الباب الثاني
2

أسس عمليات قطع المعادن

FUNDAMENTALS OF CUTTING OPERATIONS

تمهيد

يرافق عمليات تشغيل المعادن بالقطع إنفصال طبقات من أسطح المشغولات على هيئة رايش ، وذلك للحصول على منتج بالشكل والمقاس ودرجة التشطيب المطلوبة .

يتناول هذا الباب الشرح التفصيلي لأسس عمليات قطع المعادن ، التي تشتمل على أدوات القطع والشروط التي يجـــب أن تتوفر في هذه الأدوات ، وحياة الحد القاطع ، والحركات اللازمة لتشغيل آلات قطع المعادن المختلفة ، والرايش ونظرية تكوينه.

كما يتعرض إلى عناصر القطع الأساسية التي تتمثل في سرعة القطع ، ومقدار التغذية ، وعمق القطع ، وتحليل القوى المؤثرة في عمليات قطع المعادن المختلفة ، والمعادلات ذات العلاقة لكل منها على حدة.

تشغيل المعادن بالقطع

METALS PROCESSING BY CUTTING

يعتبر أسلوب تشغيل المعادن بالقطع بإزالة الرايش من أفضل أساليب التشغيل في مجال الإنتاج الصناعي ، وذلك لإمكان الحصول بواسطته على منتجات ذات دقة وجودة عالية . لذلك نجد أن التطور في هذه الآلات يزداد يوما بعد يوم ، حتى أصبح استخدامه يعطى أفضل النتائج بأقل التكاليف وخصوصاً بآلات الإنتاج الكمي (إنتاج السلعة الواحدة إنتاجاً متكرراً بالجملة) والآلات الأوتوماتية.

لا تقتص عمليات تشغيل المعادن بالقطع بإزالة رايش على تشغيل المعادن الخام والمنتجات نصف المصنعة فحسب ، بل هي مكملة لعمليات تشكيل المعادن المنتجة عن طريق السباكة ــ الحدادة ــ الكبس ــ الدرفلة ..... إلخ ، لأن أكثر المنتجات المصنعة عن طريق التشكيل يتم تشغيلها بعمليات قطع أخرى كالخراطة ــ الثقب ــ القشط ــ التفريز ..... إلخ ، وذلك لإكتساب أسطحها الجودة مع دقة القياس.

وتتم عمليات إزالة الطبقات الزائدة من المعادن المختلفة ميكانيكياً عم طريق العدد القاطعة التي تحركها ماكينات القطع المختلفة ، حيث تتحرك الخامة حركة أخرى لها إرتباطاً مع حركة العدة القاطعة ، وتنقسم هذه الحركات إلى حركات أساسية وحركات ضبط مساعدة ، ومن هذه الحركات حركة القطع وحركة التغذية وحركة عمق القطع ، أما حركات الضبط المساعدة فهي حركة التقسيم المستخدمة أثناء عمليات قطع أسنان التروس .

فيما يلي عرض تفصيلي لحركات التشغيل بآلات قطع المعادن المختلفة كل منها على حدة.

حركات التشغيل بآلات قطع المعادن :

Processing motions by using metals cutting machines

تـــتم عملـــيات إزالة الطبقات الزائدة من الخامات أو الأجزاء المراد تشغيلها ميكانيكياً على آلات القطع المختلفة باستخدام العدد القاطعة المناسبة لكل ماكينة ، حيث تنتقل الحركة لأدوات القطع من خلال التجهيزات الموجودة بالماكينات ، بينما تتحرك الخامة أثناء عمليات التشغيل حركة أخرى لها ارتباطاً مع حركة العدة القاطعة.

ويمكن تقسيم هذه الحركات إلى ثلاثة حركات أساسية كالآتي:-

1- حركة القطع.

2- حركة التغذية.

3- حركة الاقتراب.. (حركة العدة عند ضبط وضعها على عمق القطع لإزالة طبقة من المعدن).

فيما يلي عرض لحركات التشغيل بآلات قطع المعادن المختلفة .. مع شرح لحركات كل منها على حدة.

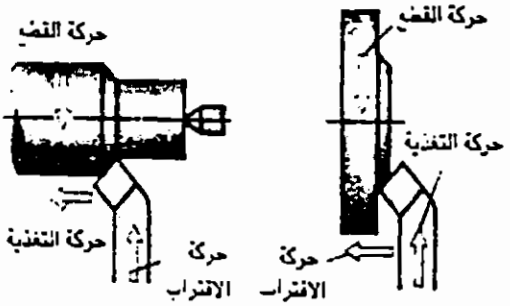
حركات التشغيل بالمخرطة Processing motions on lathe :

تتم حركات التشغيل الأساسية بالمخرطة والموضحة بشكل 2 - 1 على النحو التالي:-

1- حركة القطع: هي الحركة الدورانية لظرف المخرطة الحامل للمشغولة.

2- حركة التغذية: هي الحركة المستقيمة للقلم والموازية لمحور المشغولة ، وتسمى بالحركة الطولية.

3- حركة الاقتراب (عمق القطع): هي الحركة المستقيمة للقلم والعمودية على محور المشغولة ، وتسمى بالحركة العرضية.



شكل 2 – 1

حركات التشغيـــل على المخرطة

حركات التشغيل بالفريزة الأفقية :

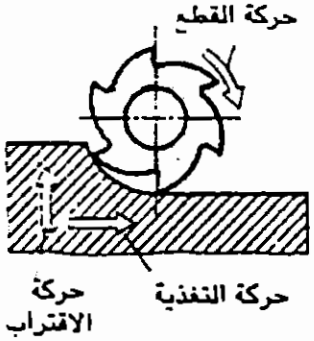
Processing motions at milling machine

تتم حركات التشغيل الأساسية بالفريزة الأفقية والموضحة بشكل 2 – 2 على النحو التالي:-

1- حركة القطع: هي الحركة الدورانية للسكينة.

2- حركة التغذية: هي الحركة المستقيمة للمشغولة والموازية لمحور السكينة.

3- حركة الاقتراب (عمق القطع): هي الحركة العمودية للمشغولة في الاتجاه العلوي على مستوى محور السكينة.



شكل 2 – 2

حركات التشغيل على الفريزة الأفقية

حركات التشغيل بالفريزة الرأسية :

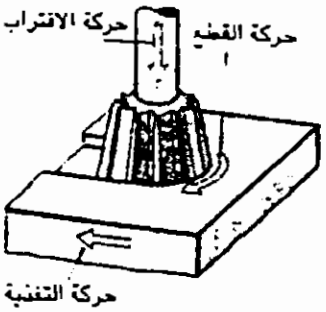
Processing motions at vertical milling machine

تتم حركات التشغيل الأساسية بالفريزة الرأسية الموضحة بشكل 2 – 3 على النحو التالي:-

1- حركة القطع: هي الحركة الدورانية للسكينة.

2- حركة التغذية: هي الحركة المستقيمة للمشغولة المتعامدة مع محور السكينة.

3- حركة الاقتراب (عمق القطع): هي الحركة العمودية للسكينة في الاتجاه الأسفل.



شكل 2 – 3

حركات التشغيل على الفريزة الرأسية

حركات التشغيل بالمقشطة النطاحة :

Processing motions at shaping machine

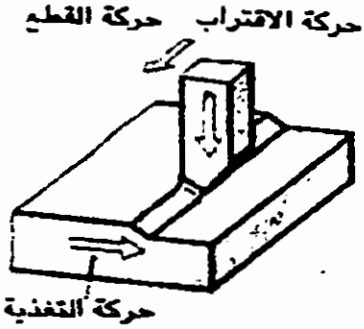
تتم حركات التشغيل الأساسية بالمقشطة النطاحة الموضحة بشكل 2 – 4 على النحو التالي:-

1- حركة القطع: هي المشوار الفعال بالحركة الترددية للقلم ، حيث يتحرك التمساح حركة مستقيمة مترددة بمشوارين ، إحداهما هو المشوار الفعال ويسمى بمشوار القطع ، والآخر هو مشوار الرجوع ويسمى بالمشوار العاطل.

2- حركة التغذية: هي الحركة المستقيمة للمشغولة والموازية لمحور مسار القلم ، أو مقدار الإزاحة العرضية للمشغولة بعد كل شوط مزدوج.

3- حركة الاقتراب (عمق القطـــع): هي الحركة العمودية للمشغولة في الاتجاه

العلوي بمستوى محور مسار القلم.



شكل 2 – 4

حركات التشغيل على المقشطة النطاحة

حركات التشغيل بالمقشطة العربية :

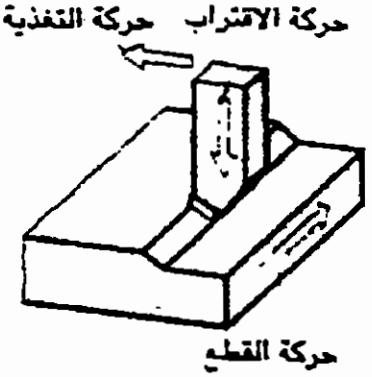
Processing motions at drilling machines

تـــتم حـــركات التشغيل بالمقشطة العربية الموضحة بشكل 2 – 5 على النحو التالي:-

1- حركة القطع: هي المشوار الفعال بالحركة الترددية للمشغولة ، حيث تتحرك العربة حركة مستقيمة مترددة بمشوارين أحدهما هو المشوار الفعال ويسمى بمشوار القطع ، والآخر هو مشوار الرجوع ويسمى بالمشوار العاطل.

2- حركة التغذية: هي الحركة المستقيمة للقلم والموازية للمشغولة ، أو مقدار الإزاحة العرضية للقلم بعد كل شوط مزدوج.

3- حركة الاقتراب (عمق القطع): هي الحركة العمودية للقلم في الاتجاه الأسفل لسطح المشغولة.



شكل 2 – 5

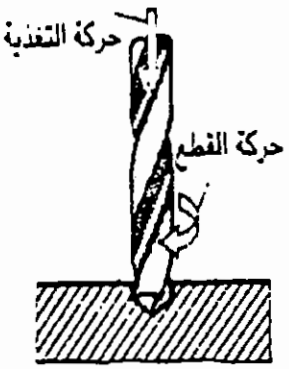
حركات التشغيل على المقشطة العربية

حركات التشغيل بالمثقاب Processing motions at drilling machine :

حركات التشغيل الأساسية بالمثقاب هما حركتين فقط ، كما هو موضح بشكل 2 – 6 على النحو التالي:-

1- حركة القطع: هي الحركة الدورانية للثقاب (البنطة).

2- حركة التغذية: هي الحركة العمودية المحورية للثاقب (البنطة) في الاتجاه الأسفل على سطح المشغولة.



شكل 2 – 6

حركات التشغيـــل بالمثقاب

حركات التشغيل في آلة التجليخ السطحي :

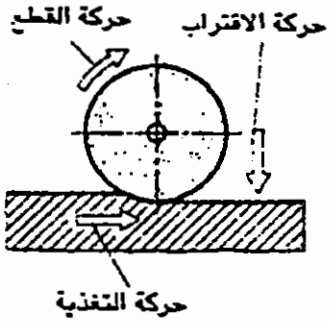
Processing motions cylindrical grinding machine

تتم حركات التشغيل الأساسية على آلة التجليخ السطحي كما هو موضح بشكل 2 – 7 على النحو التالي:-

1- حركة القطع: هي الحركة الدورانية لقرص التجليخ الأسطواني.

2- حركة التغذية: هي الحركة المستقيمة المترددة للمشغولة والموازية لمحور قرص التجليخ.

3- حركة الاقتراب (عمق القطع): هي الحركة العمودية لقرص التجليخ في الاتجاه الأسفل (اتجاه المشغولة).



شكل 2 – 7

حركات التشغيـــل بآلة التجليخ السطحي

حركات التشغيل بآلة التجليخ الأسطواني :

تتم حركات التشغيل الأساسية بآلة التجليخ الأسطواني كما هو موضح بشكل 2 – 8 على النحو التالي:-

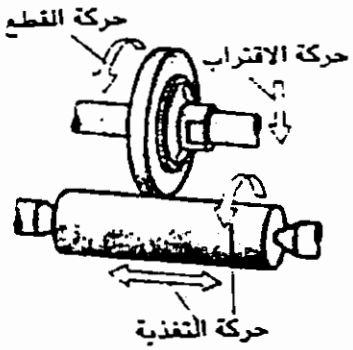
1- حركة القطع: هي الحركة الدورانية لقرص التجليخ.

2- حركة التغذية: وتتم بحركتين هما:-

(أ) حركة دورانية للمشغولة في اتجاه حركة دوران قرص التجليخ.

(ب) حركة مستقيمة مترددة للمشغولة والموازية لمحور دوران قرص التجليخ.

3- حركة الاقتراب (عمق القطع): هي الحركة العمودية لقرص التجليخ في الاتجاه الأسفل (اتجاه المشغولة).



شكل 2 – 8

حركات التشغيل بآلة التجليخ الأسطواني

مبادئ عمليات قطع المعادن

Principles of Metal Cutting Processes

أعتقد بالنظريات الأولى القديمة أن أداة القطع تعمل على تمزيق المعدن بشقه كما هو الحال أثناء القطع العمودي ، إلا أن البحوث التي توالت بعد ذلك أثبتت أن الحد القاطع يقابل معدن الشغلة بسرعة ، حيث يتجمع الرايش وينساب على السطح العلوي للحد القاطع أثناء عمليات التشغيل في الإتجاة الأقل مقاومة ، حيث تزداد الإجهادات المؤثرة عليه عن أقصى جهد تحمل للقص لينفصل الرايش بأسلوب الإنزلاق على مستوى القص.

نبذة تاريخية :

يعتبر العالم تريسكا Tresca أول من حاول تعريف ميكانيكية قطع المعادن وذلك في عام 1873م ، حين فسر عملية قطع المعادن بأنها عبارة عن ضغط Compression يولده رأس العدة Tool point عند ملامسته للشغلة مصحوباً بجهد قص Shearing stress في مستوى قص Shear plane موازي لسطح الشغلة ينتج عنة إزالة طبقة معدنية تسنى بالرايش.

وفي نفس الزمن قد حاول عالم آخر هو تيمي timme والذي كان يعمل في هذا المجال تعريف عملية القطع بأنها عملية قص في مستوى قص ، يحدث بزاوية قص Shear angle ، وشرح بنظريته بأن تشكيل الرايش Chip formation يتولد عن طريق تكسير المعدن على مستوى القص.

وتوالت أعمال كل من مارتيلوتي Martelloti في عام 1935م، وايرنست Earnest في عام 1938م، ومشاركة ايرنست مع وميرشنت Earnest & Merchant في عام 1940م .. اللذان فسرا تعريف نظرية ميكانيكية قطع المعادن أدق تفسير.

عناصر القطع الأساسية

ELEMENTS OF THE FUNDAMENTALS CUTTING

يرافق عملية تشغيل المعادن بالقطع إنفصال طبقة أو طبقات من المعدن عن سطح الشغلة لينتج عنه فصل أجزاء صغيرة من المادة تسمى رايش ، وذلك للحصول على قطعة حسب الشكل والمقاسات ودرجة نعومة وجودة تشطيب الأسطح المطلوبة.

وهناك بغض المصطلحات الفنية في هذا المجال ، التي يجب إلقاء الضوء عليها وهي سرعة القطع – التغذية – عمق القطع – مساحة مقطع الرايش – الزمن الأساسي .. (زمن التشغيل) .

فيما يلي شرح تفصيلي لهذه المصطلحات ، مع عرض المعادلات والأمثلة المحلولة ذات العلاقة لكل منهم على حدة.

سرعة القطع Cutting Speed :

يحـــدث القطع عند تحرك الحد القاطع للعدة Cutting edge بسرعة نسبية على السطح المراد تشغيله . وتنشأ هذه الحركة من إدارة ماكينات التشغيل ، حيث تدار هذه الماكينات بسرعات مختلفة لتوافق سرعات القطع المناسبة لكل حالة.

وبالـــتأمل نـــرى أن ماكيـــنات التشغيل بالقطع الدائري مثل المخارط – الفرايز – المـــثاقب – آلات التجليخ .. تدور بسرعات تقدر بعدد الدورات في الدقيقة r. p. m ، مع إن ســـرعات القطع هي سرعات خطية Leaner ، ويجب أن تقدر بوحدات طولية في كل دقيقة.

وترتبط السرعات الخطية أو السرعات المحيطية بسرعة الدوران بالعلاقة التالية:-

$$V = \frac{\Pi * d *}{N} = \ldots\ldots m / min$$

حيث **V** ..... سرعة القطع (متر/ دقيقة). **m /min**

n ..... النسبة التقريبية **3.14**

d ..... قطر المشغولة بالمليمترات **mm**

π d ... محيط المشغولة بالملليمترات mm

N .... عدد الدورات في الدقيقة (r.p.m.)

1000.. تعنى التحويل من الملليمترات إلى أمتار.

ونظراً لكبر الرقم الناتج لسرعة القطع عند استخراجه بالملليمترات/ الدقيقة ، لذلك يقسم على 1000 ليكون الناتج بالمتر/ دقيقة.

غالباً .. نحتاج إلى إيجاد انسرعة الدورانية للمخرطة N التي تقدر بعدد الدورات في الدقيقة) .

ويمكن إيجاد قيمة السرعة الدورانية للمخرطة N من خلال سرعة القطع V وقطر المشغولة d من العلاقة التالية:-

$$N = \frac{1000 * V}{\Pi * d}$$

مثال :

مشغولة أسطوانية قطرها 60mm ، يراد تشغيلها على المخرطة بسرعة قطع (V) مقدارها 25 m / min . أوجد سرعة المخرطة N ؟

الحل :

$$N = \frac{1000 * V}{\Pi * d}$$

$$= \frac{1000 \times 25 \times}{7} = 132 \text{ rev/min}$$

هذا يعنى أن السرعة المناسبة للمخرطة هي 130 لفة/ دقيقة.

عادة تؤخذ سرعة الدوران (عدد اللفات / الدقيقة) المناسبة للقطر المراد تشغيله ، وذلك من خلال الجداول الخاصة بسرعات القطع والتي يوصى باستخدامها نتيجة الأبحاث والتجارب السابقة . علماً بأن الجداول المشار إليها وضعت كإشارات ولا تعتبر أوامر يجب تطبيقها ، كما يمكن اختيار سرعة القطع المناسبة بالخبرة .. وبصفة عامة ، تعتمد سرعة القطع بماكينات التشغيل على العوامل الآتية:-

1- قطر المشغولة المراد قطعها.

2- معدن المشغولة .. (زهر – صلب – نحاس – ألمونيوم .... الخ)

3- مادة أداة القطع .. (صلب كربوني – صلب سرعات عالية – لقم كربيدية أو خزفية ..... الخ).

4- طبيعة عملية القطع .... (تخشين – تنعيم).

5- قدرة وحالة الماكينة.

وفى ماكينات التشغيل التي تدار فيها آلة قطع (Cutter) كالفريزة والمثقاب، يكون قطر آلة القطع (Cutter diameter) هى التي يتم بمقتضاها حساب سرعة دوران الماكينة ، بحيث تناسب نوع معدن المشغولة.

أما الماكينات ذات القطع المتردد كالمقاشط ، فإنه يمكن إيجاد سرعة القطع من العلاقة التالية:-

$$V = \frac{R\,N}{1000} = \ldots\ldots\ m / min$$

حـيث V .... سرعة القطع (متر/ دقيقة).

N ... عدد المشاوير القاطعة (مشوار/ دقيقة).

R ... طول المشوار بالمليمتر.

$$ta = \frac{\text{طول مشوار الخراطة}}{\text{التغذية فى الدقيقة}} = \ldots\ min \ldots\ldots$$

زمن التشغيل الفعلى

$$= \frac{L}{F * N} = \ldots\ldots\ min \ldots\ldots$$

$$S = \frac{L}{ta * N} \quad \ldots\ldots\ mm / rev$$ ..... مقدار التغذية

حيث ta .... زمن التشغيل الفعلى بالدقيقة (min).

L .... مسافة الخراطة الطولية بالمليمتر (mm).

S .... مقدار التغذية فى الدقيقة (mm / rev).

N ... عدد اللفات فى الدقيقة (r.p.m)

وفى حالة عدم معرفة سرعة الدوران (N) يمكن تحديد زمن التشغيل الفعلى،

ومقدار التغذية من المعادلة التالية:-

زمن التشغيل الفعلى

$$ta = \frac{}{} = \text{..... min .....}$$

أو

$$ta = \frac{L * \Pi *}{d.} = \text{..... min .....}$$

مقدار التغذية .....

$$S = \frac{L * \Pi * d}{ta * V} \text{ ... mm / rev}$$

ويمكـــن حساب زمن القطع ومقدار التغذية فى الخراطة العرضية من المعادلة التالية:-

عدد اللفات فى الدقيقة.....

$$N = \frac{V}{\Pi * d} = \text{..... r. p. m}$$

زمن التشغيل الفعلى....

$$ta = \frac{r}{S * N} = \text{..... min}$$

مقدار التغذية....

$$S = \frac{r}{ta * N} = \text{..... mm / rev}$$

التغذية Feeding :

هي المسافة التى يتقدمها الحد القاطع أثناء دوران المشغولة دورة واحدة .. وحدة قياسها هى المليمتر/ لفة ..... rev / mm . شكل 2 – 9 يوضح عناصر القطع الأساسية أثناء التشغيل على المخرطة .

ويمكن تحديد زمن التشغيل الفعلي ، ومقدار التغذية (للخراطة الطولية) من العلاقة التالية:-

زمن التشغيل الفعلي

$$t = \text{.... min .....} \frac{\text{طول مشوار الخراطة}}{\text{التغذية فى الدقيقة}}$$

$$= \frac{L}{F * N} \text{ ١ .....}$$

مقدار التغذية .....

$$S = \text{.....} = \text{....} \frac{1}{ta * N} \text{ rev}$$

حـيث ta .... زمن التشغيل الفعلي بالدقيقة (min).

L .... مسافة الخراطة الطولية بالمليمتر (mm).

S .... مقدار التغذية في الدقيقة (mm / rev).

N ... عدد اللفات في الدقيقة (r.p.m)

وفى حالة عدم معرفة سرعة الدوران (N) ، فإنه يمكن تحديد زمن التشغيل الفعلي ومقدار التغذية من العلاقة التالية:-

زمن التشغيل الفعلي

$$ta = \frac{V}{\Pi * d} \text{ min} .....$$

أو

$$ta = \frac{L * \Pi *}{F * V} d. = ... \text{ min} .....$$

مقدار التغذية .....

$$S = \frac{L * \Pi * d}{ta * V} = ...$$

mm / rev

كما يمكن حساب زمن القطع ومقدار التغذية في الخراطة العرضية من العلاقة التالية:-

عـدد اللفـات فى الدقيقة.....

$$N = \frac{V}{\Pi * d}$$

= ..... r. p. m

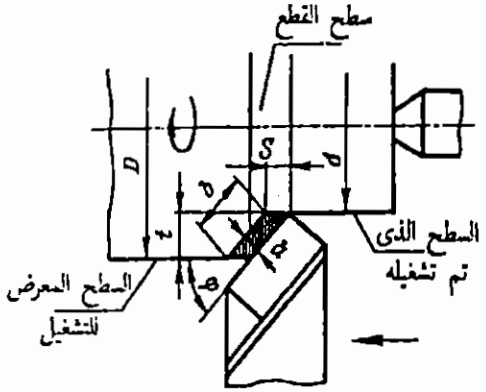
زمـن التشغيل الفعلي....

$$ta = \frac{r}{S * N}$$

= ..... min

مقدار التغذية....

$$S = \frac{r}{ta * N} = ... \text{ mm / rev}$$



شكل 2 – 9

عناصر القطع أثناء التشغيل على المخرطة

حـيث D ... قطر الجزء المراد تشغيله (القطر قبل التشغيل).

d ... القطر بعد التشغيل.

S ... مقدار التغذية.

b ... عرض الرايش المنزوع.

φ ... زاوية الحد القاطع، أو زاوية الاقتراب الأفقية.

a ... سمك الرايش المنزوع.

t ... عمق القطع، أو طبقة الرايش المنزوعة خلال مشوار واحد للقلم.

عمق القطع Depth Of Cut :

هي طبقة المعدن المنزوعة خلال شوط واحد لآلة القطع ، ويقاس عمق القطع بالمليمتر mm ويرمز له بالرمز t .. راجع الشكل السابق 2 – 9 .

ويعتبر مقدار عمق القطع في أعمال الخراطة هو نصف الفرق بين قطر المشغولة قبل التشغيل وقطر السطح المشغل الذي يتم الحصول عليه بعد شوط واحد للقلم ، ويمكن إيجاد عمق القطع t من العلاقة التالية:-

$$t = \frac{D - d}{2} = \ldots\ldots \text{ mm}$$

حيث D ..... قطر المشغولة بالمليمتر قبل التشغيل

d .... قطر المشغولة بالمليمتر بعد التشغيل.

بالإضافة إلى سرعة القطع ومقدار التغذية وعمق القطع، هناك عرض وسمك الجزء المنزوع.

عرض الجزء المنزوع (الرايش) Width of chip :

هو المسافة بين السطح المعرض للتشغيل والسطح الذي تم تشغيله ، مقاسه على سطح القطع كما هو موضح بالشكل السابق 2 – 9 . ويقاس عرض الجزء المنزوع بالمليمتر ويرمز له بالرمز b.

والمعادلة التالية توضح العلاقة بين عرض الجزء المنزوع وعمق القطع.

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}$$

سمك الجزء المنزوع Thickness of chip :

هو المسافة بين وضعيين متتاليين للحد القاطع خلال دوران المشغولة دورة واحدة ، وتقاس بشكل عمودي على الجزء المنزوع.

ووحدة قياس سمك الجزء المنزوع هى المليمتر ، ويرمز لها بالرمز a. والمعادلة التالية توضح العلاقة بين سمك الجزء المنزوع ومقدار التغذية S وزاوية الاقتراب الأفقية φ .. راجع الشكل السابق 2 – 9 .

$$a = S \cdot \sin \varphi$$

مساحة المقطع العرضي للجزء المنزوع :

هي عبارة عن حاصل ضرب عمق القطع t مع مقدار التغذية S ، أو عرض الجزء المنزوع b والسمك a .. راجع الشكل السابق 2 – 9 .

ويرمز إلى مساحة المقطع العرضي للجزء المنزوع بالرمز f ، وحدة قياسها هي المليمتر المربع mm^2.

$$f = t \cdot s = a \cdot b = mm^2$$

مثال :

احسب مساحة المقطع العرضي للطبقة المنزوعة بجزء يراد تشغيله إذا كان

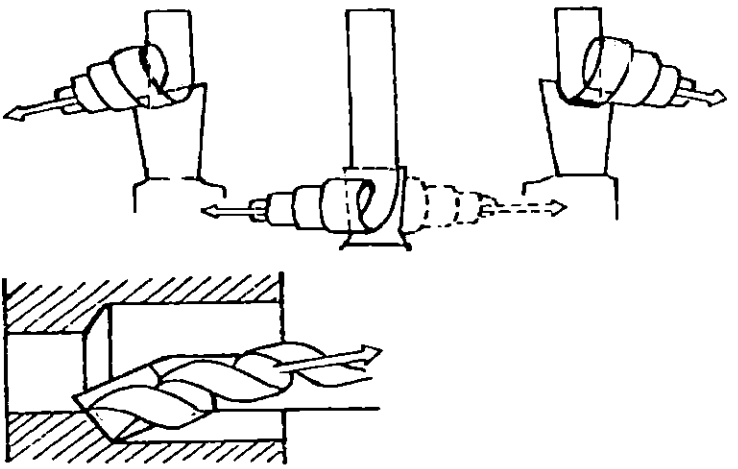
عمق القطع (t = 2mm) ومقدار التغذية (S = 0.3 mm / rev) ؟

الحل :

$$f = t \cdot s = 2 \times 0.3 = 0.6 \text{ mm}^2$$

الرايش .. chip

أثناء عمليات الخراطة على سبيل المثال ، عند ضغط الحد القاطع لقلم المخرطة بسطح قطعة تشغيل أثناء دورانها ، ينتج عن ذلك فصل جزء معدني من سطح المشغولة على هيئة رايش (جزاز أو نحاته) كما هو موضح بشكل 2 – 10، علماً بأن اتجاه الرايش المنزوع يختلف اتجاهه باختلاف اتجاه زاوية الجرف.



شكل 2 – 10

اختلاف اتجاه الرايش باختلاف اتجاه زاوية الجرف

أنواع الرايش Chip types :

يختلف نوع وشكل الرايش الناتج من عمليات التشغيل المختلفة باختلاف معادن كل منها ، ويكون هذا الاختلاف نتيجة للأسباب الآتية:-

1- اختلاف زوايا آلة القطع وخاصة زاوية الجرف.

2- اختلاف سرعة القطع.

3- اختلاف معدن المشغولة.

ويمكن تصنيف أنواع الرايش كما هو موضح بشكل 2 – 11 بالأنواع الآتية:-

(أ) الرايش المجزأ Partial chip :

يحدث عند تشغيل المعادن المتوسطة الصلادة بسرعات قطع صغيرة جداً ما بين 0.5 – 2 متر/ دقيقة ، بأداة قطع ذات زاوية جرف صغيرة حوالي صفر – 5° ، حيث يتشكل الجزء المنزوع من معدن المشغولة على شكل رايش متكون من أجزاء منفصلة مشوهة وغير ملتحمة فيما بينها كما هو موضح بالشكل (أ).

(ب) الرايش المستمر المتدرج Continuous graded chip :

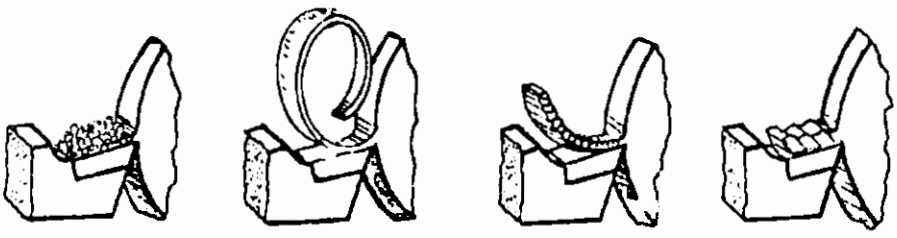
يحدث عند تشغيل المعادن ذات الصلادة المتوسطة مثل الصلب المتوسط الصلادة بسرعات قطع ما بين (5 – 15 متر/ دقيقة) ، حيث يتشكل الجزء المنزوع من معدن المشغولة علي شكل رايش متكون من أجزاء منفردة ملتحمة فيما بينها التحاماً خفيفاً كما هو موضح بشكل (ب) ، ويكون سطح الرايش الموجه لآلة القطع بشكل أملس ، أما السطح الآخر فيكون متدرجاً.

(جـ) الرايش المستمر Continuous chip :

إذا كان المعدن المعرض للتشغيل من المواد اللدنة مثل الصلب الطري أو الألمونيوم ، فإن أجزاء الرايش لا تنفصل عن بعضها البعض ، بل تنزع من سطح المشغولة على شكل شريط حلزوني كما هو موضح بشكل (ج).

(د) الرايش المتفتت Broken chip:

يحدث عند التعامل مع المشغولات ذات المعادن الهشة المعرضة للقصف مثل حديد الزهر أو البرونز ، حيث يكون الرايش الناتج عن عمليات التشغيل على شكل قطع صغيرة غير متناسقة كما هو موضح بشكل (د).



(د) (جـ) (ب) (أ)

شكل 2 – 11

أنـــواع الرايـــــش

(أ) الرايش المجزأ.

(ب) الرايش المستمر المتدرج.

(ج) الرايش المستمر.

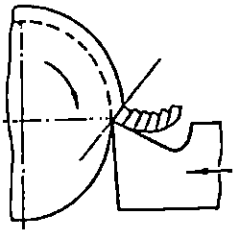
(د) الرايش المتفتت.

نظرية تكوين الرايش

Chip formation theorem

عملية تكوين الرايش هى جوهر عملية القطـــع ، وللتعرف على الأولى نبحث عن عملية قطـــــع بســـيطة .. ولتكن عملية خـــراطة على قطعة تشغيل.

أثناء عملية القطع وعند التقدم بالحد القاطع لقلم المخرطة إلى جهة الأمام في إتجاه المشغولة ، بشكل عمودي على محور الذنبتين، أى بحركة اقتراب ليتغلغل الحد القاطع داخل المشغولة بعمق قطع معين ، ينفصل جزء من معدن المشغولة على هيئة رايش كما هو موضح بشكل 2 – 12 .



شكل 2 – 12

انفصال جزء من معدن المشغولة على هيئة رايش

يحـــدث ذلك نتيجة لإنضغاط طبقة من سطح معدن المشغولة ، تحت تأثير القوة المسلطة من القلم ، ينتج عن ذلك انفعال بتشوه مرن ولدن ، ومع تزايد الإجهادات في ســـطح معـــدن المشغولة ، وعندما تفوق هذه الإجهادات أقصى مقاومة إجهاد بمعدن المـــشغولة ، يحدث القص والانفصال باتجاه مستوى القص (AB)، الذي يشكل زاوية معينة مع السطح الأمامي للقلم ، لتتناسب مع زاوية جرف آلة القطع.

وبعد قص وانفصال جزء معدني من سطح المشغولة على هيئة رايش ، تتكرر هذه العملية حيث يجرى انفصال جزء آخر ..... وهكذا.

مما سبق ذكره .. فإنه يمكن استخلاص الآتي:-

يتكون الرايش على شكل شريط أو أجزاء معدنية متتالية ، نتيجة لإنضغاط الحد

القاطع بمعدن المشغولة ، حيث يحدث تشوه مع تزايد الإجهادات الواقعة على سطح المشغولة ، والتي تفوق مقاومة المعدن في مستوى القص.

أدوات القطع

Cutting Tools

تلعب أدوات القطع دوراً هاماً في جميع عمليات القطع الميكانيكية ، ومن الطبيعي أن لأدوات وعدد القطع أشكال مختلفة ، تختلف كل منها عن الأخرى حسب نوع عملية القطع.

الشروط الواجب توافرها في أدوات القطع :

Conditions to be available at cutting tools

يجب أن تتوافر الشروط الآتية في جميع أدوات وعدد القطع وهى كما يلي:-

1- **مواد صنع أدوات القطع :**

(أ) تكون أصلد من المعدن المراد تشغيله.

(ب) تتحمل الضغوط والإجهادات الواقعة عليها أثناء عملية القطع.

(ج) الاحتفاظ بصفاتها الميكانيكية الجيدة ، بحيث تقاوم التآكل (البلى) ، وخاصة عند تعرض حدودها القاطعة لدرجات الحرارة المرتفعة الناتجة عن قوة الاحتكاك بينها وبين معدن المشغولة.

2- **الشكل الهندسي لزوايا عدد القطع :**

Geometric shape concerning cutting tools angles

تتغلغل الحدود القاطعة في الأجزاء المراد تشغيلها ، حيث تنزع منها طبقة من المعدن تسمى بالرايش ، وتتوقف أداء الحدود القاطعة على أشكالها الهندسية والتي تحددها زواياها المختلفة لتسهيل عملية القطع ، وأهم هذه الزوايا هى الآتي:-

(أ) زاوية الجرف (δ): هى الزاوية المحصورة بين السطح الأمامي لأداة القطع والمستوى المتعامد على سطح المشغولة ، والغرض من هذه الزاوية ، هو

سهولة انسياب الرايش المنزوع من سطح المشغولة.

(ب) زاوية الآلة (β): تسمى أيضا بزاوية الرأس أو بزاوية التحميل ، وهى الزاوية المحصورة بين السطح الأمامي والسطح الخلفي لأداة القطع.

تزيد هذه الزاوية عند التعامل مع المعادن الصلدة ، وتنخفض تدريجياً عند التعامل مع المشغولات الأقل صلادة والطرية.

(ج) زاوية الخلوص (α): هي الزاوية المحصورة بين أداة القطع والعمود القائم على سطح المشغولة . الغرض من هذه الزاوية هو تجنب الاحتكاك بين أداة القطع والمشغولة.

أنواع أدوات القطع Types of cutting tools :

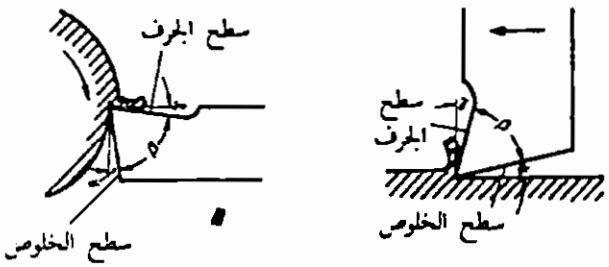
تختلف الأشكال الهندسية للحدود القاطعة لعدد القطع عن بعضها البعض باختلاف عمليات التشغيل المطلوبة من أجلها ، ويمكن تقسيم عدد القطع في عمليات تشغيل المعادن إلى الآتي:-

أولا : أداة قطع مفردة الحد Single edge cutting tool

يعتبر قلم المخرطة وقلم المقشـــطة والأجنة من الأدوات ذات الحـــدود القاطعة المفردة الحد.

على سبيل المثال .. فإن الأجنة تستخدم في عمليات التأجين المختلفة السابق ذكرها في الباب الأول ، كما تستخدم أقلام الخراطة والقشط في عمليات تشغيل الأسطح الأسطوانية والمستوية . تعتبر هذه العدد من أبسط أنواع وأشكال عدد وأدوات القطع.

الرسم التخطيطي بشكل 2 – 13 يوضح الزوايا الرئيسية للحد القاطع لقلم المخرطة وقلم المقشطة .



شكل 2 – 13

الزوايا الرئيسية لقلم المخرطة وقلم المقشطة

- زاوية الخلوص (α) = 8° - 5
- زاوية الآلة (β) = 80° - 75
- زاوية الجرف (δ) = $^{\circ}$ 7 – 5
- مجموع الزوايا الرئيسية = α + β + δ = 90°

ثانيا : أداة قطع مزدوجة الحد Double cutting tool

الـثقابات (البنط) من أدوات القطـع المزدوجة الحد والتي تستخدم في عمليات الـثقب . تـصنع الـثقابات بأقطار مختلفة متدرجة في القطر لتتناسب مع المتطلبات الصناعية المتعددة.

ولإنجاز الثقوب المطلوب تشغيلها .. فإنه يجب أن يكون الثاقب (البنطة) بحدود قاطعة بزوايا حادة لإمكان التغلغل داخل معادن المشغولات المختلفة . شكل 2 – 14 يوضح الزوايا الهامة للحدود القاطعة للثقب وهى كالآتي:-

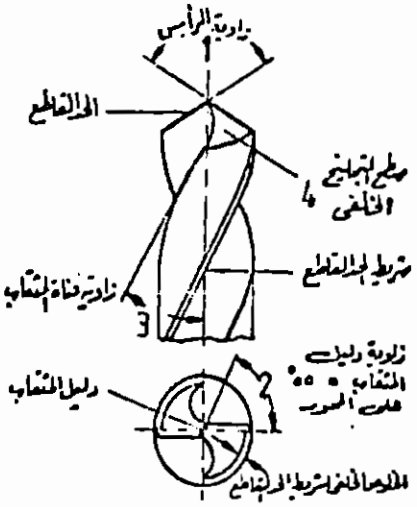
1ـ زاوية الرأس :

هى زاوية القمة وتعتبر من أهم زوايا الثاقب (البنطة) ، يشكلها الحدين القاطعين الرئيسيين، وعادة تكون زاوية رؤوس الثقابات (البنط) المصنوعة من صلب السرعات العالية مقدارها 118° . تختلف قيمة هذه الزاوية باختلاف معدن الجزء المراد ثقبه.

2ـ زاوية الحد القاطع العرضي :

تسمى أيضا بزاوية دليل الثاقب ومقدارها 55° تقريباً ، وهى تشكل نتيجة

لتقاطع الحدين القاطعين الرئيسين (زاوية الرأس).



شكل 2 – 14

الزوايا الهامة للحدود القاطعة للثاقب (البنطة)

3. زاوية الجرف :

تسمى بزاوية ميل الخطوة الحلزونية أو الشريط الحلزوني ، عندما تكون زاوية الجرف كبيرة .. هذا يعنى أن زاوية ميل قناة الثاقب كبيرة ، وهى الزاوية المحصورة بين المحور ومماس الخط الحلزوني على سطح القطر الخارجي للثاقب ، وهى ناتجة عن تشكيل القناة الملتوية ومقدارها ما بين 10 – 40 °.

4. زاوية الخلوص الأمامية :

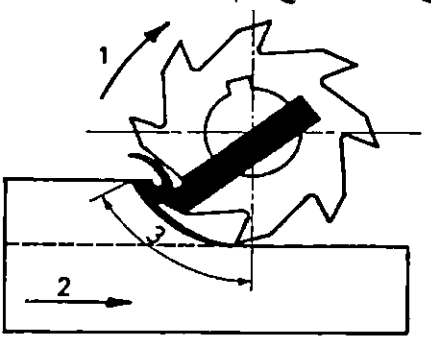
توجد بالسطح الخلفي لزاوية الرأس ومقدارها 6 ° تقريباً ، وتعتبر هذه الزاوية من الزوايا الهامة والضرورية ، حيث لا يستطيع بدونها الحد القاطع الأمامي (زاوية الرأس) التغلغل داخل المعدن المراد ثقبه ، ويمكن زيادة هذه الزاوية عند التعامل مع المعادن الطرية لتصل مقدارها إلى 12 °.

ثالثا : أداة قطع متعددة الحدود Cutting tool with multiple blades

تعتبر سكينة الفريزة من أدوات القطع المتعددة الحدود ، وهى أداة قاطعة دوارة

مستديرة الشكل ، يوجد على محيطها مقاطع (أسنان) متعددة ، يمثل كل مقطع (سنة) من مقاطع السكينة أداة قطع بسيطة ذات حد واحد ، يتشابه إلى حد كبير مع الحد القاطع لقلم المخرطة .

يوضح شكل 2 – 15 أحد مقاطع (أسنان) سكينة الفريزة وهو مظلل باللون الأسود ، حيث يتشابه مع الحد القاطع لقلم المخرطة.



شكل 2 – 15

تشابه أحد مقاطع سكينة الفريزة مع الحد القاطع بقلم المخرطة

1- الحركة الرئيسية الدورانية .. (حركة القطع).

2- حركة التغذية للمشغولة.

3- الحركة الدائرية لأحد مقاطع السكينة ، المتشابه مع الحد القاطع للقلم المخرطة أثناء نزعه لجزء من معدن المشغولة على هيئة رايش.

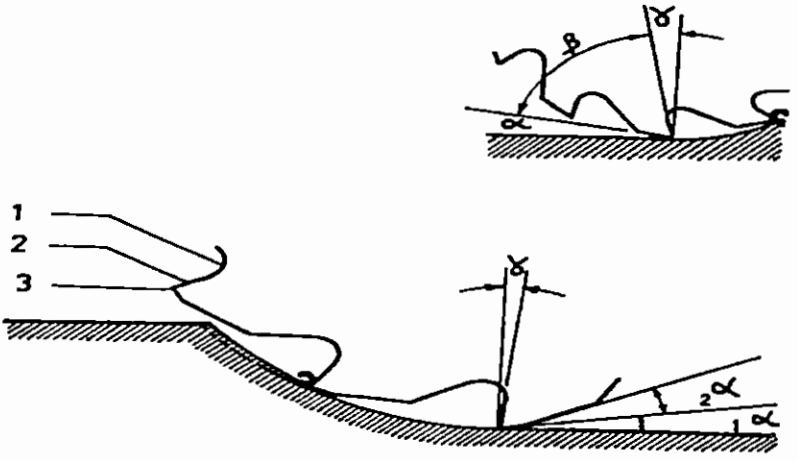
تـــوجد أنـــواع وأشكال متعددة من سكاكين الفرايز ، صممت لكى تفي بجميع المتطلبات الصناعية.

تستخدم سكاكين التفريز في تشغيل الأسطح المستوية ، وفتح أسنان التروس بأشكالها، وتشغيل الأسطح بالأشكال الهندسية المختلفة المطلوبة.

ولإنجاز المشغولات المطلوب تفريزها .. فإنه يجب أن تكون سكينة الفريزة المستخدمة ذات حدود بزوايا حادة قاطعة ، لإمكانها التغلغل داخل معادن المشغولات المختلفة المراد قطعها .

شكل 2 – 16 رسم تخطيطي لجزء من سكينة فريزة يوضح الزوايا الأساسية

للحد القاطع لأحد أسنانها وأجزاؤها الرئيسية.



شكل 2 – 16

الأجزاء والزوايا الأساسية لأسنان سكينة الفريزة

أجزاء أسنان سكينة الفريزة :

1. جذر السن.
2. وجه السن.
3. الحد القاطع.

زوايا القطع :

زاوية الجرف .....ϒ

زاوية الآلة .. (زاوية السن) .... β

زاوية الخلوص الرئيسية ..... $_1\alpha$

زاوية الخلوص الثانوية ..... $_2\alpha$

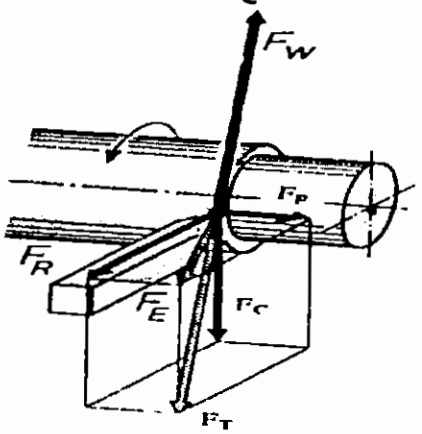
تحليل القوى المؤثرة في عمليات قطع المعادن

Analysis of forces affecting metals cutting operations

تعتمد عملية القطع بجميع العمليات الميكانيكية على إحداث انهيار لبعض جزئيات المعدن ، وذلك لنزع جزء أو طبقة رقيقة من السطح الخارج أو الداخلي للمشغولة. وتسمى هذه الجزئيات بالرايش (النحاتة أو الجزاز).

وتنشأ أثناء عملية نزع الرايش من المشغولة قوى مختلفة ، وشكل 2 – 17 يوضح رسم تخطيطي لمشغولة أثناء قطعها باستخدام قلم مخرطة مع توضيح للقوى المؤثرة على المشغولة والقلم.

وقد اختير قلم المخرطة حيث يعتبر من أبسط أنواع وأشكال عدد القطع.. لذلك يتخذ أساساً لشرح ميكانيكية عملية القطع.



شكل 2 – 17

القوى المؤثرة على قلم المخرطة وعلى المشغولة

Fc... قوى القطع. **F_E**... محصلة القوتين **F_F**، **F_R**.

F_F... قوة التغذية. **F_W**... قوة عكسية.

F_R... قوة قطرية. **F_T**... قوى القطع الكلية.

قوى القطع Fc: Cutting force

تنشأ أثناء نزع طبقة الرايش، وتعتمد قيمتها على نوع مادة قطعة التشغيل، وعلى زوايا الحد القاطع للقلم، وتعمل قوى القطع (Fc) على تحميل قلم الخراطة بحمل حنى.

قوة التغذية Ff : Feeding force

تؤثر أثناء الخراطة الطولية فى اتجاه موازى لمحور قطعة التشغيل، كما تؤثر قوة قطرية (F_R) فى الاتجاه المتعامد على المحور.. أى في اتجاه عمق القطع.

وتمثل القوة (F_E) محصلة القوتين (F_F ، F_R)، وتتوقف قيمتها واتجاهها على الزاوية المقابلة X.

قوة القطع الكلية Ft: Totality cutting force

تتكون من محصلة القوتين (F_E ، Fc) وتضاد القوة الكلية (F_T) قوة عكسية كرد فعل (F_W) مساوية لها فى المقدار..... (قانون نيوتن الثاني).

ويجب أن تتحمل معدات تثبيت قطعة التشغيل تأثير هذه القوة، وعلى ذلك يجب مراعاة القواعد الأساسية عند تثبيت (ربط) عدد القطع، وذلك بوضع قلم الخراطة فى الحامل (مربط القلم أو تجهيزه تثبيت القلم) ببروز قصير، مع ضبط ارتفاعه بمستوى محور الذنبتين وربطه ربطاً محكماً.

حياة الحد القاطع

Life of cutting blade

المقصود بحياة الحد القاطع، أى الفترة الزمنية التي يستغرقها الحد القاطع للاستمرار في عمليات التشغيل بكفاءة، إلى أن يعجز عن القطع، أى عند تغير شكل الحد القاطع الملامس لسطح المشغولة ليكون زواياه غير منتظمة، حيث تظهر آثار عجزه عندما يلاحظ أن سطح المشغولة قد تغير من قطع ناعم إلى قطع خشن مع ظهور تمزق في السطح.

في هذه الحالة يجب إيقاف الماكينة وإعادة تجليخ آلة القطع، أى خلق حد قطع جديد، أو تثبيت آلة قطع أخرى، ثم الاستمرار في عمليات القطع المطلوبة.

العوامل التي تؤثر في حياة الحد القاطع:

Factors affecting long life of cutting blade

أدت التجارب والأبحاث الخاصة والأبحاث الخاصة بعمليات قطع المعادن منذ نهاية القرن التاسع عشر الميلادي، إلى معرفة عدة عوامل، تؤثر فى حياة الحد القاطع. وأهم هذه العوامل هى الآتي:-

1- اختيار سرعة قطع مناسبة.
2- اختيار أداة قطع ذات صفات وجودة عالية، بحيث تكون مادة صنعها أصلد من معدن المشغولة المراد قطعها.
3- تناسب مقدار التغذية وعمق القطع مع معدن المشغولة.
4- الآلة القاطعة تكون ذات شكل وحجم مناسب، بزوايا قطع حادة، بحيث تتناسب زوايا القطع.. مع معدن المشغولة.
5- استخدام سائل التبريد عند الحاجة إلى ذلك.
6- تثبيت آلة القطع جيداً بالوضع الصحيح.
7- تثبيت الجزء المراد تشغيله جيداً.

الأسباب التي تؤدي إلى دقة التشغيل :

Reasons that lead to working accuracy

تنعكس دقة آلات التشغيل علي دقة المشغولات المصنعة ، كما يتطلب من الفني الذي يقوم بالعمل عليها أن يكون جاداً صادقاً في عمله ، وهناك بعض الإرشادات التي يجب أن يعرفها وينفذها وهي كالآتي :-

1-التأكد من أن قطعة التشغيل والآلة القاطعة مثبتان بربطهما بإحكام ، وأن العدد وأدوات القياس ليست موضوعة بطريقة عشوائية تعوق العمل وتربكه .
2- اختيار آلة القطع المناسبة لتشغيل الجزء المطلوب ، بحيث تكون زوايا الحد القاطع حادة ومناسبة لمعدن قطعة التشغيل .
3-في حالة زيادة طول قطعة التشغيل، يجب 'ستخدام المساند (المخانق)المناسبة.
4-اختيار سرعة القطع والتغذية المناسبة.
5-استخدام سائل التبريد عند الحاجة إلى ذلك.
6-استخدام أدوات وأجهزة القياس المناسبة.

الأسباب التي تؤدى إلى دقة ماكينات التشغيل :

Reasons that lead to accuracy of working machines

تعتبر ماكينات التشغيل من الدعائم الأساسية في أى مصنع أو في أى ورشة إنتاجية، وذلك لقيمتها العالية وأثمانها المرتفعة، ولكى تؤدى هذه الماكينات وظائفها من خلال العناية المستمرة لها.. بإنتاج الإرشادات التالية:-

1- قبل البدء في العمل على أى ماكينة، يجب الإلمام التام بطريقة تشغيلها، وإتباع تعليمات التشغيل والصيانة التي ترفق من الشركة المنتجة للماكينات الجديدة، وإتباعها وتنفيذها بعناية ودقة.

2- عدم اهتزاز الماكينة، وتثبيتها بالأرض جيداً، من خلال الفنى المختص.

3- الضبط الدقيق لخلوص أعمدة الدوران والدلائل الانزلاقية.. من خلال الفني المختص.

4- الاختيار الصحيح لسرعات القطع والتغذية وسوائل التبريد، وعدم تحميل الماكينة بأعلى من طاقتها.

5- عدم تغيير سرعات الماكينة وهى في حالة التشغيل.

6- استعمال المساند عند تشغيل القطع الثقيلة، لتفادى أى تلف بالماكينة.

7- عدم ترك الماكينة وهى فى حالة التشغيل بأى حال من الأحوال.

8- في حالة الأعطال التي تحدث للمعدات الكهربائية، مثل انصهار الأسلاك الكهربائية، أو انصهار أسلاك الأمان، يجب إيقاف الماكينة، واستدعاء الفني المختص لفحصها وصيانتها.

9- تنظيف الماكينة بانتظام وتزييتها ، ويلاحظ أن عرق اليدين يسبب صدأ الأجزاء اللامعة، لذلك يجب تنظيف هذه الأجزاء دائماً وتغطيتها بطبقة رقيقة من الشحم أو الزيت . كما يجب تشحيم الدلائل الإنزلاقية ، ومن المهم جداً هو استعمال الزيوت والشحوم النظيفة والمناسبة لهذا الغرض.

سوائل التبريد والتزييت

Cooling liquids and lubrication

سوائل التبريد هى عبارة عن خليط مكون من الزيت المضاف إليه بعض أنواع الصابون أو الكبريت والماء بنسبة 1 : 15 أو 1 : 20، كما تبلغ فى أغراض التجليخ إلى 1 : 5، يكون شكل الخليط كاللبن، كما أن مقدرتها على التزييت مناسبة.

سوائل التبريد ذات خواص تبريد ممتازة، لذلك فإن مواد التبريد التي يدخل في خلطها الماء، تعتبر من أفضل مواد التبريد، كما تعتبر الزيوت الدهنية من أفضل مواد التزييت. وأفضل إمكانيات الاستعمال هى ما تقدمه زيوت التبريد وزيوت القطع.

والغرض من استخدام سوائل التبريد والتزييت هو انخفاض قوة الاحتكاك ودرجات الحرارة بكل من العدد والآلات القاطعة والمشغولات المصنعة ، وبالإضافة إلى ذلك فإن سوائل التبريد تدفع إلى مواضع القطع تحت ضغط ، مما يساعد على جرف الرايش بعيداً عن منطقة القطع أول بأول، لذلك يتطلب من مواد التبريد والتزييت أن يكون غير ضار بصحة الإنسان ، وألا يكون له تأثير سيئ على الماكينات أو على قطع التشغيل من حيث الصدأ ، وألا تكون قابلة للتحلل إلا بعد فترات طويلة من استخدامها.

مميزات سوائل التبريد

تحقق سوائل التبريد المزايا التالية :-

1- إمكانية زيادة سرعة القطع بما يقرب من 40 % .

2- يضاعف عمر الآلة القاطعة عدة مرات.

3- إنتاج أسطح تشغيل بشكل أفضل، لأن تأثير القطع يتحسن.

4- تخفيض درجة حرارة الشغلة أثناء عمليات التشغيل المختلفة، الذي يخفض من تمددها، كما يساعد على القياس الدقيق.