الباب الثامن

8

ملحقات

تكنولوجيا الخراطة

تمهيد

يتناول هذا الباب المواصفات الفنية والأبعاد الهامة لبعض المخارط مثال المخرطة الأفقية العامة والمخرطة الناسخة ومخرطة الأوجه ، وطرق تثبيت المخارط بأرضية الورشة من خلال تجهيز الأرض ، وطرق ضبطها وإختبارها .

ويتعرض إلى تنظيم وتخطيط مكان عمل فني الخراطة ، والعوامل التي تؤثر على العملية الإنتاجية ، وسلوك المواد أثناء التشغيل من خلال إستخدام المعادن المختلفة الصلادة ، وسرعة القطع الإقتصادية ، وطرق تحديد سرعة الدوران من خلال المعدلات ذات العلاقة أو عن طريق إستخدام الجداول الخاصة بذلك .

وقد وضع في نهاية هذا الباب جداول الظلال للإستعانة بها عند تشغيل الأسطح المستدقة (المخروطية أو المسلوبة) .

الأبعاد والمواصفات الفنية للمخارط

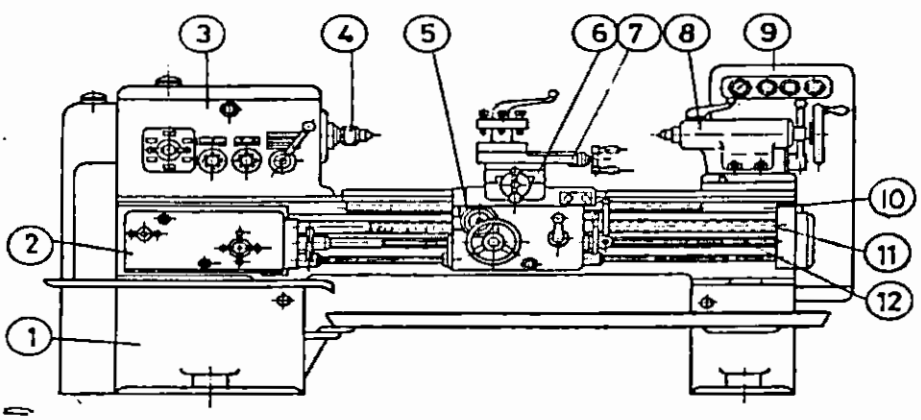
المخارط لها أنواع وأشكال وأحجام ، تختلف أنواعها وأشكالها عن بعضها البعض ، ولكن تتحد عادة في مكوناتها الأساسية ، وبصفة عامة يوجد لكل مخرطة مواصفاتها ومقاديرها الفنية الهامة .. فيما يلي عرض هذه المواصفات لبعض أنواع المخارط ومقاديرها الفنية .

المخارط الأفقـــية العامة :

UNIVERSAL HORIZONTAL LATHE

المخرطة الأفقية العامة الموضحة بشكل 8 – 1 تسمى أيضاً بمخرطة الذنبة CENTER LATHE، وتعتبر هي الماكينة الأولى في المصانع والورش من ناحية الأهمية التي تتضح فيما ينتج منها من أغراض عامة التي تناسب العمليات الصناعية المختلفة ، مثل المشغولات الأسطوانية والمخروطية والكروية وقطع أسنان اللوالب (القلاووظ) بأنواعه كما يمكن إنتاج الأجزاء اللامركزية صغيرة الحجم ، والنوابض اللولبية (يايات الشد والضغط) ..... وغيرها.

تستخدم المخارط الأفقية في المصنع وورش الإنتاج والصيانة لتصنيع قطع الغيار والأجزاء الهندسية الدقيقة.



شكل 8 – 1

المخرطة الأفقـــــية العامة

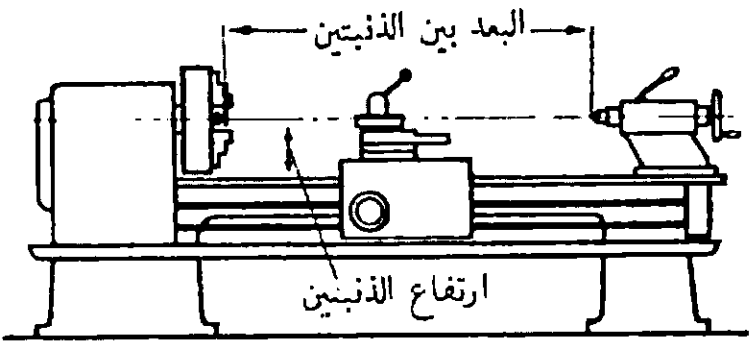
1. القاعدة.
2. صندوق تروس التغذية.
3. الرأس الثابت .. (الغراب الثابت).
4. عمود الدوران.
5. العربة.
6. الراسمة العرضية.
7. الراسمة الطولية.
8. الرأس المتحرك.
9. دولاب المعدات الكهربائية.
10. الفرش.
11. عمود القلاووظ .. (العمود المرشد).
12. عمود التغذية .. (عامود الجر)د

أبعاد المخرطة الأفقية :

DIMENSIONES OF HORIZONTAL LATHE

يتوقف أبعاد المخرطة علي أبعاد وأقطار الأجزاء المراد تشغيلها ، حيث تتميز كل مخرطة عن الأخرى بأبعادها الأساسية الهامة .. وهي كالآتي :-

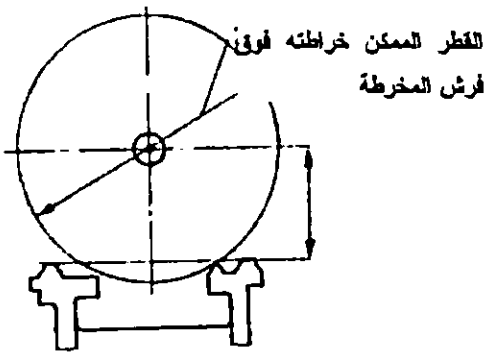
1. البعد بين الذنبتين (أطول جزء ممكن تشغيله على المخرط) ، وارتفاع محور الذنبتين عن الفرش كما هو موضح بشكل 8 – 2 .



شكل 8 – 2

البعد بين الذنبتين وارتفاع محور الذنبتين عن الفرش

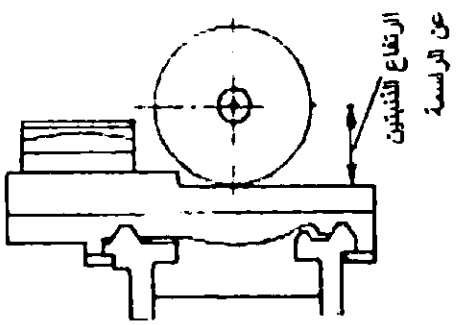
2. أكبر قطر يمكن تشغيله على المخرطة (بأعلى الفرش) كما هو موضح بشكل 8 – 3 .. أي أكبر من ضعف ارتفاع محور الذنبتين عن الفرش.



شكل 8 – 3

أكبر قطر يمكن تشغيله علي المخرطة

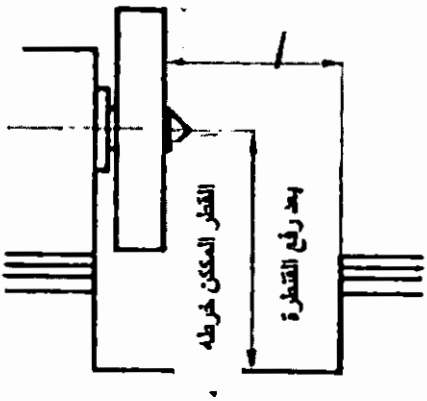
3. أكبر قطر يمكن تشغيله بأعلى الراسمة العرضية كما هو موضح بشكل 8 – 4 .. أي ضعف ارتفاع محور الذنبتين عن الراسمة العرضية.



شكل 8 – 4

أكبر قطر يمكن تشغيله بأعلى الراسمة العرضية

4. أكبر قطعة (ذات قطر وطول) يمكن تشغيلها على الصينية بعد رفع القنطرة التي تقع بأسفل الظرف مباشرة شكل 8 – 5 .



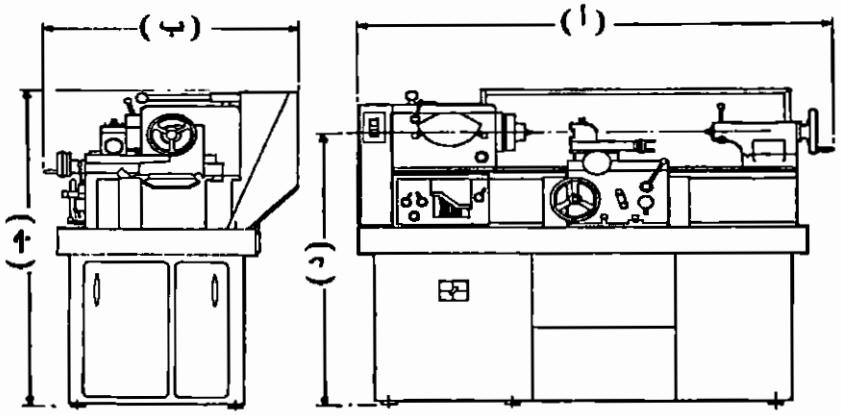
شكل 8 – 5

أكبر قطر يمكن تشغيله بعد رفع القنطرة

5. قطر ثقب عمود الدوران .. أي أكبر قطر لمشغولة يمكن اختراقها ثقب عمود الدوران.

6. حجم المخرطة (الطول والعرض والارتفاع) ، بالإضافة إلى وزنها حيث له دور هام ، حيث يأخذ في الاعتبار مساحة الأرض المطلوبة ومقدار تحملها . شكل 8 – 6 يوضح الأبعاد الهامة للمخرطة.

علماً بأن المخرطة الثقيلة أغلى ثمناً من مثيلتها الخفيفة التي تناسبها في البعد بين الذنبتين وارتفاع محور الذنبتين عن الفرش.



شكل 8 – 6

أبعاد المخرطـــــة الهامة

(أ) الطول.
(ب) العرض.
(ج) الارتفاع.
(د) ارتفاع المحور عن سطح الأرض.

وتميز كل مخرطة عن الأخرى بمواصفات ومقادير هامة كالآتي :-

1. قدرة المخرطة .. (وزن الرايش المزال بالكيلوجرام لكل ساعة).
2. نطاق سرعات التشغيل .. أقل وأقصى سرعة وعدد مجموعات السرعات المعطاة بصندوق التروس .. تقدر السرعة بعدد اللفات في الدقيقة .. r.p.m .
3. نطاق سرعات التغذية .. أقصى وأقل سرعة لعمود التغذية ، وخطوات اللولب (القلاووظ) الممكن تشغيلها.. (المتري ــ الإنجليزي ــ الموديل).

المخرطة الناسخة :

DUPLICATING LATHE

طريقة إستخدامها تشبه طريقة العمل بإستخدام القضيب الدليلي على المخرطة الأفقية ، حيث تتحرك الراسمة العرضية حركة تتفق مع شكل قضيب الدليل ، أما طريقة الخراطة بالنسخ فإن القطع تتخذ شكلها المطلوب في عملية واحدة ، حيث يستخدم للقيادة قطعة أخرى تامة التشغيل ، أو لوح من الصلب مشكل بالشكل المطلوب (ضبعة) ، بحيث لا تتصل الراسمة العرضية مباشرة بالضبعة ، بل توجه حركتها عن طريق مجس يلامس الضبعة بضغط خفيف ، وهناك أنظمة مختلفة لعمليات الخراطة للناسخة .. فيما يلي عرض لأكثر أنواع هذه العمليات إنتشاراً .

أبعاد المخرطة الناسخة :

DIMENSIONES DUPLICATING LATHE

المخرط الناسخة طراز DSK 53 X 500 أبعادها كالآتي :-

الطول ..... 2700 ملليمتر
العرض ..... 1400 ملليمتر
الارتفاع ..... 1450 ملليمتر
الوزن الصافي ..... 3000 كيلو جرام

المواصفات الفنية للمخرطة الناسخة :

SPECIFICATIONS OF DUPLICATING LATHE

المخرطة الناسخة طراز DSK 53 X 500 الموضحة بشكل 8 – 7 مواصفاتها الفنية كالآتي :-

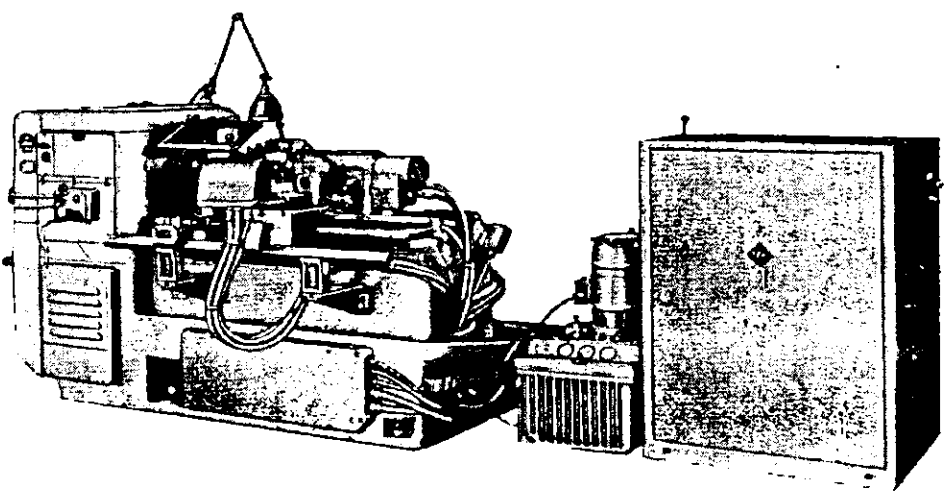
أقصي قطر للأعمدة ممكن خرطه ..... 63 ملليمتر

أطول شغلة يمكن خرطها ..... 500 ملليمتر

نطاق سرعات التشغيل ..... 500 — 1400 لفة / دقيقة

نطاق سرعات التغذية ..... 0.09 — 1.0 ملليمتر / لفة

يحقق فرش المخرطة ذو المجاري العرضية درجة عالية من الدقة ، كما تحقق منظومة النسخ المركبة على راسمة المخرطة دقة عالية في نسخ المشغولات مع التحكم في دورة التشغيل الأوتوماتية المتعلقة بطول القطع ، والتغذية ، وسرعات القطع .



شكل 8 – 7

أبعاد المخرط الناسخة طراز DSK 53 X 500

مخرطة الأوجه :

SURFACES LATHE

تستخدم مخرطة الأوجه في خرط المشغولات ذات الأقطار الكبيرة والتخانات الصغيرة ، مثل الأقراص والأشكال التي يصعب تشغيلها على المخرطة الأفقية ،

ولضخامة مخرطة الأوجه فإن العربة والراسمة تتحركان الحركات المعتادة لهما عن طريق محركات خاصة ، وبذلك يمكن التحكم في حركة العربة والراسمة بالمسافة المطلوبة دون الحاجة إلى تشغيل المخرطة.

أبعاد مخرطة الأوجه :

DIMENSIONS OF SURFACES LATHE

مخرط الأوجه طراز VEB أبعادها كالآتي :-

الطول ..... 3300 ملليمتر

العرض ..... 1600 ملليمتر

الارتفاع ..... 1500 ملليمتر

الوزن الصافي (يتوقف على الملحقات) ..... 4000 ــ 5500 كيلو جرام

المواصفات الفنية لمخرطة الأوجه :

ARTISTRY SPECIFIC OF SURFACES LATHE

مخرطة الأوجه طراز VEB الموضحة بشكل 8 - 8 مواصفاتها الفنية كالآتي :-

أكبر بعد متأرجح ..... 630 ملليمتر

أقصى بعد بين وجه الصينية والمجاري المستعرضة ..... 400 ملليمتر

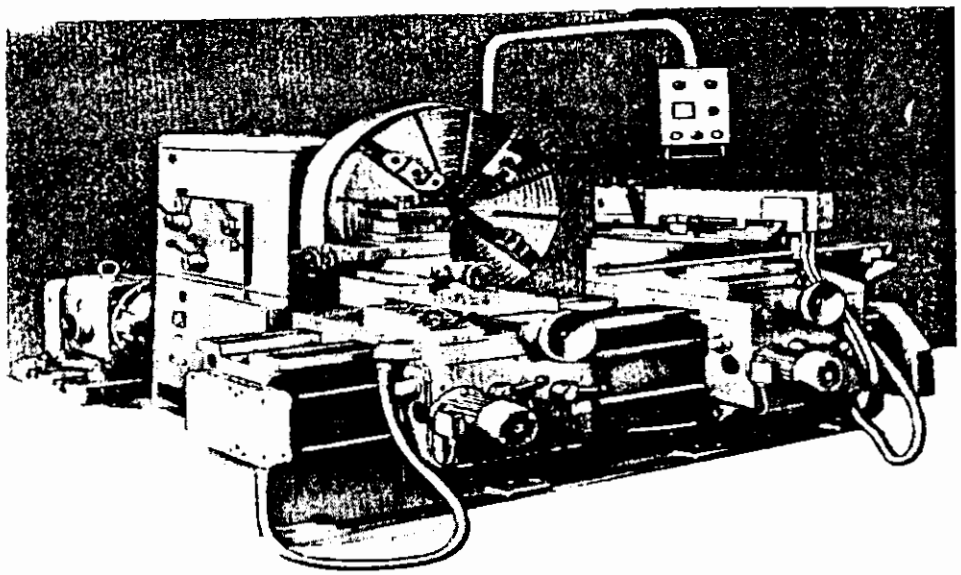
أقصى وزن للشغلة ..... 8000 كيلو جرام

نطاق سرعات الصينية ..... 8 ــ 355 لفة / دقيقة

نطاق سرعات التغذية ..... 0.063 ــ 1.4 لفة / دقيقة

تحتوي مخرطة الأوجه طراز VEB على فرش مقطعه على شكل زاوية قائمة ، لذلك تعرف بمخرط الأوجه حرف T . تستخدم في خراطة الأقراص والحلقات ذات الأقطار الكبيرة بتخانات صغيرة .

ونظراً لأن المخرطة مبنية وفقاً لمبدأ وحدة التكوين ، فيمكن إجراء تعديلات مختلفة بها ، كما يمكن تهيئة المخرطة وإستخدامها للمتطلبات التكنولوجية المختلفة وذلك من خلال تركيب ملحقات إضافية خاصة .



شكل 8 - 8

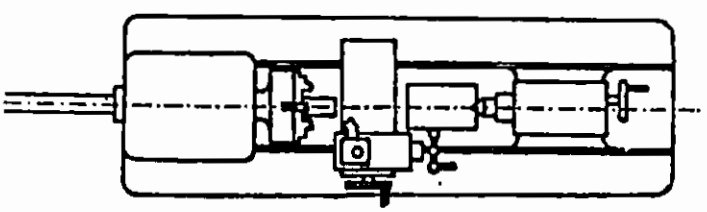
مخرطة أوجـــه طراز VEB

تثبيت المخارط بأرضية الورشة

FIXING LATHE IN WORKSHOP FLOOR

عند تثبيت مخرطة بأرضية الورشة وضماناً لحسن أدائها يجب مراعاة أن يكون المكان فسيح يستوعب المخرطة والفني الذي سيقوم بالعمل عليها ، كما يتيح تشغيل الأعمدة الطويلة دون أي عائق .

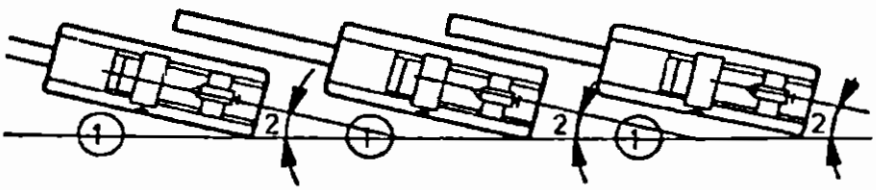
يختلف وضـــع تثبيت مخرطة واحـــدة عن مجموعة مخارط . في حالة تثبيت مخرطة واحدة كما هو موضح شكل 129 فإنها توضع بشكل عرضي مع مراعاة أن يفسح المجال بجانب المخرطة (أمام عمود الدوران) لإمكان تشغيل الأعمدة الطويلة .



شكل 8 - 9

تثبيت مخرطة واحدة

أما في حالة تثبيت مجموعة مخارط فإنها تثبت بوضع مائل كما هو موضح بشكل 8 – 10 بحيث تثبت جميعها بزاوية واحدة على أن يفسح المجال بجانبها (أمام عمود دوران كل مخرطة) لإمكان تشغيل الأعمدة الطويلة على أي مخرطة ، وبذلك يمكن أن يستوعب المكان أكبر عدد ممكن من المخارط بالإضافة إلى الآلات المختلفة الأخرى .



شكل 8 – 10

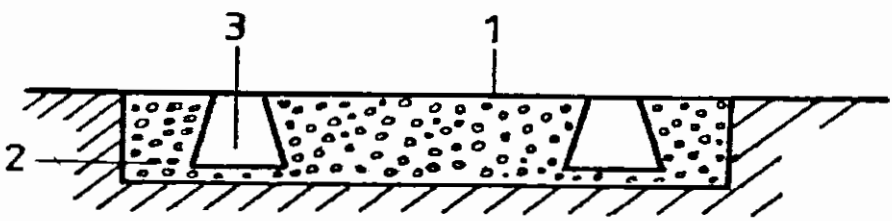
تثبيت مجموعـــــة مخارط

1. مكان وقوف فني المخرطة.
2. وضع المخارط بالنسبة لبعضها البعض.

تجهيز الأرض لتثبيت الماكينات :

PREPARING GROUND FOR FIXING MACHINES

يجـــب أن تجهز الأرض بخرسانة الأساس قبل تثبيت المكينات عليها ، كما يجب ترك فجوات (ثقوب) مناسبة لأطوال الجوايط بحيث تكون أسفلها أوسع من أعلاها كما هو موضح بشكل 8 – 11 .

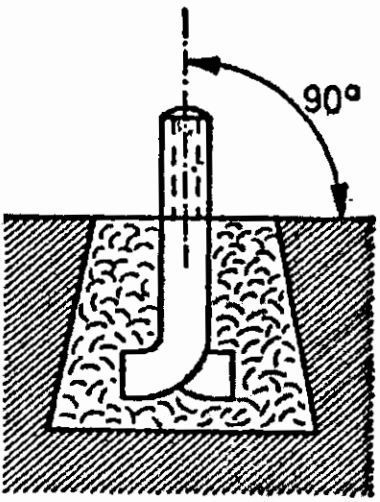


شكل 8 – 11

تجهيز الأرض بخرسانة الأساس

1. المستوى الأفقي لأرضية الورشة.
2. خرسانة الأساس.
3. ثقوب مناسبة لأماكن وأطوال الجوايط.

توضع المخرطة المثبت بها الجوايط على القاعدة الخرسانية بحيث تكون الجوايط داخل الفجوات المخصصة لها وبشكل عمودي ، ثم تصب الخرسانة لتمتلئ الثقوب تماماً كما هو موضح بشكل 8 – 12 .



شكل 8 – 12

توضع الجوايط داخل الفجوات ثم تصب الخرسانة لتمتلئ الثقوب تماماً

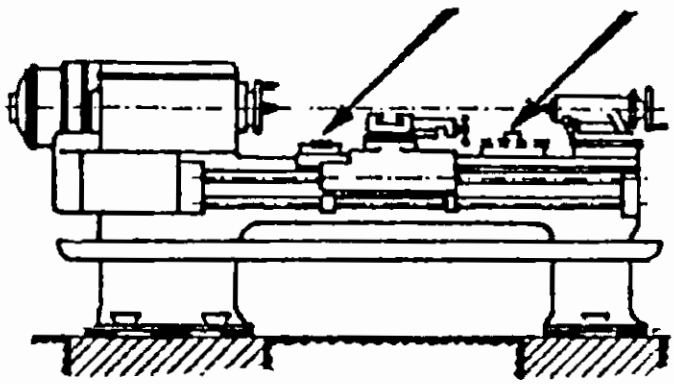
ملاحظة :

يراعى عدم تثبيت الماكينات بالأرض إلا بعد تماسك الخرسانة جيداً .. أي بعد خمسة أيام على الأقل من وضع خرسانة الأساس .

ضبط واختبار المخرطة :

ADJUSTING &TESTINGLATHE

يتم التحقيق من صحة الوضع الأفقي للمخرطة باستخدام ميزان مياه بوضعه على أدلة انزلاق الفرش بشكل طولي كما هو موضح بشكل 8 – 13 .

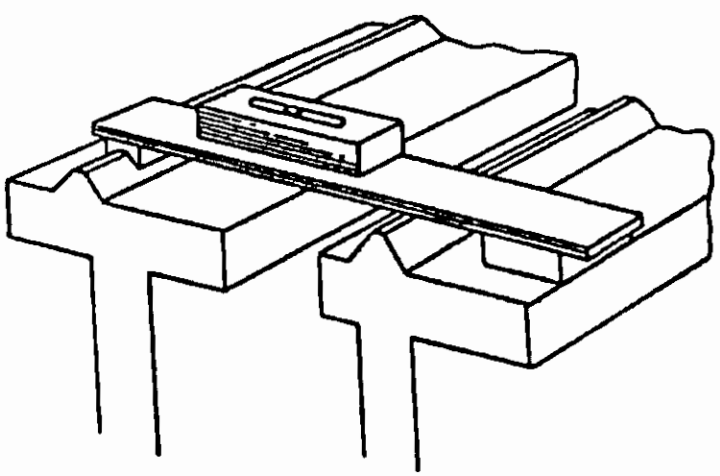


شكل 8 – 13

التحقيق من الوضع الأفقي للمخرطة

باستخدام ميزان مياه بوضعه على الفرش بشكل طولي

كما يتم التحقيق من صحة وضع أفقية المخرطة بوضع ميزان المياه على الفرش الذي يوضع على مسطرة ملساء من الصلب بشكل عرض كما هو موضح بشكل 8 – 14 .

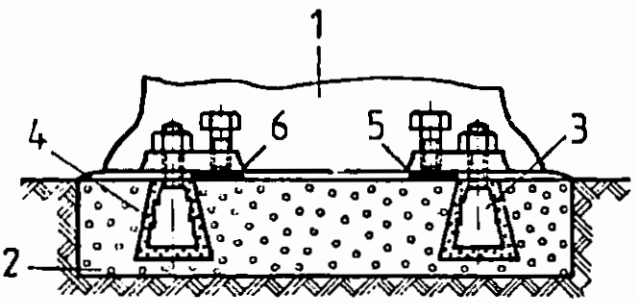


شكل 8 – 14

التحقيق من الوضـــــع الأفقي للمخرطة

بوضع ميزان المياه على مسطرة صلب بشكل عرضي

في حالة عدم أفقية المخرطة .. يمكن وضع قطع من الصاج بسمك مختلف أسفل القاعدة .. (أسفل بعض المسامير المثبتة بجانب الجوايط) كما هو موضح بشكل 8 – 15 ثم تربط صواميل الجوايط جيداً بعد التأكد من أفقية المخرطة.



شكل 8 – 15

في حالة عدم أفقية المخرطة توضع قطع من الصاج بسمك مختلف أسفل القاعدة

1. **المخرطة.**
2. **خرسانة أساس.**
3. **جوايط.**
4. **ثقب بعد ملئه بالخرسانة لتماسك الجوايط بالأرض.**
5. **قطع من الصاج يختلف سمك كل منها عن الأخرى .. لضبط اتزان أفقيه المخرطة.**
6. **قطع أخرى من الصاج يختلف سمك كل منها عن الأخرى .. لضبط اتزان أفقيه المخرطة.**

ملاحظة :

يجب تثبيت المخرطة بأرضية الورشة بربط صواميل الجوايط جيداً وذلك لضمان امتصاص الاهتزازات.

تنظيم ونظافة مكان العمل

ORGANIZATION & CLEANING OF WORK SITE

الترتيب والنظام والنظافة من الأمور الواجبة والمستحبة وللازمة لكل عمل من الأعمال وخاصـــة في المجال الصناعي ، لما يلزم هذا المجال وبدونهما قد يتعثر العمل ، مما يؤدي إلى حدوث الأضرار والحوادث والإصابات ، وبالتالي ضياع الوقت والجهد والمال الذي يؤدي في النهاية إلى وجود فاقد في العملية الإنتاجية . هذا علاوة علي إحداث سلوكيات غير مستحبة وارتباك في العمل .

مكان العمل هو أحد الأجزاء المخصصة للعمليات المختلفة للتصنيع والإنتاج ، ويزود مكان العمل بما يتفق مع طبيعة الأعمال الجارية ، فعلي سبيل المثال ورشة الخراطة ، تحتوي علي المخارط والخزائن (الدواليب) والعدد القاطعة وأدوات القياس وتوابع المخرطة مثل ظرف وصينية وفكوك مصلدة ومخانق ومفاتيح وذنب وخامات وقطع تم تصنيعها ..... الخ ، كما تحتوي ورشة البرادة والتركيبات الميكانيكية علي الطاولات (التزج) والأنواع المختلفة من المبارد والمثاقب والمفاتح المختلفة الأنواع والعدد القاطعة ..... الخ .

ويكمن التنظيم الصحيح لأي مكان العمل في ترتيب ووضع الخامات ، والقطع التي تم تصنيعها ، وعدد القطع ، وأدوات القياس ... وغيرها من عدد وأدوات مختلفة بشكل صحيح ، يتناسب مع إنتاجه بالعمل للعثور علي كل ما تقتضيه الحاجة من عدد قاطعة وأدوات بسرعة ، وهذه هي الإرشادات والقواعد التي ينادي بها الأمان الصناعي . هذا يعني أن سلامة العاملين تكمن في المحافظة علي تنظيم ونظافة مكان العمل .. فيما يلي عرض نماذج لتنظيم أماكن العمل لبعض التخصصات الفنية بالمنشآت الصناعية .

تخطيط مكان العمل

PLANNING WORK PLACE

عند تخطيط مكان العمل يجب الانطلاق من خلال القواعد التالية:-

1. وجود مساحات كافية أمام وخلف كل ماكينة، لإمكان تحرك المنتج بسهولة وأمان تام.
2. وضع الخامات والأدوات وآلات القطع وغير ذلك بجوار المنتج وعلى أقرب مسافة ممكنة ، بحيث لا تعرقل حركاته.
3. وضع الأدوات والعدد الكثيرة الاستعمال بشكل أقرب ، أما الأدوات النادرة الاستعمال فتوضع في مكان آخر ، كما توضع الرسومات أو اللوحات الخاصة بالأجزاء المطلوب تنفيذها في مكانها الخاص.
4. يجب ألا يكون مكان العمل مكدساً بقطع الخام والقطع الجاهزة (القطع التي تم تصنيعها) ، بل يوضع كل منهما في المكان الخاص به.
5. يجب أن يشتمل المكان على أرفف أو دواليب لحفظ العدد وآلات القطع ... وغير ذلك، بحيث يكون كل نوع من هذه العدد له مكانه الخاص.

وعلى ذلك يتضح أنه من الممكن حساب المساحات اللازمة للعمل على أي ماكينة ، ومن خلال هذه المساحات بالإضافة إلى مساحة الطرقات اللازمة ، والمساحات اللازمة لوسائل النقل الآلية ، يمكن تحديد المساحة اللازمة للورشة أو المصنع كله . على أن يوضع في الاعتبار الإضاءة الطبيعية على الماكينات ، وكذلك وسائل التهوية الطبيعية والصناعية باعتبار أن ذلك له تأثير مباشر على الإنتاج .

العوامل التي تؤثر على العملية الإنتاجية :

FACTORS THAT AFFECT ON PRODUTION PROCESS

توجد عوامل لها تأثيرها واضح على العملية الإنتاجية .. أهمها الآتي:-

1. أجهزة القياس التي يجب أن تحفظ في مكان خاص بعيدة عن العدد والأدوات ، كما يوصي أن تخزن في مكان مكيف بدرجة حرارة ثابتة مقدارها 20 درجة مئوية.
2. الرسومات المختلفة المراد تنفيذها الخاصة بأقسام الخراطة ــ التشغيل وغير ذلك ، يجب وضعها في أماكن يسهل الاطلاع عليها ، أو في أغلفة من البلاستيك الشفاف وتحمل على حوامل خاصة ، وتثبت في مكان مناسب على الماكينات.
3. أدوات النظافة ومخلفات التشغيل، يجب أن تحفظ في مكان خاص بعيدة عن حيز الماكينات.
4. أدوات وتجهيزات الرفع المساعدة ، يجب أن يشتمل المكان على هذه الأدوات لتساعد المنتجين على رفع الأجزاء الكبيرة ولتخفيض الوقت والجهد المبذول.
5. الإضاءة والتهوية، يجب أن تتوافر هذه الشروط في المكان الصحي للعمل ويمكن أن تكون طبيعية أو صناعية أو كلاهما معاً ، مع الاحتفاظ بدرجة حرارة معتدلة ورطوبة مناسبة ... الخ.
6. إخلاء مكان العمل من المشغولات المنتهية من على آلات الثقب والمخارط أو أي نوع آخر من الماكينات وتخزينها بالمكان المخصص لذلك ، أما المشغولات الكبيرة فيجهز لها وسائل نقل مناسبة.

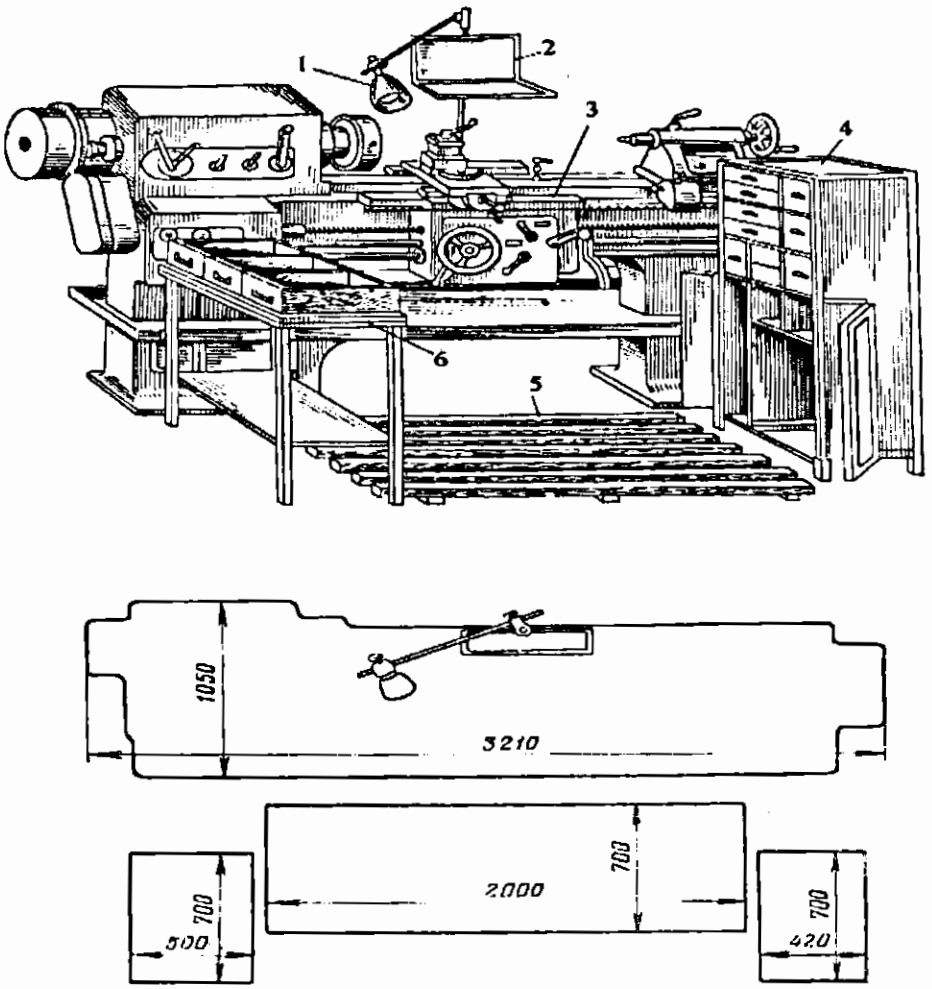
ويمكن القول في النهاية أن كل ما يحتاجه المنتج يجب أن يكون قريباً منه بدون إرباك المكان ، وبحيث لا يمنع حركته في أي اتجاه ، وكذلك كل ما يحتاج إليه أثناء العمل يجب أن يكون في متناول يديه.

تنظيم مكان عمل فني المخرطة :

عند تخطيط مكان العمل النموذجي لفني الخراطة الموضح بشكل 8 - 16 ، يجب أن يكون بالقواعد التالية :-

1. توضع الخامات والعدد بحيث تكون بالقرب من حركة الفني الطبيعية .
2. توضع أوامر يجب أن يكون جميع متطلباته بالقرب منه ، بل علي أقرب مسافة ممكنة ، بحيث لا تعرقل حركاته .
3. توضع العدد والأدوات الكثيرة الاستعمال بشكل أقرب ، أما الأدوات النادر استعمالها فتوضع في مكان آخر .
4. التشغيل (رسم المشغولات المطلوب خراطتها) علي اللوحة 2 الموضحة بالشكل ، أما الأوراق الغير مستعملة وأغراضه الخاصة فإنها توضع في أحد أدراج الخزانة (الدولاب) .
5. يجب ألا يكون مكان العمل مكدس بالخامات والمشغولات الجاهزة ، بل يجب أن توضع المشغولات الجاهزة في مكان يتناسب مع اتجاه حركة التشغيل ، وذلك حسب تسلسل تكنولوجية العمل . ويعتبر هذا الشرط هام بشكل خاص عند تشغيل القطع الكبيرة ، أو عند تشغيل القطع التي تحتوي عدة عمليات مثل الخراطة ، التفريز ، التجليخ ..... الخ .

ومن الأفضل حفظ الخامات الصغيرة التي يتم تصنيعها بكميات كبيرة في الأدراج الموجودة بالخزانة (الدولاب) وعلي مستوي يدي الفني ، كما يجب وضع القطع الجاهزة في صناديق مماثلة تقع علي مقربة من مكان العمل .



شكل 8 – 16

المكان النموذجـــي لعمل فني الخراطة

1. مصباح كهربائي .
2. لوحة وضع أدوات القياس ، وتثبيت أوامر التشغيل(الرسومات المطلوب خراطتها)
3. المخرطة .
4. خزانة حفظ العدد .. (دولاب) .
5. لوحة خشبية توضع علي الأرض .. (تحت أقدام الفني) .
6. أوعية للخامات والمشغولات المنتجة .

سلوك المواد أثناء التشغيل

MATERIALS BEHAVIOR DURING WORKING BEHAVIOR

قبل أن يبدأ الخراط في أداء العمل الموكل إليه ، فإنه يجب أن يعرف نوع المعدن الذي سيقوم بتشغيله ، ومن ثم يتأثر تصرفاته بعوامل كثيرة متغيرة أهمها إختيار نوع العدة وسرعة القطع وشكل الرايش (النحاتة أو الجذاذ) الناتج من عمليات التشغيل المختلفة ، بالإضافة إلى أن الحرارة وشكل القطعة والقوة اللازمة عند إزالة الرايش ، وكذلك طريقة العمل لها أهمية .

وتبعًا لتقدير فني المخرطة لهذه العوامل عليه أن يختار الآتي :-

- الآلات القاطعة المستخدمة في عمليات التشغيل المختلفة .
- سرعة القطع ومقدار التغذية .
- مواد التبريد والتزييت .

يمكن أن تكون بيانات الجداول الفنية الخاصة بسرعات القطع والتغذية عونًا كبيرًا على حسن الإختيار ، ولكن لا يستهان بخبرة الفني العملية .. فلها أيضًا دورًا هامًا .

والبيانات التالية عن المعادن المختلفة المراد تشغيلها .. يمكن أن تكون ذات أهمية للقارئ وهي كالآتي :-

الصلب :

STEEL

يصدر عادة عند تشغيل الصلب رايش ملتوي أو رايش شريطي ، وتتلئم الآلة القاطعة بسرعة أكبر كلما زادت صلادة المادة .

ولما كانت نسبة الكربون الموجودة في الصلب تحدد درجة صلادته ، فإن سرعة القطع تنخفض تبعاً لزيادة الكربون ، كما أن عناصر الخلط مثل السيليكون والمنجنيز والكروم والنيكل والتنجستين ، وكذلك طريقة الصنع والمعاملات الحرارية لها تأثير كبير .

أما العناصر الغير مرغوبة بالصلب فأهمها الكبريت ، حيث يجعله ذو هشاشية وصلادة ، وعلى الرغم من ذلك فله تأثيراً طيباً على تكوين الرايش وهذه الخاصية يمكن أن تكون ذات أهمية في المواد التي يتم تشغيلها على المخارط الأوتوماتية لأنها تعطي رايش قصير ، علماً بأنه عند إضافة بعض المواد مثل السيلينيوم والرصاص تحسن كثيراً في تكوين الرايش .. وبصفة عامة يفضل إستخدام سائل التبريد أثناء تشغيل الصلب .

حديد الزهر :

CAST IRON

يعتبر حديد الزهر من المعدن القصفة ، لذلك يعطي رايش هش يصعب أن تتسرب الحرارة من خلاله كما يحدث في رايش الصلب الملتوي ، وهذا يؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة الحد القاطع ، ولهذا السبب يتم تشغيل القطع المصنوعة من الزهر بسرعات دوران أقل من السرعات المستخدمة للصلب ، ومن الطبيعي أن تنخفض سرعة القطع أيضاً كلما زادت صلادة الزهر .

القشرة الخارجية لمسبوكات الزهـر تسبب بعض المضايقات لأنها ذات صـلادة أعلى من المعدن الداخلي (بسبب التبريد السريع بعد الصب) ، علاوة على إحتواء الزهر على بعض الشوائب مثل الرمل ، لذلك يجـب إستخدام أقلام مزودة بلقم كربيدية ، كما يجـب مراعاة الآتي :-

1. عدم إستخدام سائل تبريد .
2. يجب أن يتغلغل الحد القاطع للقلم بسافة كافية بأسفل القشرة ، لوقاية القلم ، وللحصول على سطح نظيف بعد إزالة القشرة .
3. يجب ألا تكون حركة التغذية صغيرة جـدًا ، حيث يؤدي ذلك إلى دوران القطعة عدد كبير من المرات لإزالة نفس كمية الرايش .. هذا يعني أن الحد القاطع يشق القشرة الخارجية لمسافة أطول ، مما يعرضه لمدة أطول لتأثير القشرة الخارجية ، مما يسبب سرعة تآكله ، وبالتالي فك القلم وإعادة تجليخه .. وهذا يضيع في الوقت بالإضافة إلى إستهلاك العدة .

ملاحظة :

الزهر المقسى يؤثر على الحد القاطع تأثيرًا أكبر من الزهر الطري ، ولسبب صلادته فإن تشغيله صعب ، ويحتاج إلى آلات قاطعة ذات لقم كربيدية أو خزفية ، أما تشغيل الزهر الطري فهو أسهل كثيراً حيث سهولة تغلغل الحد القاطع بسطح المشغلة والذي يؤدي إلى إنسياب جيد للرايش .

المعادن غير الحديدية :

NON – FERROUS METAL

المعادن غير الحديدية كالألومنيوم النقي والسبائك اللينة يعطيان رايش شريطي طويل ، يؤثر ذلك على الآلات القاطعة مثل الثقابات (البنط) وعـدد القلاووظ اليدوية مثل ذكور ولقم القلاووظ . وسبائك الألومنيوم المحتوية على السيليكون ، وكذلك السبائك ذات النسب العالية من مخلوطات الألومنيوم والنحاس والمنجنيزيوم ، أو الألومنيوم والمنجنيزيوم والمنجنيز .. تسبب تآكلا شديدًا في الحد القاطع للعدة ، لذلك فإنه يفضل إستخدام آلات قاطعة مزودة بلقم الكربيدات القاسية أو بلقم من مواد خزفية أو ماس ويفضل تشغيل مثل هذه المعادن بدون إستخدام سائل تبريد .

الشروط الواجب إتباعها عند تشغيل المعادن الغير حيدية :

يراعى عند تشغيل المعادن غير الحيدية أو المعادن الخفيفة إتباع الإرشادات التالية :-

1. إستعمال سرعات قطع عالية .
2. أن يكون وجه آلة القطع نظيفة لتسهيل إنسياب الرايش دون إرتفاع في درجة الحرارة .
3. أن تكون قنوات الرايش في الثقابات (البنط) وذكور القلاووظ كبيرة ، لضمان إنسياب الرايش دون عائق .
4. الإختيار الصحيح لمواد التزييت .
5. يراعى إختيار ثقابات (بنط) ذات أقطار أصغر قليلا من الأقطار المراد ثقبها ، حيث أن أقطار الثقوب تزداد عند الثقب .

النحاس :

COPPER

النحاس يعطي رايش شريطي حلزوني ، ويمكن تشغيله بنفس الآلات التي يتم بها تشغيل الألومنيوم .. من خلال إستخدام ثقابات أو ذكور قلاووظ ذات قنوات رايش كبيرة وزوايا قطع صغيرة .

الثقابات ذات القنوات الملتوية قد تنحرف عن إتجاهها ، لذلك يفضل إستخدام ثقابات بزوايا قطع كبيرة تصل إلى 140 ^{0} .

سبائك النحاس :

COPPER ALLOY

الرايش الناتج من عمليات تشغيل سبائك النحاس المحتوي على نسبة كبيرة من النحاس يكون عادة رايش حلزوني ، وقد يلتف حول آلة القطع ويجعل العمل صعباً .. لذلك يراعى اليقظة والحذر عند تشغيل مثل هذه المعادن ، أما سبائك النحاس التي تحتوي على نسبة كبيرة من الزنك فإنها تعطي رايش قصفاً ، وعلى سبيل المثال فإن النحاس الأصفر يعتبر من السبائك سهلة التشغيل . أما إذا أضيف القليل من الرصاص إلى النحاس الأصفر أو البرونز .. تغيرت قابليته للتشغيل تغيراً ملحوظاً ، حيث يصير قصفاً بدرجة كبيرة وينتج عند تشغيله رايش بشكل مجعد .. ويكون بذلك مناسب للتشغيل على المخارط الأوتوماتية .

الزنك وسبائكه :

ZINK ALLOY AND ZINK

الزنك النقي يعطي رايش طويل ملتوي ، والآلات القاطعة المستخدمة في تشغيله ، يمكن أن تكون مماثلة لتلك المستعملة للألومنيوم ، ويمكن الحصول على سبائك مختلفة من الزنك عند إضافة بعض المواد مثل النحاس والألومنيوم والقصدير .

اللدائن :

PLASTIC

أغلب اللدائن مثل الفبر ومشتقاته ، يحتوي على مواد تسبب تآكل شديد في حدود الآلات القاطعة ، لذلك لا يستعمل في تشغيلها سوى الآلات القاطعة المحتوية إلى لقم كربيدية أو خزفية .

سـرعة القطع

Cutting speed

هي السرعة التي يتحرك بها محيط قطعة تشغيل بالنسبة للحد القاطع . توجد جداول خاصة تعطي سرعة القطع ، هذه الجداول يوصى بإستخدامها للحصول على أفضل ظروف للتشغيل ، تثبت هذه الجداول على الماكينات أو توجد بالملاحق الخاصة بالماكينة ، ويمكن لفني الخراطة المتمرس (ذو الخبرة الطويلة) تقدير هذه السرعة عند قيامه بخرط المشغولات المتنوعة للإنتاج الفردي . وحدة سرعة القطع هي متر / دقيقة (m / min)

أما في الإنتاج الكمي (إنتاج السلعة الواحدة إنتاجاً مكرراً متماثلا بالجملة) فإن القسم المخصص لإعداد العمل ، هو الذي يقوم بتحديد سرعة القطع المثالية وتدوينها بلوحة أوامر التشغيل .

سرعة القطع الإقتصادية :

Economic cutting speed

ليس من الممكن تشغيل المخرطة أو تشغيل أي ماكينة بأى سرعة قطع ، لأن سرعة القطع العالية تتسبب في تلثم آلة القطع بسرعة . وهذا يتحتم نزع أداة القطع وإعادة شحذها (تجليخها) ، ثم تثبيتها من جديد وضبطها في الوضع الصحيح ، وهذا معناه ضياع الوقت والمال ، وإذا كانت سرعة القطع منخفضة جداً ، طال زمن التشغيل أكثر من اللازم وهذا أيضاً يكلف وقتاً ومالا .

وسرعة قطع الصحيحة أي سرعة القطع الإقتصادية .. هي السرعة التي يمكن عندها إزالة أكبر كمية من الرايش بأقل تكلفة ممكنة .. وهناك عدة عوامل تؤثر في إختيار سرعة القطع .

العوامل التي تحدد سرعة القطع :

تعتمد سرعة القطع على عدة عوامل أهمها الآتي :-

1. نوع مادة قطعة التشغيل .. المادة الصلدة الهشـــة تحتاج لسرعة قطـــع أقل مما يلزم للمواد اللينة .

2. مادة أداة القطع المستخدمة .. على سبيل المثال فإن الآلة القاطعة المزودة بلقم كربيدية تسمح بسرعات قطع أعلى منها في حالة الصلب سريع القطع H . S . S ، وشكل الحد القاطع في هذه الحالة له أهميته .
3. مساحة مقطع الرايش .. تخفض سرعة القطع في حالة مقطع الرايش الكبير ، هذا يعني أن شكل مقطع الرايش له أهمية ، فالتغذية الصغيرة وعمق القطع الكبير ينتج عنه رايش سميك ، والتغذية الكبيرة وعمق القطع الصغير ينتج عنه رايش رفيع ... وهكذا .
4. طريقة الربط وشكل القطعة .. فمثلا القطعة البارزة بمقدار كبير يجرى خراطتها بتغذية صغيرة وسرعة قطع عالية .
5. نوع التشغيل .. يعني درجة جودة تشطيب السطح ، يتم إختيار سرعة القطع حسب ما إذا كان المقصود خراطة تخشين أو تنعيم .
6. إستخدام سائل التبريد من عدمه .. حيث إن سائل التبريد يخفض من درجة حرارة الحد القاطع والمشغولة ، وبذلك يمكن زيادة سرعة القطع .
7. حالة المكنة .. يؤخذ في الاعتبار عند تحيد سرعة القطع حالة ودرجة جودة المخرطة ، حيث إن المكنة القديمة يكون أداؤها أقل كفاءة من المكنة الحديثة .

إختيار سرعة القطع الإقتصادية أمراً سهلا باستعمال أرقام مبنية على الخبرة العملية ومبنية على جداول خاصة ، وفوق ذلك فإنه يصعب حصر جميع الشروط اللازمة ، وعادة لا يؤخذ في الاعتبار سوى قطر ومادة قطعة التشغيل ، وطريقة العمل ، ومادة أداة القطع . علاوة على التغذية . وبعد كل ذلك يكون على القائم بالعمل تقدير كل المؤثرات الأخرى . هذا يعني أن المعرفة والخبرة العملية تلعب دورًا كبيرًا في إختيار سرعة القطع المناسبة .

سرعة الدوران :

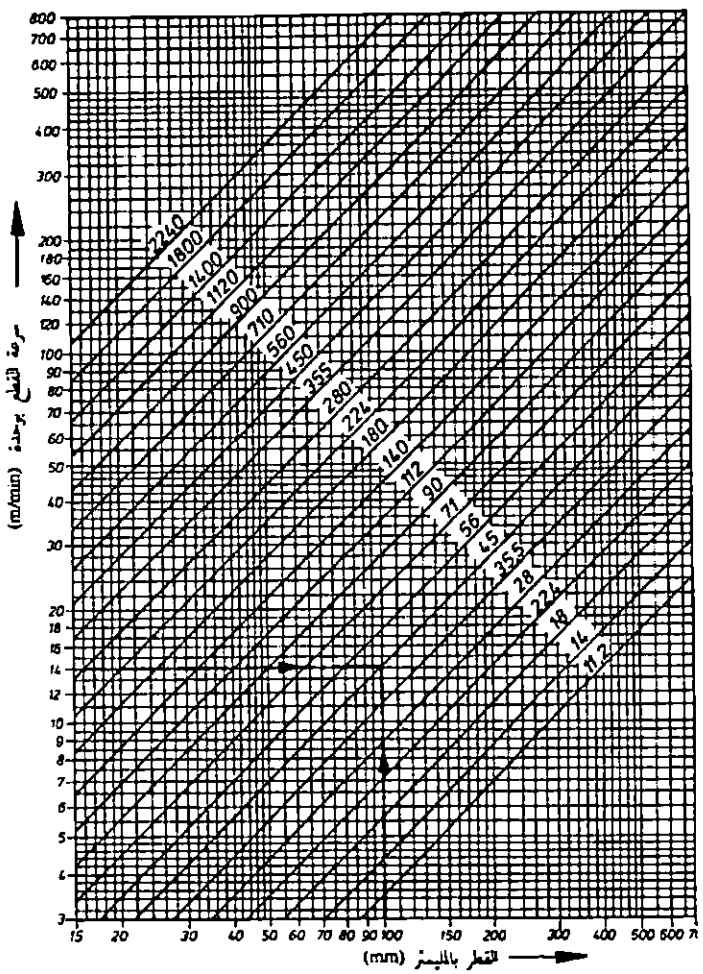
ROTATION SPEED

بمجرد إختيار سرعة القطـــع (الخطية) يجب تحديد سرعة دوران قطعة التشغيل المناسبة ، عن طريق تعديل وضع بعض مقابض تروس السرعات (لتعشيق مجموعة تروس بسرعة الدوران المطلوبة) .

تحدد سرعة الدوران بعدد الدورات في الدقيقة r . p . m ، وتعتمد سرعة الدورات أساسًا على قطر ومادة قطعة التشغيل ، ويمكن الحصول لسرعة الدوران المثالية (بالنسبة لقطر قطعة التشغيل) من خلال سرعة القطع المختارة بالاستعانة بجدول 8 – 1 .

جدول 8 – 1

سـرعات القطع



إستعمال جدول سرعات القطع :

يمكن إستعمال المخطط الموضح بالجدول السابق للحصول على سرعة الدوران المطلوبة .

مثال :

يراد خرط قطعة تشغيل قطرها 100 ملليمتر علماً بأن سرعة القطع 14 متر / دقيقة . أوجد سرعة دوران المخرطة .

الحل :

بالبحث في المخطط الموجود بجدول 8 - 1 عن محور الرقم الذي يمثل سرعة القطع 14 متر / دقيقة ونتصور خط أفقي يمر من أمامه ، ثم نتصور خط رأسي يعبر المخطط ويمتد من النقطة التي تمثل القطر 100 ملليمتر .

نجد أن نقطة تقاطع هذين الخطين تقع على الخط الشعاعي 45 دورة في الدقيقة .. وهي السرعة النموذجية لهذا القطر . ويمكن إثبات صحة ذلك من خلال تطبيق العلاقة التالية :-

$$V = \frac{ط \times ق \times ن}{1000} \quad \text{م/د} \quad \text{أو} \quad V = \frac{\Pi * d *}{N}$$

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

ط ..... أو π ..... النسبة التقريبية .. $\frac{22}{7}$ ... أو 3.14

ق ..... أو d ..... قطر المشغولة بالمليمترات mm

ط × ق .. أو π d ... محيط المشغولة بالمليمترات mm

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

1000..... تعنى التحويل من المليمترات إلى أمتار.

جدول الظلال

الدرجة	0'	6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	فروق الدقائق 1'	2'	3'	4'	5'
°0	0,0000	0017	0035	0052	0070	0087	0105	0122	0140	0157	3	6	9	12	15
1	0,0175	0193	0209	0227	0244	0262	0279	0297	0314	0332	3	6	9	12	15
2	0,0349	0367	0384	0402	0419	0437	0454	0472	0489	0507	3	6	9	12	15
3	0,0524	0542	0559	0577	0594	0612	0629	0647	0664	0682	3	6	9	12	15
4	0,0699	0717	0734	0752	0769	0787	0805	0822	0840	0857	3	6	9	11	15
5	0,0875	0892	0910	0928	0945	0963	0981	0998	1016	1033	3	6	9	12	15
6	0,1051	1069	1086	1104	1122	1139	1157	1175	1192	1210	3	6	9	12	15
7	0,1228	1246	1263	1281	1299	1317	1334	1352	1370	1388	3	6	9	12	15
8	0,1405	1423	1441	1459	1477	1495	1512	1530	1548	1566	3	6	9	12	15
9	0,1584	1602	1620	1638	1655	1673	1691	1709	1727	1745	3	6	9	12	15
10	0,1763	1781	1799	1817	1835	1853	1871	1890	1908	1926	3	6	9	12	15
11	0,1944	1962	1980	1998	2016	2035	2053	2071	2089	2107	3	6	9	12	15
12	0,2126	2144	2162	2180	2199	2217	2235	2254	2272	2290	3	6	9	12	15
13	0,2309	2327	2345	2364	2382	2401	2419	2438	2456	2475	3	6	9	12	15
14	0,2493	2512	2530	2549	2568	2586	2605	2623	2643	2661	3	6	9	12	16
15	0,2679	2698	2717	2736	2754	2773	2792	2811	2830	2849	3	6	9	13	16
16	0,2867	2886	2905	2924	2943	2962	2981	3000	3019	3038	3	6	9	13	16
17	0,3057	3076	3096	3115	3134	3153	3172	3191	3211	3230	3	6	10	13	16
18	0,3249	3269	3288	3307	3327	3346	3365	3385	3404	3424	3	6	10	13	16
19	0,3443	3463	3482	3502	3522	3541	3561	3581	3600	3620	3	7	10	13	16
20	0,3640	3659	3679	3699	3719	3739	3759	3779	3799	3819	3	7	10	13	17
21	0,3839	3859	3879	3899	3919	3939	3959	3979	4000	4020	3	7	10	13	17
22	0,4040	4061	4081	4101	4122	4142	4163	4183	4204	4224	3	7	10	14	17
23	0,4245	4263	4286	4307	4327	4348	4369	4390	4411	4431	3	7	10	14	17
24	0,4452	4473	4494	4515	4536	4557	4578	4599	4621	4642	4	7	11	14	18
25	0,4663	4684	4706	4727	4748	4770	4791	4813	4834	4856	4	7	11	14	18
26	0,877	4899	4921	4942	4964	4986	5008	5029	5051	5073	4	7	11	15	18
27	0,5095	5117	5139	5161	5184	5206	5228	5250	5272	5295	4	7	11	15	18
28	0,5317	5340	5362	5384	5407	5430	5452	5475	5498	5520	4	8	11	15	19
29	0,5543	5566	5589	5612	5635	5658	5681	5704	5727	5750	4	8	12	15	19
30	0,574	5797	5820	5844	5867	5890	5914	5938	5961	5985	4	8	12	16	20
31	0,6009	6032	6056	6080	6104	6128	6152	6176	6200	6224	4	8	12	16	20
32	0,6249	6273	6297	6322	6346	6371	6395	6420	6445	6469	4	8	12	16	20
33	0,6494	6519	6544	6569	6594	6619	6644	6669	6694	6720	4	8	13	17	21
34	0,6745	6771	6796	6822	6847	6873	6899	6924	6950	6976	4	9	13	17	21
35	0,7002	7028	7054	7080	7107	7133	7159	7186	7212	7239	4	9	13	18	22
36	0,7265	7292	7319	7346	7373	7400	7427	7454	7481	7508	5	9	14	18	23
°37	0,7536	7563	7590	7618	7646	7673	7701	7729	7757	7785	5	9	14	18	23
38	0,7813	7841	7869	7898	7926	7954	7983	8012	8040	8069	5	9	14	19	24
39	0,8098	8127	8156	8185	8214	8243	8273	8302	8332	8361	5	10	15	20	24
40	0,8391	8421	8451	8481	8511	8541	8571	8601	8632	8662	5	10	15	20	25
41	0,8693	8724	8756	8785	8816	8847	8878	8910	8941	8972	5	10	16	21	26

تابع جداول الظلال

فروق الدقائق					'54	'48	'42	'36	'30	'24	'18	'12	'6	'0	الدرجة
'5	'4	'3	'2	'1											
27	21	16	11	5	9193	9160	9128	9195	9163	9131	9099	9067	9036	0,9004	42
28	22	17	11	6	9623	9590	9556	9523	9490	9457	9424	9391	9358	0,9325	43
29	23	17	11	6	9965	9930	9896	9861	9827	9793	9759	9725	9691	0,9657	44
30	24	18	12	6	0219	0283	0247	0212	0176	0141	0105	0070	0035	1,0000	45
31	25	18	12	6	0686	0649	0612	0575	0538	0501	0464	0428	0392	1,0355	46
32	25	19	13	6	1067	1028	0990	0951	0913	0875	0837	0799	0761	1.0724	47
33	27	20	13	7	1463	1423	1383	1343	1303	1263	1224	1184	1145	1.1106	48
34	28	21	14	7	1875	1833	1792	1750	1708	1667	1626	1585	1544	1.1504	49
36	29	22	14	7	2305	2261	2218	2174	2131	2088	2045	2002	1960	1.1918	50
38	30	23	15	8	2752	2708	2662	2617	2572	2527	2482	2437	2393	1.2349	51
39	31	24	16	8	3222	3175	3127	3079	3032	2985	2938	2892	2846	1.2799	52
41	33	25	16	8	3713	3663	3613	3564	3514	3465	3416	3367	3319	1.3270	53
43	34	26	17	9	4229	4176	4124	4071	4019	3968	3916	3765	3814	1.3764	54
45	36	27	18	9	4770	4715	4659	4605	4550	4496	4442	4388	4335	1.4281	55
48	38	29	19	10	5340	5282	5224	5166	5108	5051	4994	4938	4882	1.4826	56
50	40	30	20	10	5941	5880	5818	5757	5697	5637	5577	5517	5458	1,5399	57
53	43	32	21	11	6577	6512	6447	6383	6319	6255	6191	6128	6066	1.6003	58
56	45	34	23	11	7251	7182	7113	7045	6977	6909	6842	6775	6709	1.6643	59
60	48	36	24	12	7966	7893	7820	7747	7675	7603	7532	7461	7391	1.7321	60
64	51	38	26	13	8728	8650	8572	8495	8418	8341	8265	8190	8115	1.8040	61
68	55	41	27	14	9542	9458	9375	9292	9210	9128	9047	8967	8887	1.8807	62
73	58	44	29	15	0413	0323	0232	0145	0057	9970	9883	9797	9711	1.9626	63
78	63	47	31	16	1348	1251	1155	1060	0965	0872	0778	0686	0594	2.0503	64
85	67	51	34	17	2325	2251	2148	2045	1943	1843	1742	1642	1543	2.1445	65
92	73	55	37	18	3445	3332	3220	3109	2998	2889	2781	2673	2566	2.2460	66
99	79	60	40	20	4627	4504	4383	4262	4142	4023	3906	3789	3673	2.3559	67
108	87	65	43	22	5916	5782	5649	5517	5386	5257	5129	5002	4876	2.4751	68
119	95	71	47	24	7326	7179	7034	6889	6746	6605	6464	6325	6187	2.6051	69
130	104	78	52	26	8878	8716	8556	8397	8239	8083	7929	7776	7625	2.7475	70
144	116	87	58	29	0595	0415	0237	0061	9887	9714	9544	9375	9208	2.9042	71

تابع جداول الظلال

الدرجة	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
0° 72'	3,0777	0807	0838	0868	0899	0930	0961	0991	1022	1053
'10	3,1084	1115	1146	1178	1209	1240	1271	1303	1334	1366
'20	3,1397	1429	1460	1492	1524	1556	1588	1620	1652	1684
'30	3,1716	1747	1780	1813	1845	1878	1910	1943	1975	2008
'40	3,2041	2073	2106	2139	2172	2205	2238	2272	2305	2338
'50	3,2371	2405	2438	2472	2506	2539	2573	2607	2641	2675
0° 73'	3,2709	2743	2777	2811	2845	2879	2914	2948	2983	3017
'10	3,3052	3087	3122	3156	3191	3226	3261	3297	3332	3367
'20	3,3402	3438	3473	3509	3544	3580	3616	3652	3687	3723
'30	3,3759	3796	3832	3868	3904	3941	3977	4014	4050	4087
'40	3,4124	4160	4197	4234	4271	4308	4346	4383	4420	4458
'50	3,4495	4533	4570	4608	4646	4684	4722	4760	4798	4836
0° 74'	3,4874	4912	4951	4989	5028	5067	5105	5144	5183	5222
'10	3,5261	5300	5339	5379	5418	5457	5497	5536	5576	5616
'20	3,5656	5696	5736	5776	5816	5856	5897	5937	5978	6018
'30	3,6059	6100	6140	6181	6222	6264	6305	6346	6387	6429
'40	3,6470	6512	6554	6596	6638	6680	6722	6764	6806	6848
'50	3,6891	6933	6976	7019	7062	7105	7148	7191	7234	7277
0° 75'	3,7321	7364	7408	7451	7495	7539	7583	7627	7671	7715
'10	3,7760	7804	7848	7893	7938	7983	8028	8073	8118	8163
'20	3,8208	8254	8299	8343	8391	8436	8482	8528	8575	8621
'30	3,8667	8714	8760	8807	8854	8900	8947	8995	9042	9089
'40	3,9136	9184	9232	9279	9327	9375	9423	9471	9520	9568
'50	3,9617	9665	9714	9763	9812	9861	9910	9959	0009	0058
0° 76'	4,0108	0158	0207	0257	0308	0358	0408	0459	0509	0560
'10	4,0611	0663	0713	0764	0815	0867	0918	0970	1022	1074
'20	4,1126	1178	1230	1282	1335	1388	1441	1493	1547	1600
'30	4,1653	1706	1760	1814	1868	1922	1976	2030	2084	2139
'40	4,2193	2248	2303	2358	2413	2468	2524	2580	2635	2691
'50	4,2747	2803	2859	2916	2972	3029	3086	3143	3200	3257
0° 77'	4,3315	3372	3430	3488	3546	3604	3662	3721	3779	3838
'10	4,3897	3956	4015	4075	4134	4194	4253	4313	4373	4434
'20	4,4494	4555	4615	4676	4737	4799	4860	4922	4983	5045
'30	4,5107	569	5232	5294	5357	5420	5483	5546	5609	5673
'40	4,5736	5800	5864	5928	5993	6057	6122	6187	6252	6317
'50	4,6382	6448	6514	6580	6646	6712	6779	6845	6912	6979
0° 78'	4,7046	7114	7181	7249	7317	7385	7453	7522	7591	7659
'10	4,7729	7798	7867	7937	8007	8077	8147	8218	8288	8359
'20	4,8430	8501	8573	8644	8716	8788	8860	8933	9006	9078
'30	4,9152	9225	9298	9372	9446	9520	9594	9669	9744	9819
'40	4,9894	9969	0045	0121	0197	0273	0350	0427	0504	0581
'50	5,0658	0736	0814	0892	0970	1049	1128	1207	1286	1366

تابع جداول الظلال

الدرجة	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
79° 00'	5,1446	1526	1606	1686	1767	1848	1929	2011	2092	2174
10'	5,2257	2339	2422	2505	2588	2672	2755	2839	2924	3008
20'	5,3093	3178	3263	3349	3435	3521	3607	3694	3781	3868
30'	5,3955	4043	4131	4219	4308	4397	4486	4575	4666	4755
40'	5,4845	4936	5026	5118	5209	5301	5393	5485	5578	5671
50'	5,5764	5857	5951	6045	6140	6234	6329	6425	6521	6617
80° 00'	5,6713	6809	6906	7004	7101	7199	7297	7396	7495	7594
10'	5,7694	7794	7894	7994	8095	8197	8298	8400	8502	8605
20'	5,8708	8811	8915	9019	9124	9228	9333	9439	9545	9651
30'	5,9758	9865	9972	0080	0188	0296	0405	0514	0624	0734
40'	6,0844	0955	1066	1177	1290	1402	1515	1628	1742	1856
50'	6,1970	2085	2200	2316	2432	2549	2666	2783	2901	3019
81° 00'	6,3138	6,3257	6,3376	6,3496	6,3617	6,3737	6,3859	6,3980	6,4103	6,4225
10'	6,4348	6,4472	6,4596	6,4721	6,4846	6,4971	6,5097	6,5223	6,5350	6,5478
20'	6,5606	6,5734	6,5863	6,5992	6,6122	6,6252	6,6383	6,6514	6,6646	6,6779
30'	6,6912	6,7045	6,7179	6,7313	6,7448	6,7584	6,7720	6,7856	6,7994	6,8131
40'	6,8269	6,8408	6,8548	6,8687	6,8828	6,8969	6,9110	6,9252	6,9395	6,9538
50'	6,9682	6,9827	6,9972	7,0117	7,0264	7,0410	7,0558	7,0706	7,0855	7,1004
82° 00'	7,1154	7,1304	7,1455	7,1607	7,1759	7,1912	7,2066	7,2220	7,2375	7,2531
10'	7,2687	7,2844	7,3002	7,3160	7,3319	7,3479	7,3639	7,3800	7,3962	7,4124
20'	7,4287	7,4451	7,4615	7,4781	7,4947	7,5113	7,5281	7,5449	7,5618	7,5787
30'	7,5958	7,6129	7,6301	7,6473	7,6646	7,6821	7,6996	7,7171	7,7348	7,7525
30'	7,5958	7,7882	7,8062	7,8243	7,8424	7,8606	7,8789	7,8973	7,9158	7,9344
50'	7,9530	7,9718	7,9906	8,0095	8,0285	8,0476	8,0667	8,0860	8,1054	8,1248
83° 00'	8,1443	8,1640	8,1837	8,2035	8,2234	8,2434	8,2636	8,2838	8,3041	8,3245
10'	8,3450	8,3656	8,3863	8,4071	8,4280	8,4490	8,4701	8,4913	8,5126	8,5340
20'	8,5555	8,5772	8,5989	8,6208	8,6427	8,6648	8,6870	8,7093	8,7317	8,7542
30'	8,7769	8,7996	8,8225	8,8455	8,8686	8,8919	8,9153	8,9387	8,9623	8,9860
40'	9,0098	9,0338	9,0579	9,0821	9,1065	9,1309	9,1555	9,1803	9,2052	9,2302
50'	9,2553	9,2806	9,3060	9,3315	9,3572	9,3831	9,4090	9,4352	9,4614	9,4878
84° 00'	9,5144	9,5411	9,5679	9,5949	9,6220	9,6493	9,6768	9,7044	9,7322	9,7601
10'	9,7882	9,8164	9,8448	9,8734	9,9021	9,9310	9,9601	9,9893	10,019	10,048
20'	10,078	10,108	10,138	10,168	10,199	10,229	10,260	10,291	10,322	10,354
30'	10,385	10,417	10,449	10,481	10,514	10,546	10,579	10,612	10,645	10,678
40'	10,712	10,746	10,780	10,814	10,848	10,883	10,918	10,953	10,988	11,024
50'	11,059	11,095	11,132	11,168	11,205	11,242	11,279	11,316	11,354	11,392
85° 00'	11,430	11,468	11,507	11,546	11,585	11,625	11,664	11,705	11,745	11,785
10'	11,826	11,867	11,909	11,950	11,992	12,035	12,077	12,120	12,163	12,207
20'	12,251	12,295	12,339	12,384	12,429	12,474	12,520	12,566	12,612	12,659
30'	12,706	12,754	12,801	12,850	12,898	12,947	12,996	13,046	13,096	13,146
40'	13,197	13,248	13,300	13,352	13,404	13,457	13,510	13,563	13,617	13,672
50'	13,727	13,782	13,838	13,894	13,951	14,008	14,065	14,124	14,182	14,241

تابع جداول الظلال

الدرجة	'0	'1	'2	'3	'4	'5	'6	'7	'8	'9
°86 '00	14,301	14,361	14,421	14,482	14,544	14,206	14,669	14,722	14,795	14,860
'10	14,924	14,990	15.056	15,122	15,189	15257	15,325	15,394	15,464	15.534
'20	15,605	15,676	15,748	15,821	15,895	15,969	16,043	16,119	16,195	16,272
'30	16,350	16,428	16,507	16,587	16,668	16,750	16,832	16,915	16,999	17,084
'40	17,169	17,256	17,343	17,431	17,521	17,611	17,702	17,793	17,886	17,980
'50	18,075	18,171	18,268	18,366	18,464	18,564	18,666	18,768	18,871	18,876
°87 '00	19,081	19,188	19,296	19,405	19,516	19,627	19,740	19,855	19,970	20,087
'10	20,206	20,325	20,446	20,569	20,693	20,819	20,946	21,075	21,205	21,337
'20	21,470	21,606	21,743	21,881	22,022	22,164	22,308	22,454	22,602	22,752
'30	22,904	23,058	23,214	23,372	23,532	23,695	23,859	24,016	24,196	24,368
'40	24,542	24,719	24,898	25,080	25,264	25,452	25,642	25,835	26,031	26,230
'50	26,432	26,637	26,845	27,057	27,271	27,490	27,712	27,937	28,166	28,399
°88 '00	28,636	28,877	29,122	29,371	29,264	29,882	30,145	30,412	30,683	30,690
'10	31,242	31,528	31,821	32,118	32,421	32,730	33,045	33,336	33,694	34,027
'20	34,368	34,715	35,070	35,431	35,801	36,178	36,563	36,956	37,358	37,769
'30	38,188	38,618	39,057	39,506	39,965	40,436	40,917	41,411	41,916	42,433
'40	42,964	43,508	44,066	44,639	45,226	45,829	46,449	47,085	47,740	48,412
'50	49,104	49,816	50,549	51,303	52,081	52,882	53,709	54,561	55,442	56,351
°89 '00	57,290	58,261	59,266	60,306	61,383	62,499	63,657	64,858	66,105	67,402
'10	68,750	70,153	71,615	73139	74,729	76,390	78,126	79,943	81,847	83,844
'20	85,940	88,144	90,463	92,908	95,489	98,218	101,11	104,17	107,43	110,89
'30	114,59	118,54	122,77	127,32	132,22	137,51	143,24	149,47	156,26	163,70
'40	171,89	180,89	190,98	202,22	214,86	229,18	245,55	264,44	286,48	312,52
'50	343,77	381,97	429,72	491,11	572,96	687,55	859,44	1145,9	1718,9	3437,7

استخدام جداول الظلال :

جداول الظلال موضحة بالدرجات من صفر إلى 90 ° ، أما الدقائق فهي موضحة لكل 6′ أي تكون على النحو التالي :-

0′ – 6′ – 12′ – 18′ – 24′ – 30′ – 36′ – 42′ – 48′ – 54′

توجد جداول ظلال أخرى موضح الدقائق لكل 10′ ، وكلاهما يؤديان إلى الغرض المطلوب من أجله.

عند إيجاد ظل زاوية 18′ 34° .. يكون هـو الرقم المتقاطع للخط الأفقي للدرجة 34° والخط الرأسي للدقيقة 18′ .. وهو 0.6822 .

وعند إيجاد الزاوية التي ظلها 1.5166 ، تكون الدرجة في بداية الخط الأفقي والدقيقة في بداية الخط الرأسي وهي 36′ 56 ° .

توجد أعمدة الفروق في الجانب الأيسر من جداول الظلال، وذلك لإيجاد قيمتها بالدقائق .. موضح ذلك بالأمثلة المحلولة التالية :-

مثال 1 :

أوجد ظل الزاوية 27′ 37 ° ؟

الحل :

نجد أن ظل الزاوية ... 27′ 37 ° = 0.7646

الفـــرق ..... 3 ° = 0.0014

بالجمـــع ..... = 0.7660

∴ ظل الزاوية .....27′ 37 ° = 0.7660

مثال 2 :

أوجد ظل الزاوية 36′ 71 ° ؟

الحل :

نجد أن الرقم المتقاطع للخط الأفقي 71 ° والخط الرأسي 36′ = 2.0061
الخط الذي أعلى الرقم السابق يعني أن العدد الصحيح المقابل للدرجة والدقيقة بزيادة قدرها 1

∴ ظل زاوية 36′ 71 ° = 2.0061 + 1 = 3.0061

مثال 3 :

أوجد الزاوية التي ظلها 1.5061 ؟

الحل :

بالبحث في جداول الظلال عن الرقم 1.5061

نجد أقرب رقم له هو 1. 5051 = 24′ 56 °

الفـــــرق ..... 10 = 1′

بالجمـــــع ..... = 25′ 56°

∴ الزاوية التي ظلها 1.5061 = 25′ 56°

مثال 4 :

أوجد الزاوية التي ظلها 5.0121 ؟

الحل :

بالبحث في جداول الظلال للرقم 5.0121

نجد أن الرقم 4.0121 .. يوجد خط أفقي بأعلاه أي بزيادة قدرها 1

∴ الرقم = 4.0121 + 1 = 5.0121

∴ الزاوية التي ظلها 5.0121 = 43′ 78 °