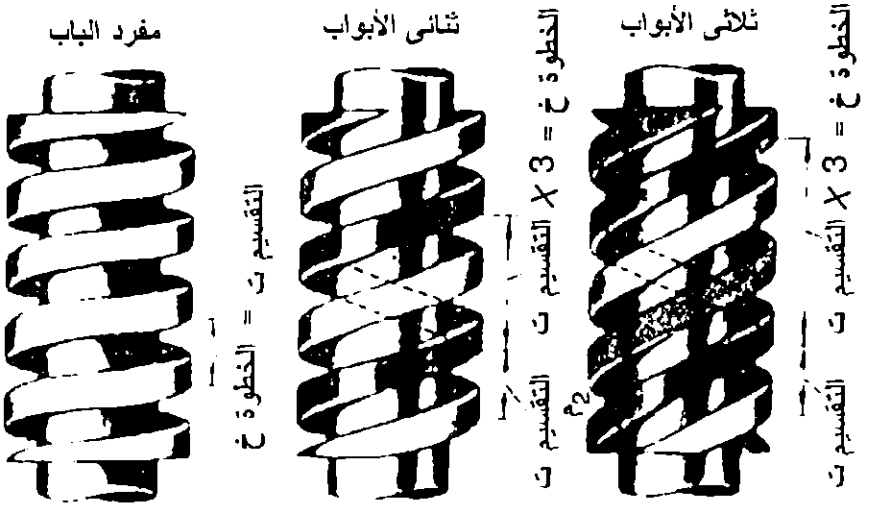
يمكن التفرقة بين القلاووظ ذو الباب الواحد (القلاووظ المفرد) و القلاووظ المتعدد الأبواب من خلال عدد بدايات السن عليه .. أى أن القلاووظ ذو الباب الواحد خطوته ذات مجرى واحدة ، بينما خطوة القلاووظ ذو البابين بمجريين ، وبالتالي خطوة القلاووظ ذو الثلاثة أبواب بثلاثة كما هو موضح بشكل 1 – 4 ، أو يمكن

التعرف عليهم أضاً من خلال دوران صامولة على المسمار ، فإذا التف حول المسمار مقطع واحد من القلاووظ.. هذا يعني أن القلاووظ ذو باب واحد ، وإذ التف حول المسمار أكثر من مقطع سمي قلاووظ متعدد الأبواب ، يمكن بهذه الطريقة الحصول على خطوة كبيرة مع عمق صغير نسبياً ، أي أنه يمكن إبقاء قطر المسمار صغيراً نسبياً وبذلك يكون قوى الاحتكاك أصغر ويكون اللولب في أحوال كثيرة ذا مقاومة كبيرة ، حيث أن القوى تتوزع على عدد أكبر من المقاطع.

يعتبر القلاووظات ذو الباب الواحد (القلاووظ المفرد) من أكثر قلاووظ نقل الحركة إستخداماً ، أما القلاووظات المتعددة الأبواب فإنه يستعمل حينما يراد الحصول على حركة كبيرة في الاتجاه المحوري من خلال عدد دورات قليل ، حيث أنه لو حدث ذلك في القلاووظ مفردة الباب ذات الجانبية العادية لتطلب الأمر أعماقاً كبيرة للسن مما يضعف من قوة تحمل القلاووظ.

القلاووظات الثنائية (القلاووظات التي تحتوي على بابين) أو القلاووظات المتعمدة الأبواب تكون الخطوة ضعف أو عدة أضعاف التقسيم . والغايه من استخدام القلاووظات المتعددة الأبواب هو الحصول على حركة طولية لمسافات كبيرة بدوران بسيط وعمق سن أقل.

تستخدم القلاووظات متعددة الأبواب في المكابس ذات الأعمدة المحورية والتروس الدودية وأقلام الحبر وفي مسامير ضبط المسافات في آلات التصوير ..... وغيرها.



شكل 184/1 اللولب مفرد الباب واللولب متعدد الأبواب

شكل 1 – 4

القلاووظ مفرد الباب و القلاووظ متعدد الأبواب

قلاووظ تثبيت وتوصيل

Connection & fixing thread definition

مقطع سن قلاووظ التثبيت والتوصيل على شكل مثلث زاوية رأسه حادة مقدارها 60^0 أو 55^0.. لذلك يسمى بالوسط الفني بالقلاووظ المثلث.

تستخدم المسامير بالاستعانة بالصواميل لتثبيت الأجزاء بعضها ببعض أو للتثبيت المؤقت (لربط الجزء الذي يكثر استبداله أو فكه وإعادة تثبيته) وأقرب مثال لذلك هو مسمار الربط بحامل القلم بالمخرطة، كما يستخدم القلاووظ المثلث في توصيل الأجزاء بعضها ببعض كما هو الحال بالوصلات المختلفة المقلوظة من الداخل أو من الخارج لإمداد مواسير المياه والغاز.

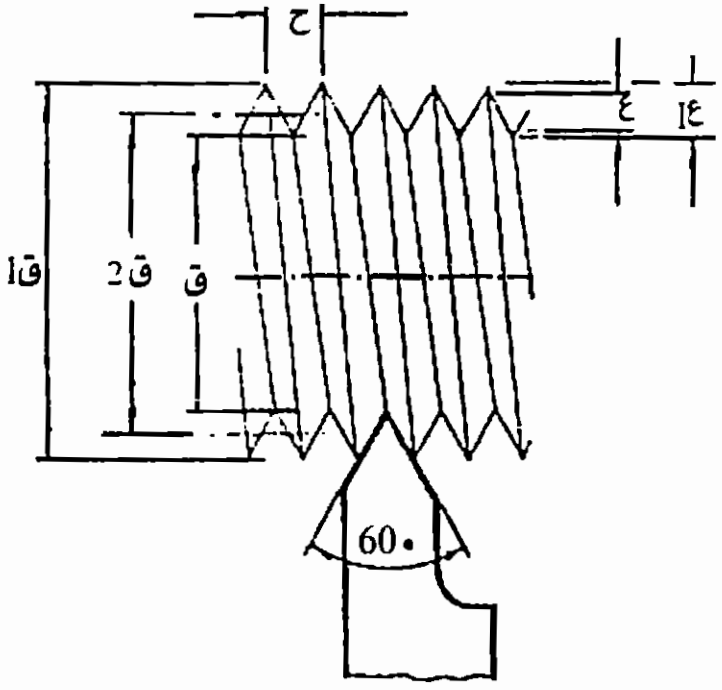
ينتمي قلاووظ التثبيت والتوصيل إلى نظامين هما:-

1. النظام المـــــتري .. Metric System
2. النظام الإنجليزي .. British System

القلاووظ المتري (الفرنسي)

Metric thread

القلاووظ المتري الفرنسي الموضح بشكل 1 – 5 ، أبعاده المميزة هي القطر والخطوة .. يقاس بالمليمتر.



شكل1 – 5

القلاووظ المـتري الفرنسي60°

خ ... الخطوة

ع1 ... ارتفاع مثلث الخطوة = 0.866 × خ

ع ... عمق السن من جهة واحدة = 0.6495 × خ

ع2 ... عمق السن من الجهتين = 1.299 × خ

ق1 ... القطر الخارجي للمسمار

ق2 ... القطر المتوسط أو القطر الفعال = ق1 – ع

ق ... قطر قاع السن للمسمار = قطر ثقب الصامولة

= ق1 – (1.299 × خ)

= ق1 – (1.3 × خ) .. وهو قانون مقرب وشائع الاستخدام.

< .... زاوية سن القلاووظ ... 60°

مقطع سن القلاووظ على شكل مثلث متساوي الأضلاع.

قطر ثقب الصامولة : Nut Hole Diameter

عند ثقب الجلبة أو الصامولة لغرض قطع لولب داخلي بها ليماثل خطوة لولب المسمار ، يكتفي بالثقب باستخدام ثاقب (بنطة) فقط في حالة اللولب ذو القطر لصغير ، أما في حالة اللولب ذو القطر الكبير فإنه يجب أن يستخدم قلم خرط داخلي بعد الثقب بالثاقب (البنطة) ، وذلك باستخدام المعادلة التالية :-

ق = ق1 – (1.3 × خ) ..... قانون

ملاحظة :

يراعي زيادة قطر ثقب الصامولة بمقدار 0.1 ملليمتر ، وذلك بسبب الزوائد الحديدية التي تنتج علي قمة الأسنان .

مثال 1:

مسمار قلاووظ (مسمار ملولب) قطره الخارجي 20 ملليمتر وخطوته 2.5 ملليمتر. أوجد قطر ثقب الصامولة ؟

الحل:

ق = ق1 – (1.3 × خ)

ق = 20 – (1.3 × 2.5)

= 20 – 3.25 = 16.75 مم

الزيادة في القطر بسبب الزوائد الحديدية = 16.75 + 0.1 = 16.85 مم

∴ قطر ثقب الصامولة = 16.9 مم

مثال 2 :

مسمار قلاووظ (مسمار ملولب) قطره 32 مم وخطوته 2 مم . أوجد قطر عدة الصامولة ؟

الحل:

ق = ق$_1$ − (1.3 × خ)

= 32 − (1.3 × 2)

= 32 − 2.6 = 29.4 مم

الزيادة في القطر بسبب الزوائد الحديدية = 29.4 + 0.1 = 29.5 مم

∴ قطر الصامولة = 29.5 مم

مثال 3 :

يراد قطع قلاووظ داخلي بقطعة تشغيل ليثبت بها مسمار قلاووظ قطره 10 مم وخطوته 1.5 مم . أوجد قطر ثقب الصامولة ؟

الحل :

$d = D - 1.3\,p$

$d = D - 1.3 * 1.5$

$= 10 - 1.3 * 1.5$

$= 10 - 1.95 = 8.05$ mm

القطر الداخلي بعد زيادة مقدار الزوائد الحديدية

$= 8.05 + 0.1 = 8.15$mm

لا يوجد ثاقب (بنطة) قطرها 8.15 مم ، لذلك يستخدم ثاقب قطره 8.2 مم لثقب القطر الداخلي المراد لولبته.

تذكر أن :

عند تجهيز المسمار أو الصامولة لقطع القلاووظ الخارجي أو الداخلي ، فإنه

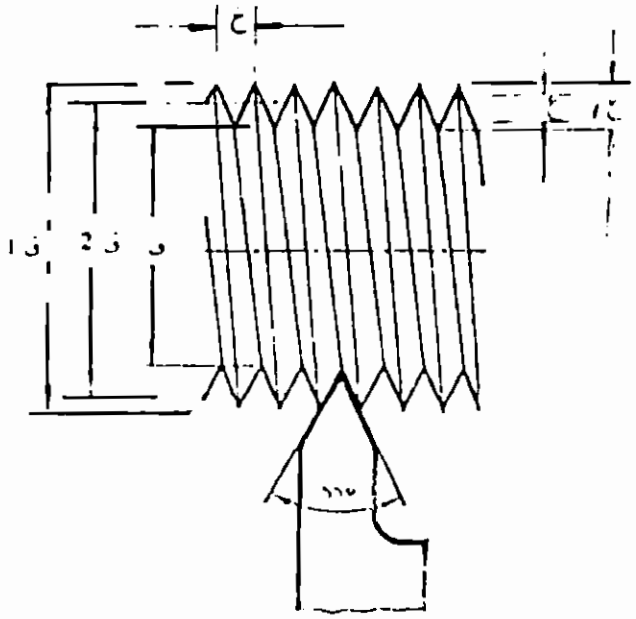
يجب مراعاة الزوائد الحديدية الناتجة بإتباع الإرشادات التالية:-

1. يجب أن يكون القطر الخارجي للمسمار أقل من القطر الاسمي بمقدار 0.1 مم.
2. يجب أن يكون قطر ثقب الصامولة أكبر من قطر السن بالمسمار بمقدار 0.1 مم.

القلاووظ الإنجليزي

Whitworth threads

القلاووظ الإنجليزي الموضح بشكل 1 – 6 يسمى أيضا بقلاووظ وتورث . أبعاده المميزة هي القطر وعدد الأسنان في البوصة الطولية . يقاس بالبوصة.



شكل 1 – 6

القلاووظ الإنجليزي وتورث 55^0

ن ... عدد الأسنان في البوصة الطولية

خ ... الخطوة = $\frac{25.4}{ن}$.. مم

ع1 ... ارتفاع مثلث الخطوة = 0.96049 × خ

ع ... عمق السن من جهة واحدة = 0.64033 × خ

ع2 ... عمق السن من الجهتين = 1.28 × خ

ق1 ... القطر الخارجي للمسمار

ق2 ... القطر المتوسط أو القطر الفعال = ق1 – ع

ق ... قطر قاع السن للمسمار = قطر ثقب الصامولة

= ق – (1.28 × خ)

< ... زاوية السن ... 55°

مقطع سن القلاووظ على شكل مثلث متساوي الساقين ذي رأس وقاع مستديرة.

قطر ثقب الصامولة : Nut Hole Diameter

عند ثقب الجلبة أو الصامولة لقطعهما بقلاووظ يماثل خطوة قلاووظ المسمار أو عدد أسنانه في البوصة الطولية يستخدم القانون التالي:-

ق = ق1 – (1.287 × خ)

مع ملاحظة تحويل ق1 من البوصة إلى الملليمترات،

$$\text{خ} = \frac{25.4}{\text{عدد الأسنان في}} = \frac{25.4}{\text{ن}}$$

$$\therefore \text{ق} = (\text{ق}_1 \times 25.4) - (1.28 \times \frac{25.4}{\text{ن}}) = \ldots \text{مم} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(قانون)}$$

مثال 1:

مسمار قلاووظ (مسمار ملولب) قطره الخارجي $\frac{3}{4}$ " وعدد أسنانه 10 سنة في البوصة . أوجد قطر ثقب الصامولة بالملليمترات ؟

الحل:

$$\text{ق} = (\text{ق}_1 \times 25.4) - (1.28 \times \frac{25.4}{\text{ن}})$$

$$(\frac{25.4}{10} \times 1.28) - (25.4 \times \frac{3}{4}) =$$

$$(\frac{254}{10\times10} \times \frac{128}{100}) - (\frac{25.4}{10} \times \frac{3}{4}) =$$

$$= 19.05 - 3.25 = 15.8 \text{ مم}$$

∴ قطر ثقب الصامولة = 15.8 مم

مثال 2:

مسمار قلاووظ (مسمار ملولب) قطره الخارجي $\frac{1}{2}$ " وعدد أسنانه 12 سنة في البوصة . أوجد قطر ثقب الصامولة بالملليمترات ؟

الحل:

$$\text{ق} = (\text{ق}_1 \times 4\ 25) - (\frac{25.4}{\text{ن}} \times 1.28)$$

$$= (25.4 \times \frac{1}{2}) - (\frac{25.4}{12} \times 1.28)$$

$$= 12.7 - 2.7 = 10 \text{ مم}$$

∴ قطر ثقب الصامولة = 10 مم