المحاضرة الثانية لمقرر "طرائق التصنيع / 1 / "
للسنة الثانية ميكانيك عام

عمليات الخراطة - الفصل /12/ من الكتاب .

أولاً : تصنيف آلات الخراطة ومجال استخدامها : (باختصار)

تعد ماكينات الخراطة من أكثر آلات التشغيل استخداماً لتشغيل العناصر الدورانية، وتصنف إلى مخارط أفقية، رأسية، برجية، مخارط متعددة أعمدة الدوران، وغير ذلك.
تستخدم لتشغيل العناصر والسطوح ذات الشكل الدوراني مثل الأعمدة والأقراص والسطوح الدورانية الداخلية (ثقوب) وفتح اللوالب والسطوح المخروطية وغير ذلك.

ثانياً - الأجزاء الرئيسية لآلة الخراطة : ص ١٤٠ - ١٤٣ (باختصار)

نتعرف على هذه الأجزاء كما هي مبينة على الأشكال (1-12) وحتى (11-12) وباختصار، وكما شاهدناها العام الماضي في مقرر: الورشات.

- الأجزاء الرئيسية هي: سرير الآلة وهو الأساس ويحتوي على علبة السرعة بالإضافة إلى عمود الدوران الرئيسي، شكل (12-3).
٢- غراب الذيل (الغراب الخلفي).
٣- الغرشة (البدنة)، أو سرج الغراب الأمامي.
٤- علبة التغذية وهي الآلية المسؤولة عن تأمين سرعات مختلفة لحركة عربة الآلة الحاملة لأداة القطع.
نتعرف عليها آلية نورتون - شكل (12-6)
٥- عربة الآلة (الطاولة) . شكل (12-7) .

ثالثاً - تصميم أقلام الخراطة : (هام)

هنا يجب التعرف على الأجزاء الرئيسية لقلم الخراطة كما في الشكل (12-12) والسطوح والحدود القاطعة المختلفة المكونة لرأس القلم - شكل (12-13) .

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \ (m/min) \qquad (11\text{-}2)$$

حيث D- القطر الخارجي تشغيله (mm).

n- عدد دورات الجزء الدوراني (المشغولة) (r.p.m)

مثال : المطلوب حساب سرعات الدوران الممكنة لمخرطة لعدد سرعاتها Z=12 و $n_{min} = 20$ r.p.m و $n_{max} = 876$ r.p.m ، إذا كانت علاقة السرعة مبنية على أساس المتوالية الهندسية.

الحل: اعتماداً على ما ذكر سابقاً نجد : $n_2 = n_1 \cdot \varphi$

حسب العلاقة (11-1) نجد :

$$\varphi = \sqrt[z-1]{\frac{n_{max}}{n_{min}}} = \sqrt[11]{\frac{876}{20}} = 1.4099 \approx 1.41$$

وبذلك نجد : $n_2 = 20 \times 1.41 = 28.2$ r.p.m

$N_3 = 28.2 \times 1.41 = 39.7$ r.p.m

$n_6 = 111.46$ r.p.m , $n_5 = 79$, $n_4 = 56$ r.p.m

$n_7 = 157.16$ r.p.m , $n_8 = 221.6$, $n_9 = 312$ r.p.m

$n_{10} = 440.55$ r.p.m , $n_{11} = 621.17$ r.p.m , $n_{12} = n_{max} = 876$ r.p.m

كما وتجهز آلات التشغيل بآليات وميكانيزمات خاصة (على شكل صندوق مسننات ، لولب وصامولة، مسن وجريدة مسنه وغيرها) من أجل تأمين حركة التغذية للجزء العامل الحامل للمشغولة (كما في عمليات التفريز والقشط) أو لأداة القطع (كما في المخارط والمثاقب) بالقدر المطلوب. تعرف هذه الآليات بعلب التغذية (Feed gear - box)، وتعرّف التغذية على أنها التقدم الخطي لأداة القطع خلال كل دورة للجزء الدوراني (في عمليات الثقب والخراطة)، أو مقدار التحرك الخطي للطاولة الحاملة للمشغولة خلال الزمن. من أكثر العوامل تأثيراً على اختيار مقدار التغذية المناسبة لعملية تشغيل معينة هو درجة إنهاء السطح المشغل (درجة الخشونة) وسوف نتعرف في الفصول القادمة بالتفصيل على هذه المواضيع.

الفصل الثاني عشر

عمليات التشغيل على المخارط

Turning Operation And Lathes

§ 1- تصنيف آلات الخراطة ومجال استخدامها :

تعد ماكينات الخراطة (Lathes) من أكثر ماكينات التشغيل استخداماً في عمليات التشغيل بالقطع، وذلك لما تتمتع به هذه الآلات من إمكانيات تكنولوجية واسعة وتنوع كبير في الأعمال الممكن تنفيذها عليها.

يمكن تصنيف آلات الخراطة وفق عدة أسس. فمن وجهة نظر تصميمية تصنف إلى: مخارط أفقية، مخارط رأسية، مخارط برجية (Turret Lathe) مخارط أحادية عمود الدوران، مخارط متعددة أعمدة الدوران مخارط أحادية أداة القطع ومتعددة أدوات القطع.

ومن وجهة نظر درجة الأتمتة تصنف إلى: مخارط عادية، نصف أوتوماتيكية (Semiautomatic) ومخارط مؤتمتة ذات قيادة عددية مبرمجة (Lathes with Numerical control) (انظر الأشكال 1-12 و 2-12).

وحسب نوع القطع المشغلة عليها، تصنف إلى مخارط عمومية، مخارط قطع اللوالب ومخارط خاصة كالمخارط المخصصة لتشغيل أعمدة الكامات أو عمود المرفق وغيرها.

تستخدم المخارط عموماً لتشغيل العناصر ذات الشكل الدوراني كالمحاور والجلب والأقراص والمسنات والسطوح الدورانية الداخلية وعمليات تشكيل

ويجب الملاحظة أن مجموع الزوايا الثلاث السابقة يشكل زاوية قائمة:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \qquad (12\text{-}1)$$

- زاوية القطع δ Cutting angle

هي الزاوية المحصورة بين السطح الأمامي لأداة القطع ومستوي القطع

وحسب الشكل (12-14) فإن زاوية القطع تساوي :

$$\delta = 90 - \gamma = \alpha + \beta \qquad (2)$$

حيث الزاوية γ موجبة. أما إذا كانت زاوية الجرف سالبة عندها يكون $\delta > 90^\circ$.

من أجل $\gamma = 0^\circ$ فإن $\delta = 90^\circ$

- زاوية الاقتراب الرئيسي φ

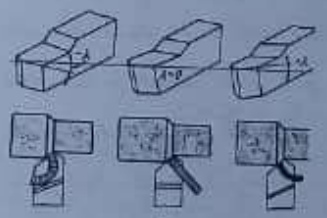
هي الزاوية المحصورة بين مسقط الحد القاطع الرئيسي على المستوي الأساسي واتجاه التغذية الطولية (شكل 12-14).

- زاوية الاقتراب المساعدة φ_1

هي الزاوية المحصورة بين مسقط الحد القاطع المساعد على المستوي الأساسي واتجاه التغذية الطولية.

- زاوية ميل الحد القاطع الرئيسي λ

هي الزاوية المحصورة بين الحد القاطع الرئيسي لأداة القطع والمستوي المار من قمة القلم بشكل يوازي المستوي الأساسي. الزاوية λ تقاس في المستوي العمودي على المستوي الأساسي والذي يمر عبر الحد القاطع الرئيسي ، وهي يمكن أن تكون موجبة ($\lambda > 0$) أو



الشكل (12-15) زاوية ميل الحد القاطع الرئيسي λ وأثرها على اتجاه انسياب الرايش.

سالبة ($\lambda < 0$) أو مساوية للصفر $\lambda = 0$ كما في الشكل (12-15).

تكون الزاوية λ موجبة عندما تكون قمة القلم أخفض نقطة في الحد القاطع الرئيسي (شكل 12-15-c)، وسالبة عندما تكون قمة القلم أعلى نقطة في الحد القاطع الرئيسي (شكل 12-15-a) ، وتكون مساوية للصفر عندما يكون الحد القاطع الرئيسي موازياً للمستوي الأساسي (شكل 12-15-b).

إن أقلام القطع زاوية ميل $\lambda > 0$ هي أكثر متانة وأطول عمراً، لذلك تستخدم هذه الأقلام في تشغيل المعادن عالية القساوة. ولهذه الزاوية أثر واضح على توجيه الرايش بالنسبة للسطح الأمامي لقلم القطع. من أجل $\lambda = 0$ يتحرك الرايش عمودياً على الحد القاطع.

- زاوية رأي القلم ε:

هي الزاوية المحصورة بين مسقطي الحدين القاطعين الرئيسي والمساعد على المستوي الأساسي، وحسب الشكل (12-14) نجد :

$$\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ \qquad (12\text{-}3)$$

- زاوية الخلوص المساعدة α_1 (الثانوية) :

هي الزاوية المحصورة بين السطح الخلفي المساعد (الثانوي) لقلم القطع والمستوي المار عبر الحد القاطع المساعد عمودياً على المستوي الأساسي (شكل 12-14).

3-3- أنواع أقلام الخراطة Types of Turning Tools :

توجد أنواع وتصاميم مختلفة لأقلام الخراطة، فحسب اتجاه حركة التغذية الطولية تصنف أقلام الخراطة إلى:

1- أقلام يمينية Right hand turning tool،

2 – أقلام يسارية Left hand turning tool كما في الشكل (12-16).

8- درجة الحرارة المتشكلة في منطقة القطع.

إن درجة ثبات واستقرار أدوات القطع المصنعة من صلب السرعات العالية (H.S.S) تنـــاقص مـــع زيادة سرعة القطع، بينما أدوات القطع المصنعة من المواد الكربيدية هي أكثر ثباتاً وتحملاً لسرعات القطع العالية.

تستخدم سرعات قطع عالية في تشغيل المعادن والخلائط الملونة والخفيفة. فعلى ســبل المثال سرعة القطع المستخدمة لتشغيل الألمنيوم أكبر بـــ 5-6 مرات من السرعة المستخدمة لتشغيل صلب الإنشاءات الكربوني.

إن زيـــادة عمق القطع والتغذية يؤدي إلى تآكل شديد لأداة القطع، وهذا يحـــد بدوره من سرعة القطع. من أجل تحقيق إنتاجية عالية للتشغيل، من الأنسب التشغيل بمقطع عرضي كبير للرايش ($f=a.b=t.s\ mm^2$) مع تقليل سرعة القطع.

- مساحة المقطع العرضي للطبقة المقطوعة (F) :

وهو عبارة عن حاصل جداء عرض الجزء المقطوع b بسماكته a :

$$F = a \cdot b\ (mm^2) \qquad (12\text{-}5)$$

- سماكة الجزء المقطوع (a) :

وتمـــثل المســـافة بين وضعيتين متتاليتين للحد القاطع الرئيسي خلال دورة واحدة للمشغولة، مقاسة في الاتجاه العمودي على سطح القطع. بالعودة إلى الشكل (12-20) نجد أن :

$$A = S \cdot \sin\varphi\ ,\ (mm) \qquad (12\text{-}6)$$

حيث : φ- زاوية الاقتراب الرئيسية الأفقية.

- عرض الجزء المقطوع (b)

هو المسافة بين السطح المشغل والسطح الجاري تشغيله مقاسة على سطح القطع. ومن الشكل (12-20) نجد العلاقة بين عمق القطع t وعرض الجزء المقطوع b على الشكل :

$$b = \frac{t}{\sin\varphi}.(mm) \qquad (12\text{-}7)$$

بالتعويض في العلاقة (12-5) نجد أن مساحة المقطع العرضي للجزء المقطوع :

$$F = a.b = t.S\ \ mm^2 \qquad (12\text{-}8)$$

وكمـــا بيـــنا في دراســـتنا أنه من الممكن زيادة مساحة مقطع الجزء المقطوع على حساب إنقاص سرعة القطع مما يحقق زيادة ملحوظة في الإنتاجية.

§ 5- المثبتات المستخدمة في عمليات الخراطة Turning Fixtures

مـــا سنتناوله هنا هو المثبتات المستخدمة لتثبيت المشغولات على المخارط أثـــناء عمليـــة التشـــغيل. أما ما يتعلق بتثبيت أدوات القطع فقد تطرقنا إلى هذا الموضـــوع وبينا وجود حامل لأدوات القطع يركب على عربة المخرطة، أو يوجد رأس برجي (Turret head) في المخارط البرجية يثبت عليه عدد من أدوات القطع المختلفة.

يـــتم تثبيت المشغولات أثناء عمليات الخراطة بعدة أشكال ويستخدم من أجل ذلك مجموعة من عناصر وميكانيزمات التثبيت، كاستخدام الدنتين (المراكز) والظـــروف عـــلى اخـــتلاف أنواعها والشياقات والمسامير الثابتة والمتحركة، كما وتســـتخدم بعـــض الطرق والأساليب الأخرى الخاصة والتي تتعلق بشكل القطعة وطبيعة عملية التشغيل والخطة التكنولوجية.

5-1- الظروف Chucks:

هـــي عـــبارة عن ميكانيزم لتثبيت المشغولات، يركب على مقدمة الجزء المحـــوري (عمود الدوران الرئيسي) للمخرطة. يستخدم في ماكينات الخراطة عادة ظروف ثنائية ، ثلاثية ورباعية فكوك التثبيت، كما في الشكل (12-21).

الظـــروف ثنائية الفكوك ذاتية التمركز وتستخدم لتثبيت مختلف أشكال المصوبات والمطروقات (شكل 12-21.a).

يتم تحديد مقدار عمق القطع من أجل عملية تشغيل محددة اعتماداً على مجموعة من العوامل أهمها: مقدار تسامح التشغيل المكتبي، متانة قلم القطع، طبيعة عملية التشغيل داخلها (تشغيل تخشيني، تشغيل نصف إنهائي، تشغيل إنهائي دقيق).

من أجل تقليل مقاومات القطع وبالتالي الاستطاعة اللازمة يتم تقسيم تسامح التشغيل الكلي على عدة أشواط: شوط تخشيني يتم فيه إزالة بحدود 60% من تسامح التشغيل (الطبقة الزائدة)، شوط نصف إنهائي يتم فيه نزع حوالي 20-30% من تسامح التشغيل وشوط إنهائي (إنجازي دقيق يتم فيه قطع بحدود 10-20% من تسامح التشغيل.

- التغذية Feed (S)

وهي مقدار انتقال الحد القاطع للقلم خطياً خلال دورة واحدة للمشغولة وتقاس بـ مم /دورة (mm/r).

وحسب اتجاه حركة التغذية يمكن أن نميز:

- تغذية طولية موازية لمحور المشغولة، تلاحظ في عمليات الخراطة الطولية وخراطة الثقوب وقطع القلوظ.
- تغذية عرضية عامودية على محور المشغولة، تستخدم في عمليات الخراطة الوجهية (الجانبية) وخراطة المجاري وعمليات الفصل.
- تغذية مائلة حيث يكون اتجاه حركة التغذية مائلاً على محور المشغولة بزاوية α، وتستخدم في عمليات خراطة السطوح المخروطية.

بالنسبة لحركة التغذية الطولية نميز تغذية يمينية (من اليمين إلى اليسار) وتغذية يسارية.

كلما زادت التغذية تم اختصار الزمن اللازم لعملية التشغيل وزادت الإنتاجية. ولكن هذه الزيادة في قيمة التغذية محكومة بعدة عوامل. أهمها: متانة الحد

القاطع، متانة عناصر آلية التغذية، ودرجة دقة وإنهاء (نعومة) السطح المشغل. من أكثر العوامل تأثيراً على ارتفاعات الخشونة على السطح المشغل هو مقدار التغذية، فكلما زادت التغذية زاد مقدار الخشونة وقلت جودة السطح المشغل والعكس بالعكس.

لذلك يتم اختيار التغذية حسب نوع عملية التشغيل ودرجة الإنهاء المطلوبة للسطح.

- سرعة القطع : Cutting speed (V)

هي عبارة المسافة التي يقطعها الحد القاطع للقلم في اتجاه حركة القطع (الحركة الرئيسة) بالنسبة للسطح المشغل في واحدة الزمن وتقدر بالمتر في الدقيقة (m/min) أو في الثانية (m/sec). تعطى سرعة القطع بالعلاقة :

$$V = \frac{\pi . D . n}{1000} \quad m/min \qquad (12-4)$$

حيث : D قطر السطح المعرض للتشغيل (المشغولة) (mm).

n- عدد دورات الجزء المحوري في الدقيقة، (r.p.m)

وقد بينا في فصل آلات التشغيل إن كل آلة تشغيل مزودة بعلبة سرعة لتأمين عدد الدورات المطلوبة للجزء المحوري وبالتالي سرعة القطع.

إن اختيار سرعة القطع بعملية تشغيل محددة يتعلق بعدد من العوامل، هي :

1- ثبات واستقرار عمر أداة القطع ودرجة تحملها الحراري .
2- الخصائص الفيزيائية – الميكانيكية للمعدن المشغل .
3- متانة الجزء الحامل (نصاب) لأداة القطع .
4- مقدار التغذية وعمق القطع .
5- الشكل الهندسي للجزء القاطع .
6- استخدام سوائل التبريد في عملية القطع .
7- التآكل المسموح به لأداة القطع .

5-أقلام القلوظة وتستخدم لعمليات قطع القلوظ الخارجي (شكل 12-18,g) والداخلي (12-18,h) واللوالب ذات المقطع الخاص (شكل 12-18,i).

6- أقلام التشكيل وتستخدم لتشغيل السطوح ذات البروفيل الخاص كالسطوح الكامية والقضبات اليدوية وغيرها.

§ 4- العناصر الأساسية لعملية الخراطة:

كما بينا في فصل سابق، من أجل تحقيق عملية القطع لابد من وجود حركتين:

حركة القطع (الحركة الرئيسية) وحركة التغذية.

في عمليات تشغيل المعادن على المخارط فإن حركة القطع هي عبارة عن حركة دورانية تقوم بها المشغولة المثبتة على عمود دوران المخرطة (Spindle).

أما حركة التغذية فهي عبارة عن حركة خطية مستمرة تعطى لأداة القطع المثبتة على طاولة الآلة.

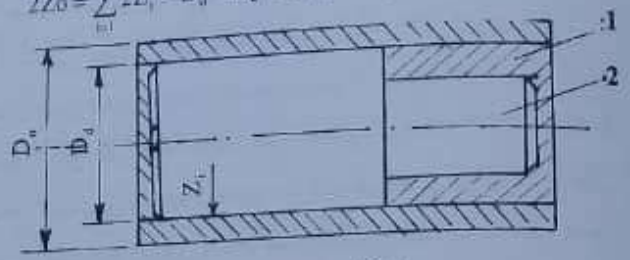
العناصر الأساسية لعملية الخراطة هي : تسامح التشغيل المكني، عمق القطع، التغذية، سرعة القطع، مساحة المقطع العرضي للطبقة المنزوعة (مقطع الرايش).

- تسامح التشغيل المكني Allowance for machining

ويسمى أحياناً بالطبقة الزائدة، وهو عبارة عن طبقة المعدن الواجب إزالتها عن سطح المشغولة للحصول على عنصر جاهز من حيث الشكل الهندسي والأبعاد ودقة ونعومة سطوحها المختلفة (شكل 12-19).

يقاس تسامح التشغيل في الاتجاه العمودي على السطح المتشغل. يقسم تسامح التشغيل إلى انتقالي وكلي (عام). تسامح التشغيل الانتقالي هو طبقة المعدن التي يتم إبعادها عن تنفيذ مشوار تكنولوجي واحد (2 Zi).

أما التسامح الكلي فهو طبقة المعدن التي يتم إزالتها خلال مشاوير التشغيل كافة ويرمز لها ($2Z_0$)، وبذلك يكون $2Z_0 = \sum_{i=1}^{n} 2Z_i = D_a - D_d$



الشكل (12-19) تسامح التشغيل المكني

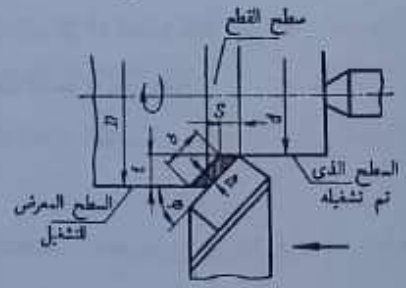
1-المشغولة الخام، 2-العنصر الجاهز

- عمق القطع Depth of cut-(t) :

وهو عبارة عن سماكة طبقة المعدن المقطوعة خلال شوط واحد لأداة القطع، مقاسة في الاتجاه العمودي بين السطحين المتشغل والجاري تشغيله (العمودي على اتجاه التغذية) وتقدر بالميلمتر (mm).

من أجل عمليات الخراطة الطولية، كما في الشكل (12-20) يعطى عمق القطع بالعلاقة :

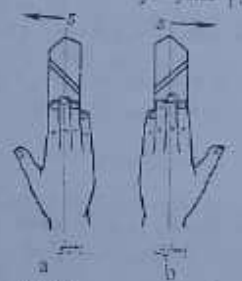
$$t = \frac{D-d}{2} \quad \text{و (mm)} \qquad (12\text{-}3)$$



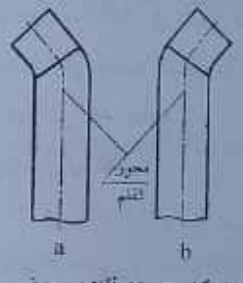
الشكل (12-20) العناصر الأساسية لعملية الخراطة

تستخدم الأقلام اليمنية (شكل 12-16-a) عندما تكون حركة التغذية من اليمين إلى اليسار (من الغراب المتحرك باتجاه العرب الثابت). وتستخدم الأقلام اليسارية (شكل 12-16-b) عندما تكون حركة التغذية متجهة من اليسار إلى اليمين (باتجاه الغراب المتحرك).

كما وتصنف الأقلام حسب شكل الرأس ووضعيته بالنسبة إلى الساق إلى أقلام مستقيمة وأقلام منحنية (شكل 12-17).



الشكل (12-16) تعيين الأقلام اليسارية واليمنية



الشكل (12-17) أقلام منحنية a- يمنية، b- يسارية.

وتقسم أقلام الخراطة حسب طريقة تثبيت الجزء القاطع على القلم إلى :

1- أقلام مشكلة من قطعة واحدة- وغالباً ما يستخدم الصلب السبائكي لتحضير هذه الأقلام، ويتم تشكيل نهاية أداة القطع بالتجليخ للحصول على الحدود القاطعة والزوايا المطلوبة لأداة القطع.

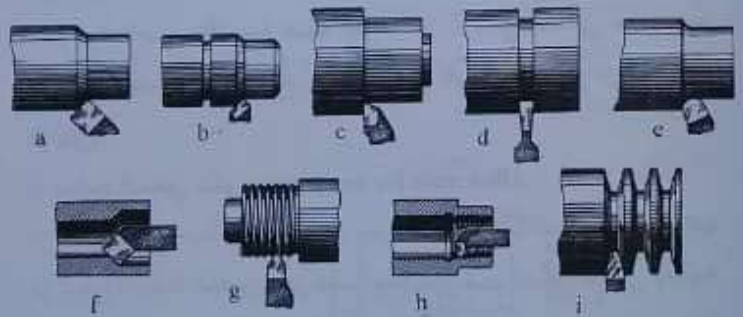
2- أقلام مجمعة- حيث يتم تحضير جسم أداة القطع من الصلب الكربوني عادة وتثبت على مقدمته لقمة صغيرة من الصلب السريع القطع (H.S.S) أو المواد الكربيدية أو السيراميكية المستخدمة في تحضير أدوات القطع . تثبت هذه اللقمة إما ميكانيكياً أو باللحام كما بينا في فصل سابق (انظر الشكل 12-7) .

حسب نوع وشكل عملية الخراطة تصنف الأقلام إلى الأنواع التالية (انظر الشكل 12-18) :

1- أقلام الخراطة العادية وتستخدم لعمليات الخراطة الخارجية الطولية وفق تغذية طولية . تكون لهذه الأقلام زاوية اقتراب تحدد بـ "$\varphi = 45 \ldots 75$"، كما في الشكل (12-18-a-b)، أو بزاوية اقتراب قائمة "$\varphi = 90$" تستخدم لصقل السطوح الجانبية للتدريجات والتتويجات (شكل 12-18,c).

2- أقلام الفصل وخراطة المجاري (شكل 12-18,d) وتستخدم لتشغيل مجاري خارجية على سطح المشغولة بعمق وعرض محددين . كما وتستخدم هذه الأقلام لعمليات فصل (قص) العناصر الجاهزة عن المشغولة الخام حيث يعطى لقلم الفصل تغذية عرضية عمودية على محور المشغولة.

3- أقلام الخراطة الداخلية (شكل 12-18,f) وتستخدم لخراطة الثقوب النافذة والمسدودة بتغذية طولية لأداة القطع



الشكل (12-18) أنواع أقلام الخراطة من أجل مختلف عمليات التشغيل.

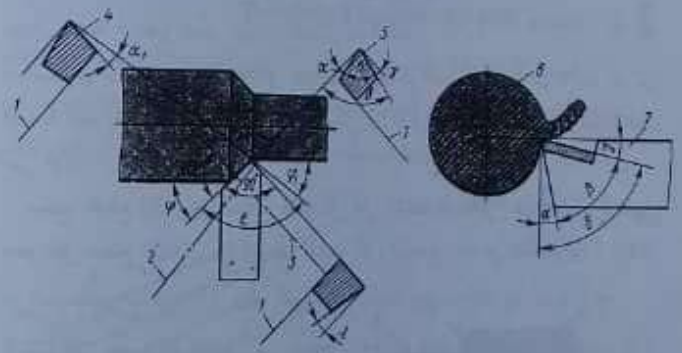
4-أقلام الخراطة الجانبية (الوجهية) وتستخدم لخراطة السطوح الطرفية (الجانبية) للمشغولات حيث يتم إعطاء أداة القطع تغذية عرضية.

2-3- هندسة وزوايا أقلام القطع Tool Angles

من اجل تسهيل عملية دخول الحد القاطع في المعدن المشغل وتقليل الاحتكاك فإنه يشكل على رأس القلم عدة زوايا تقسم إلى زوايا رئيسية وزوايا مساعدة كما في الشكل (14-12).

الزوايا الرئيسية هي: زاوية الخلوص الرئيسية α، زاوية الشفه β، زاوية الحرف γ، زاوية القطع δ وزاوية الاقتراب الرئيسية φ.

الزوايا المساعدة هي : زاوية الاقتراب المساعدة φ_1 ، زاوية ميل الحد القاطع الرئيسي λ، زاوية رأس القلم ε، زاوية الخلوص الثانوية α_1 (المساعدة).



الشكل (14-12) زوايا قلم الخراطة حيث:

1-المستوي الأساسي، 2-مستوي الإسناد الثانوي (الخلفي)،3-مستوي الإسناد الرئيسي، 4-مقطع وفق مستوي الإسناد الثانوي، 5-مقطع وفق مستوي الإسناد الرئيسي،6-المشغولة، 7-قلم القطع

تقاس الزوايا الرئيسية لأقلام الخراطة في مستوي الإسناد الرئيسي (3)، وهو المستوي العمودي على مسقط الحد القاطع الرئيسي على المستوي الأساسي.

- زاوية الخلوص الرئيسية α- Main reliefe angle

هي الزاوية الواقعة بين السطح الخلفي الرئيسي لأداة القطع ومستوي القطع، يتم تشكيل هذه الزاوية من أجل تقليل الاحتكاك بين السطح الخلفي للقلم والمشغولة، وتقع بحدود 6° إلى 12° درجة. كلما زادت زاوية الخلوص كان القلم أضعف وأقل تحملاً للقوى ومن جهة ثانية كان أقل تآكلاً على سطحه الخلفي، لذلك تستخدم زوايا خلوص كبيرة في عمليات التشغيل الإنجازي.

- زاوية الشفة β :

هي الزاوية المحصور بين السطح الأمامي (وجه القلم) والسطح الخلفي (الجانبي) الرئيس لقلم القطع (شكل 14-12).

- زاوية الحرف Rake Angle

هي الزاوية المحصورة بين السطح الأمامي لأداة القطع والمستوي العمودي على مستوي القطع والمار بالحد القاطع الرئيسي. لزاوية الحرف دورٌ أساسيٌ في طبيعة تشوه المعدن المقطوع وتشكل الرايش. فكلما زادت زاوية الحرف قل تشوه المعدن المقطوع وقلت قوة القطع اللازمة لتعامل الحد القاطع في المعدن المشغل وبالتالي يقل استهلاك القدرة. ولكن من جهة ثانية فإن زيادة زاوية الحرف يسبب إضعاف متانة الحد القاطع. لذلك يجب اختيار زوايا الحرف لأقلام القطع بما يتناسب مع خصائص المعدن المشغل ونظام القطع المستخدم فعند تشغيل المعادن الصلدة يجب استخدام أقلام ذات زوايا حرف صغيرة نسبياً، وعلى العكس عند تشغيل المعادن الطرية يمكن زيادة زاوية الحرف.

كما وتؤثر مادة أداة القطع على مقدار زاوية الحرف فعند استخدام أداة قطع من فولاذ السرعات العالية فإن زاوية الحرف أكبر منها عند استخدام المواد الكربيدية وذلك بسبب ارتفاع صلادتها وقلة متانتها بالمقارنة مع الصلب.

بالسة لحركة التغذية العرضية الآلية تتم كمايلي: يوجد على عمود السحب مسنن مخروطي 7 يقع بالقرب من اللولب الدودي 9 (شكل 10-12) هذا المسنن المخروطي يمكن أن يزلق على طول المجرى الخابوري لعمود السحب 1. عند دوران المسنن 7 فإنه يدير معه المسنن المخروطي 4 والمسننات المستقيمة $\frac{5}{3}$ و $\frac{6}{21}$، وبواسطة القابض 18 يمكن توصيل المسنن 21 بالمسنن 19، الذي بدوره يدوّر اللولب 20 محققاً بذلك التغذية العرضية لحامل أداة القطع.

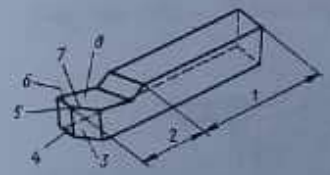
أما التغذية العرضية يدوياً فتتم بواسطة القبضة 16 المركبة على محور لولب التغذية العرضية 20.

§ 3- تصميم أقلام الخراطة Turning Tools :

نظراً للانتشار الواسع لعمليات التشغيل على المخارط من بين مختلف عمليات التشغيل بالقطع، فإن أقلام الخراطة على اختلاف أشكالها وتصاميمها تعد من أهم أدوات القطع وأكثرها استخداماً، إلى جانب أنها من أبسط أدوات القطع من حيث الشكل والتصميم.

3-1- أجزاء القلم :

يتكون قلم الخراطة من النصاب 1 أو الجسم وهو المستخدم من أجل تثبيت أداة القطع على آلة التشغيل، ومن الرأس 2 والذي يمثل الجزء القاطع من القلم كما في الشكل (12-12)



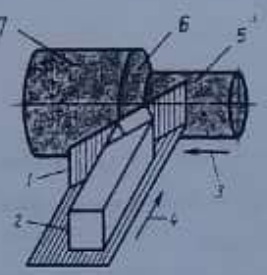
الشكل (12-12) أجزاء قلم الخراطة

يتم تشكيل رأس القلم بالخلخ على ماكينات تخليخ أدوات القطع (أو تستخدم لقم جاهزة تثبت ميكانيكياً أو باللحام على مقدمة القلم) يتألف رأس القلم من السطح الأمامي، الحد القاطع الرئيسي، الحد القاطع المساعد (الثانوي)، السطحين الخلفيين والقمة.

- السطح الأمامي (8) ويسمى أحياناً وجه أداة القطع وهو السطح الذي ينزلق عليه الرايش أثناء عملية القطع.
- السطح الخلفي الرئيسي 3 والمساعد 4 (الثانوي) هما سطحا القلم المقابل للمشغولة (شكل 12-12).
- الحد القاطع الرئيسي (7) Main cutting edge يتشكل من تقاطع السطح الأمامي للقلم مع السطح الخلفي الرئيسي.
- الحد القاطع المساعد (الثانوي) (6) يتشكل من تقاطع السطح الأمامي للقلم مع السطح الخلفي المساعد.
- قمة القلم (5) وتمثل نقطة تقاطع الحدين القاطعين الرئيسي والمساعد ويمكن أن تكون هذه القمة حادة أو مستديرة ذات نصف قطر r.

خلال عملية التشغيل يمكن أن نميز المستويات التالية :

- المستوي الأساسي (2) Reference plane هو المستوي الموازي لاتجاه حركي التغذية الطولية والعرضية في المخرطة (شكل 13-12) وهو يمثل سطح ارتكاز القلم على الآلة.
- سطح القطع (6) وهو السطح المتشكل على المشغولة بتأثير الحد القاطع الرئيسي وهو يمثل سطح الانتقال بين السطح المتشغل 5 والسطح الجاري تشغيله 7.
- السطح المشغل (5). وهو السطح المتشكل بعد إزالة الرايش عن سطح المشغولة.
- مستوي القطع (1) Cutting plane هو المستوي المماس لسطح القطع 6 والمار بالحد القاطع الرئيسي (شكل 12-13).



الشكل (12-13) السطوح والمستويات المختلفة في عملية الخراطة

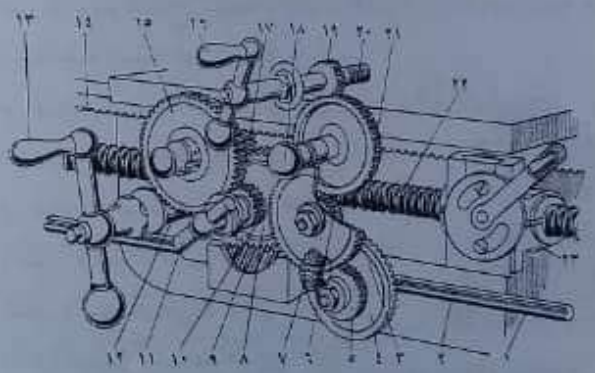
المزلقات العلوية 5 ذراع محروطي 3 مفلوظ من نهايته العلوية. وعلى الجزء المحروطي يوضع العنصر 6 الذي يحتوي على أربعة مجارٍ جانبية لتوضع أقلام الخراطة وتثبتها بالزاوية 8.

– الوقاء Apron :

إن هذا الميكانيزم هو المسؤول عن تأمين حركات التغذية الطولية والعرضية لطاولة الآلة حيث يقوم بتحويل الحركات الدورانية لعمود السحب أو لولب السحب على حركات خطية تمثل حركة التغذية المطلوبة.

يركب الوقاء على السطح السفلي للمزلقات الطولية لطاولة (عربة) آلة التشغيل كما هو مبين على الشكل (10-12).

تتم عملية التغذية الطولية في كافة عمليات الخراطة ما عدا عمليات قطع اللولب بالقلم، بواسطة الجريدة المسننة 14 المثبتة على فرش الآلة والمسنن 17 المتعشق معها. وتتم هذه الحركة إما يدوياً بواسطة القبضة 13 أو آلياً بواسطة عمود السحب 1.

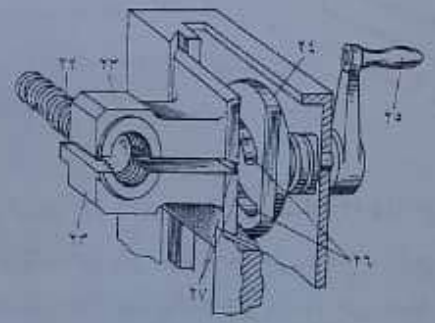


الشكل (10-12) رسم تخطيطي لوقاء آلة الخراطة وقطع القلوظ.

بالنسبة للتغذية الطولية اليدوية فإنها تتم بالقبضة 13 المركب على محورها المسنن 12 والذي ينقل الحركة إلى المسنن 15 ومنه إلى المسنن 17 الراكب معه على نفس المحور ومنه إلى الجريدة المسننة 14.

أما التغذية الطولية الآلية فهي تتم على الشكل التالي:

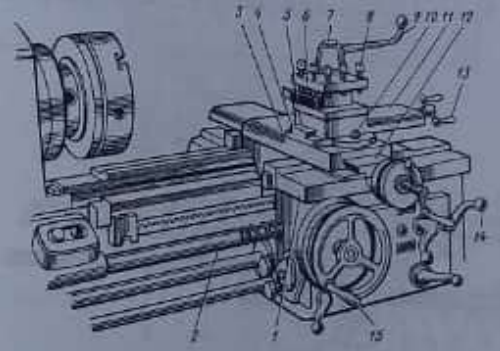
عند بدء عملية التشغيل يتم تدوير عمود السحب Feed Rod 1 الذي يأخذ حركته من علبة التغذية كما سبق وتعرفنا عليها. في هذه الحالة يدخل حابور اللولب الدودي والمثبت على عمود السحب 1 في المجرى الحابوري 2 لعمود السحب، وعند دوران اللولب الدودي يحرك معه المسنن الدودي 8. ولوصل حركة التغذية الطولية آلياً يجب توصيل المسنن الدودي مع المسنن 10 الموجود معه على المحور نفسه، ويتم ذلك بواسطة قارنة خاصة بذلك تقع بينهما ويتم توصيلها (أو فصلها) بواسطة القبضة 11. في هذه الحالة يقوم المسنن 10 نقل الحركة الدورانية إلى المسنن 15 المتعشق معه حيث يتم في النهاية تدوير المسنن 17 الذي يستدحرج بدوره على الجريدة المسننة 14 حاراً معه كلاً من الوقاء والعربة وأدوات القطع محققاً بذلك حركة التغذية الطولية للآلة.



الشكل (11-12) آلة الصامولة المفككة.

- عربة آلة التشغيل (الطاولة) Carriage

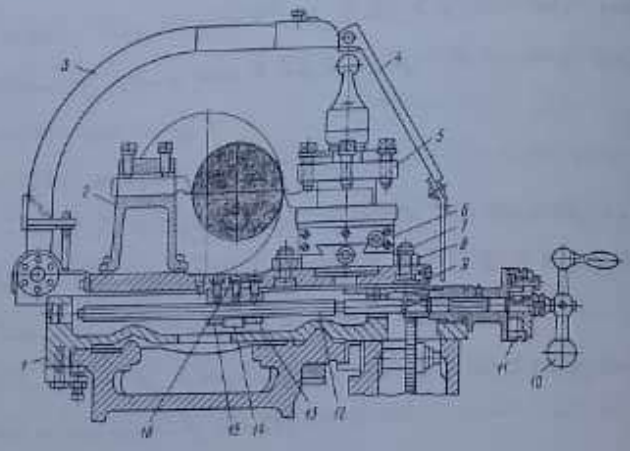
تسمى أحياناً بالراسمة، وهي عبارة عن حامل مركب لأداة القطع ومجموعة مزلقات (Compound rest and slides) طولية وعرضية كما هو مبين على الشكل (7-12). وهي مخصصة من أجل تأمين الحركة اللازمة لأداة القطع، المثبتة على حامل أداة القطع 6، خلال عملية التشغيل. تتكون هذه الآلية من القاعدة1 والمشكل على سطحها من الأسفل محارٍ توافق شكل موجهات (مزلقات) الفرش حيث تستطيع أن تتحرك طولياً على طول الموجهات وهذا ما يعرف بالتغذية الطولية.



الشكل (7-12) طاولة ماكنة خراطة.

يتم تحريك الطاولة طولياً بشكل يدوي بواسطة القبضة 15 أو آلياً عن طريق وصل ميكانيزم التغذية الآلية المتصل بعمود السحب.

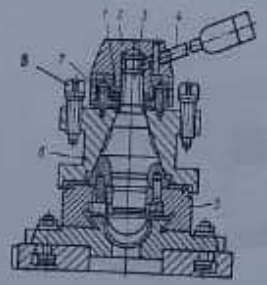
على السطح العلوي للعربة 1 توجد الموجهات 12 التي تتحرك وفقها الطاولة (الراسمة) العرضية 3 بواسطة القبضة اليدوية 14 بحيث تحصل على التغذية العرضية (Feed) لحامل أداة القطع 6، وهذه التغذية تكون عمودية على محور الدنتين. على الشكل (8-12) مبين مقطع أمامي في طاولة التغذية العرضية لمخرطة.



الشكل (8-12) طاولة التغذية العرضية لمخرطة عامة.

على الجزء العلوي من عربة التغذية يتوضع حامل (ماسك) أدوات القطع (Tool Post) وهو الجزء ذو الرقم (6) في الشكل (7-12).

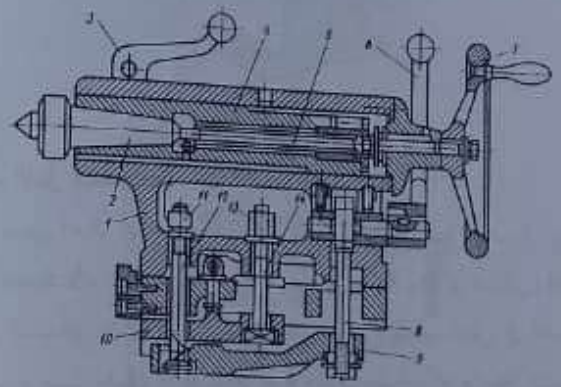
هذا الحامل هو من النوع الذي يستطيع الدوران في المستوي الأفقي حول المحور 7، ويتم ذلك بحل القبضة 9 وتدوير الحامل 6 مع أداة القطع المثبتة عليه بزاوية معينة بالنسبة لمحور المشغولة، ومن ثم إعادة تثبيت الحامل في الوضعية الجديدة بواسطة القبضة 9، ويتم ذلك في عمليات الخراطة الجانبية على الغالب وبعض الخراطة الأخرى. يتم تثبت أداة القطع بواسطة البراغي 8. وعلى الشكل (9-12) مبين مسقط أمامي لحامل أدوات القطع حيث يتوضع على



الشكل (9-12) حامل أدوات القطع

- علبة التغذية **Feed gear box**

وتستخدم من أجل تغيير مقدار التغذية اللازمة بما يناسب عملية التشغيل، وذلك عن طريق تغيير سرعة دوران عمود السحب ولولب السحب في آلة التغذية.

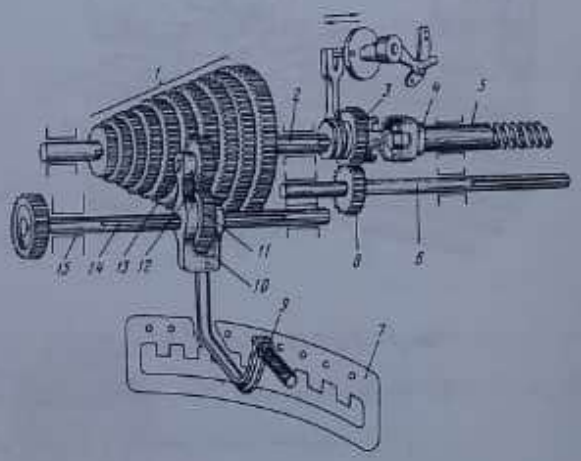


الشكل (12-5) مسقط أمامي لعوات الديل

توجد أشكال وتصاميم مختلفة لعلب التغذية، من أكثرها انتشاراً هي آلة نورتون (Norton) المبينة على الشكل (12-6).

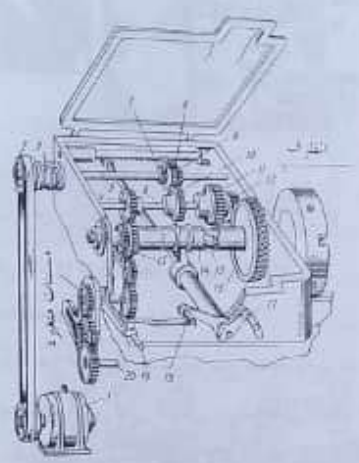
العمود الأول في آلية التغذية هذه هو العمود رقم (15) الذي يتلقى الحركة الدورانية من علبة السرعة بواسطة زوجين من المسننات المتغيرة (Change gear box) وعلى هذا العمود يوجد مجرى خابوري key slot 14 طويل يتزلق عليه المسنن 11 المتعشق بشكل دائم مع المسنن 12. بواسطة الذراع 10 والقبضة 9 (والتي يمكن أن تشغل عشر وضعيات مختلفة) يمكن زلق المسنن 11 و 12 على طول العمود حيث يتصل في كل وضعية المسن 12 مع إحدى مسنات المحروط 1

والتي يبلغ عددها عشرة يوافق عدد الوضعيات الممكنة للقبضة 9 الموجودة على جسم الآلة من الخارج. وهكذا في كل وضعية للقبضة 9 يحصل العمود 2 على سرعة دوران مختلفة، وبفصل زوج المسننات 3 و 8 تنتقل الحركة الدورانية إلى عمود السحب 6. وبفصل ذراع خاص يتم زلق المسنن 3 إلى جهة اليمين وفصل الحركة عن المسنن 8، وتوصيل القارنة 4 حيث تنتقل الحركة الدورانية من العمود 2 إلى لولب السحب 5. وتنتقل الحركة من عمود السحب (أو من لولب السحب) إلى العربة الحاملة لأداة القطع عن طريق آلية خاصة الوقاء تعمل على تحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطية لطاولة آلة التشغيل. ويجب الملاحظة أنه في حال دوران عمود السحب 6 في المخرطة يكون لولب السحب 5 مفصولاً، والعكس بالعكس.



الشكل (12-6) آلية نورتون المستخدمة في المخارط .

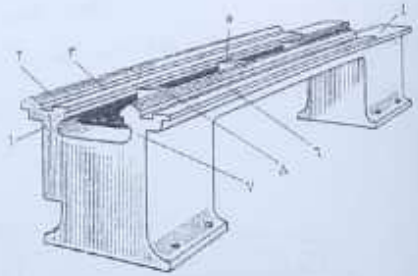
تنقل بالسير 2 لتصل إلى العمود رقم 5 (الأول) في علبة السرعة وبالتسلسل عن طريق أزواج المسننات تصل الحركة إلى عمود الدوران (الجزء العلوي) الذي على نهايته اليمنى طرف فكي.



الشكل (12-3) مخطط كينماتيكي لعلبة سرعة ست سرعات دوران.

- الفرش (البدن) **The Bed**:

وتمثل الأساس الذي يركب عليه باقي أجزاء المخرطة، ويرتكز بدوره على قواعد كما في الشكل (4-12). يصنع الفرش على الغالب من حديد الصب لما يتميز من قدرة على امتصاص الاهتزازات، يتكون الفرش من جدارين طوليين (1 و 7) يتصلان فيما بينهما بواسطة أضلاع عرضية (5). على السطح العلوي للفرش يتم تشكيل سطوح ملساء ومقساة تعرف بالموجهات (Ways) (2 و 6) و (3 و 8) حيث يتحرك وفقها غراب الذيل والعربة الطولية.



الشكل (12-4) فرش المخرطة.

- غراب الذيل **Tail stock**:

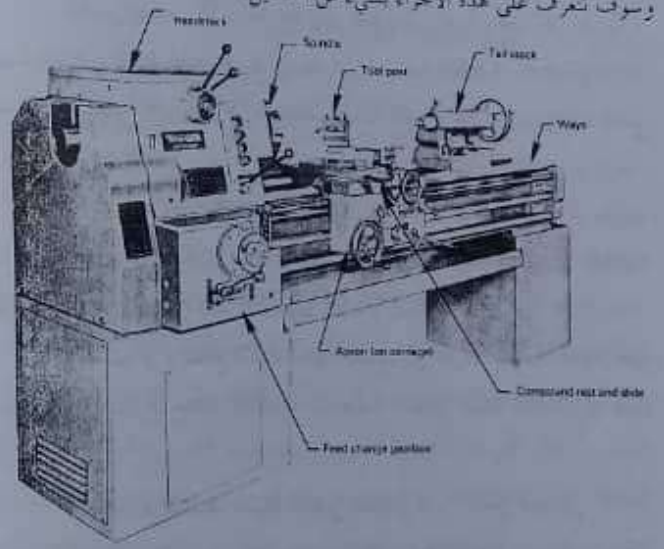
يسمى أحياناً بالغراب الخلفي (لوقوعه في الجهة المعاكسة لغراب الرأس) أو الغراب المتحرك لأنه يتزلق طولياً وفق موجهات الفرش (3 و8) في الشكل (4-12) على الشكل (5-12) مبين مسقط أمامي مقطوع بغراب الذيل. في الجسم 1 للغراب يوجد ماسك الدبة المتحركة 4 والذي يتم تحريكه بواسطة القبضة 7 المتصلة باللولب 5 المتوضع داخل ماسك الدبة 4. ويتم تثبيت ماسك الدبة (بعد تحريكه إلى الوضعية المطلوبة) بواسطة القبضة اليدوية 3.

يتم تحريك غراب الذيل على طول موجهات آلة التشغيل أما يدوياً أو بواسطة العربة الطولية لآلة التشغيل. خلال عملية التشغيل يجب أن يكون الغراب المتحرك مثبتاً بشكل جيد على فرش المخرطة ويتم ذلك بواسطة الذراع 6. وأذرع لامركزية (مرفقية). يستخدم غراب الذيل عند خراطة القطع الدولية بين الذنبتين (بين المراكز)، حيث تعمل الدبة 2 (المركز) على سد وتثبيت النهاية الحرة للمشغولة وذلك منعاً للاهتزاز أو الانحراف تحت تأثير قوى القطع.

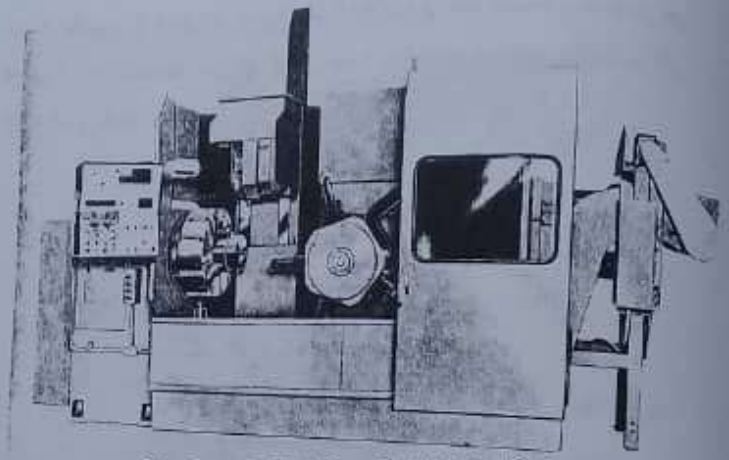
اللوالب الداخلية والخارجية وعمليات الثقب والبترة وتشغيل السطوح الحانية والمحروطية وغيرها من الأعمال المختلفة.

§ 2 – الأجزاء الرئيسية لآلات الخراطة:

إن آلات الخراطة وقطع القلاووظ (اللوالب) على اختلاف أنواعها ومقاييسها وطريقة قيادها، تحتوي على ميكانزمات ومجموعات وعناصر عامة متماثلة في وظائفها. على الشكل (1-12) مبين الشكل العام لمخرطة حديثة مخصصة لمختلف عمليات الخراطة وقطع القلاووظة. الأجزاء الرئيسية لهذه الآلة هي: غراب الرأس (الغراب الثابت)، الفرش أو السدن، غراب الذيل (الغراب الخلفي المتحرك)، صندوق التغذية، العربة أو الطاولة (الراسمة) مع ماسك أدوات القطع. وسوف نتعرف على هذه الأجزاء بشيء من التفصيل.



الشكل (1- 12) الشكل العام لمخرطة أفقية عامة مخصصة لعمليات الخراطة وقطع القلاووظ.



الشكل (2-12) مخرطة برجية ذات قيادة عددية مبرمجة.

- غراب الرأس Headstock

وهو عبارة عن صندوق معدني يتوضع بداخله مجموعة قضبات لتغيير السرعة يتوضع غراب الرأس على الفرش، يتوضع على النهاية الأمامية لعمود الدوران ظرف فكي (Chuck) تثبت فيه المشغولات.

يشكل عمود الدوران الجزء الرئيسي في غراب الرأس، وهو عبارة عن عمود فولاذي مجوف يستند على كرأسي تحميل (bearings) خاصة داخل غراب الرأس، ويشكل على النهاية الأمامية لعمود الدوران قلاووظ دقيق ذو خطوة كبيرة لتركيب الظرف عليه.

يحتوي غراب الرأس على علبة سرعة تحتوي مجموعة من المحاور والمسنات والقارنات والقبضات التي يتم بواسطتها التحكم بسرعة دوران عمود الدوران واتجاهها. على الشكل (3-12) يبين مخطط كينماتيكي لعلبة سرعة خاصة بمخرطة بسيطة لها ست سرعات دوران مختلفة حيث تأتي الحركة من محرك كهربائي 1 عبر

(هام)

- هندسة وزوايا القلم : حتى يتمكن قلم الخراطة من الدخول في المعدن وتقليل الاحتكاك يتم تشكيل عدة زوايا على رأس القلم هي :

أ- زوايا رئيسية : زاوية الخلوص α ، زاوية الشغف β ، والجرف γ أو ϕ.

ب- " مساعدة : زاوية الاقتراب المساعدة ϕ_1 و λ و ε و α_1.

وجميعها مبينة على الشكل (12-14) (هام) .

ويجب التعرف بشكل واضح على وظيفة هذه الزوايا وكيفية تشكيلها .

$\delta = 90 - \gamma = \alpha + \beta$ و $\alpha + \beta + \gamma = 90°$.

- أنواع أقلام الخراطة : توجد أنواع وتصاميم مختلفة من أقلام الخراطة مبينة على الشكل (12-18) : فمنها للخراطة الطولية - وللخراطة العرضية ، للخراطة الداخلية ، أقلام فتح اللوالب (القلووظ) ، أقلام القصل (القص) ، أقلام تشكيلية وغيرها .

رابعاً : العناصر الأساسية لعملية الخراطة : (هام)

متى تتم عملية الخراطة (القطع) لا بد من وجود اقتران بين حركتين : حركة القطع (وهي حركة دوران المشغولة) وحركة التغذية (وهي عبارة عن حركة خطية لأداة القطع) .

- العناصر الأساسية لعملية الخراطة هي : تسامح التشغيل المكني $2Z_0$ ، عمق القطع t ، التغذية S ، سرعة القطع V ، مساحة المقطع العرضي للطبقة المقطوعة ($F = a.b\ mm^2$) .

وهذه العناصر مشروحة بالتفصيل وموضحة على الأشكال (12-19) و (12-20) - ص ٣٢٦ --- ٣٢٧ .

د. عصام قرقوط