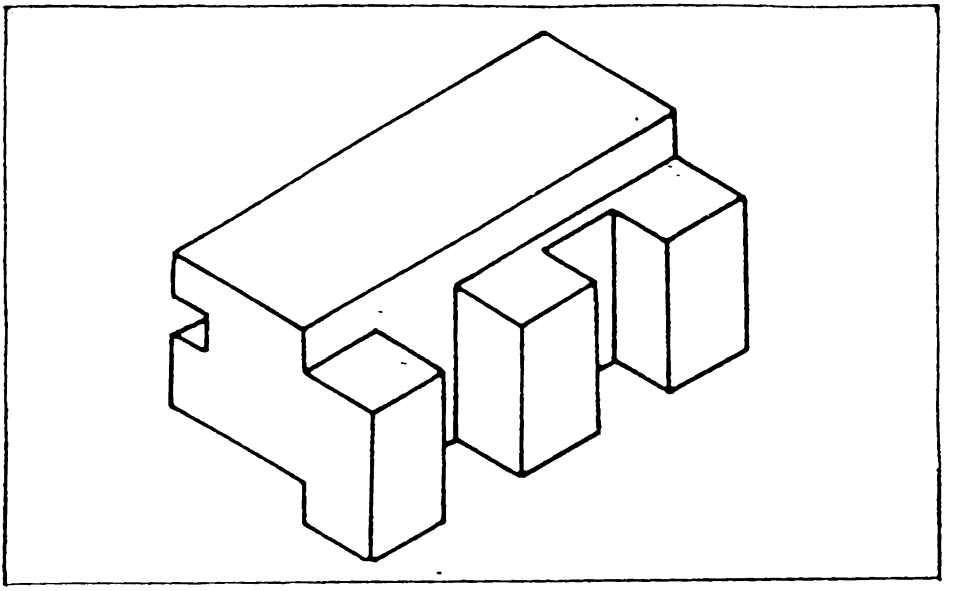
1

الرسم الهندسي والتصميم

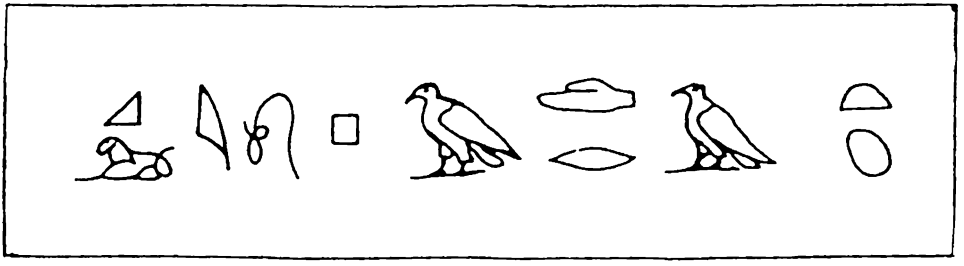
1.1 لغة الرسم . اللغة هي وسيلة للتفاهم بين الناس . وهي الطريقة التي يعبر بها الانسان عن أفكاره وآرائه للآخرين بشكل مباشر ، او بالوسائل المختلفة الاخرى ، كالكتب والصحف والراديو ، فنحن نقرأ القصص ونسمع الاخبار ونطلع على حوادث كثيرة ، ونفهم كل ذلك بلغة الكلام ، الا ان هناك حالات يصعب التعبير عنها بالكلام فقط . لذا يلجأ الانسان الى وسائل اخرى كالرسم لتوضيح افكاره كما هو متبع عادة في الحقل الهندسي .

لاحظ الجسم المبين في شكل **1.1** وحاول وصف هذا الجسم بالكلمات ، بحيث يتمكن شخص لاخر تصور شكل ومقاسات الجسم ، ويكون باستطاعته صنع نموذج مماثل له دون مشاهدة الرسم . تلاحظ في هذه المهمة وجود صعوبة كبيرة جدا . بالرغم من ان الجسم غير معقد نسبيا وهو متكون من اشكال هندسية بسيطة . والواقع ان الكثير من الهياكل والاجسام المستعملة في الهندسة والصناعة ، كالمكائن والمباني والجسور وغيرها تكون غاية في التعقيد لمن يريد وصفها بالكلمات . الا انه يمكن تمثيلها بالرسم بدقة ووضوح . ومن ذلك نلاحظ اهمية استعمال الرسم كلغة للتعبير عن اشكال ومقاسات الاشياء الفيزيائية « المادية » والعلاقة بينها .



شكل 1.1 حاول بالكلمات وصف شكل ومقاسات الجسم المرسوم.

لقد وجدت فكرة تبادل الاراء من شخص لاخر باستعمال الصور والرسوم منذ اقدم العصور ، وحتى عند ساكني الكهوف ، وهناك أمثلة كثيرة تدل على ذلك . فعندما كان الانسان القديم يرغب بتسجيل افكاره كان يفعل ذلك بشكل صور على الجلود او الاحجار او ابواب الكهوف او غيرها . وكانت الكتابة المستعملة صورية ككتابة كهنة مصر القدماء الصورية كما في شكل 1.2 . وقد تطورت



شكل 1.2 الكتابة الصورية القديمة .

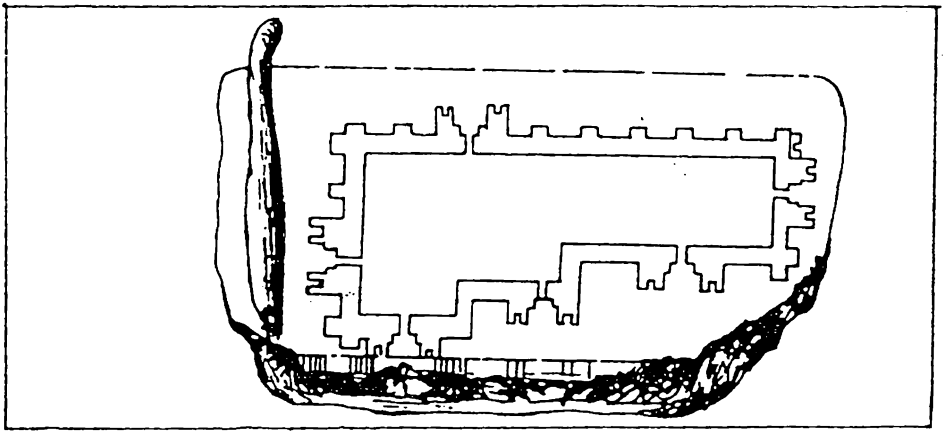
هذه الصور وبسطت الى ان اصبحت بشكل رموز بحته كما هي مستعملة في الوقت الحاضر . وبهذا فان اصل الحروف المستعملة في اللغات المختلفة يرجع الى الرسم .

1.2 نوعان من الرسم . لقد طور الانسان التمثيل التخطيطي في اتجاهين متميزين وذلك استناداً الى اغراضه ، وهما الاتجاه الفني والاتجاه التقني .

استعمل الفنانون الرسم منذ القدم للتعبير عن الجمال والفلسفة وغيرها من الافكار المجردة . وكان الناس آنذاك اميين ، لم تكن الطباعة موجودة بشكلها الحالي ، لذلك لم تكن هناك كتب او صحف كما نعرفها الآن . كانت الكتب بشكل مخطوطات يدوية على ورق البردي او الرق ، ولم تكن متوفرة انذاك لعامة الناس . كان الناس يتعلمون في المحلات العامة . كل شخص كان يفهم الصور ، وكانت الصور مصدر اساس للمعلومات . ونلاحظ في المتاحف والمناطق الاثرية الاف الامثلة من القصص والحكايات الموضوعة بشكل صور ورسوم .

اما الخط الثاني لتطور الرسم فكان الاتجاه التقني . فمنذ القدم استعمل الانسان الرسم لتمثيل الاشياء التي كان يرغب انشائها او بنائها . وبالرغم من عدم وجود اثار للرسوم القديمة جدا ، الا اننا نعلم بكل تأكيد ان الرسم قد استعمل لانه ليس باستطاعة الانسان ان يصمم ويبني ، كما فعل ، دون استعمال رسوم دقيقة . ونرى اليوم شواهد كثيرة لبقايا البنايات والقنوات والجسور وغيرها من اثار العصور القديمة ، والتي لم يكن بالامكان تشييدها دون استعمال رسوم دقيقة خاصة بها . وان كثيراً من هذه البنايات تعتبر من عجائب الدنيا ، كمعبد امون في الكرنك في مصر القديمة والذي تم بنائه حوالي سنة 980 ق.م.، وقد استغرق انشائه سبعة قرون ، ويعتبر اكبر بناء مسقف ، ويقدر طوله بـ 360 م واكبر عرض فيه يساوي 105 م .

1.3 الرسم الهندسي . ربما يكون اقدم رسم هندسي معروف هو المسقط الافقي لتصميم قلعة وضعه المهندس الكلداني كوديا ، حوالي سنة 4000 ق.م.، وهو منقوش على لوحة من الحجر ، شكل 1.3 . ومن المدهش ان نرى ان المسقط يشبه الى حد كبير ما يستعمله المعماريون في الوقت الحاضر ، بالرغم من



شكل 1.3 اقدم رسم هندسي (4000 سنة ق.م.)

انه رسم قبل الاف السنين من معرفة الورق . ونشاهد في المتاحف امثلة كثيرة لرسوم قديمة ، وكذلك لادوات الرسم التي كانت تستعمل في الزمن البعيد .

لم تكن نظرية الاسقاط المعروفة حاليا (اسقاط الاجسام على مستويات خيالية) متطورة لحد بداية القرن الخامس عشر . وقد استعمل الفنان ليوناردودافنشي « Leonardo Davinci » نظرية الاسقاط لتوضيح افكاره وتصاميمه ، وتعتبر رسالته المنشورة سنة 1651 حول الصور الزيتية اول كتاب مطبوع في نظرية الاسقاط . الا ان البحث يدور حول الاسقاط المنظور وليس الاسقاط العمودي . ويعتبر العالم الفرنسي جيسبار مونج « Gespard Monge » 1776 - 1818 مبدع لعلم الهندسة الوصفية ، بالرغم من صدور منشورات مسبقة لجهوده ، فيها الكثير من المباديء التي استعملها . لقد طور مونج مباديء الاسقاط التي تعتبر اليوم اساساً للرسم الهندسي .

لقد تحول الرسم تدريجيا الى علم له اسسه وقواعده ، وبامكان اي شخص دراسة هذا العلم ، بعد ان كان فنا لا يستطيع ادائه الا ذوي المواهب المتخصصة

وحتى نهاية القرن التاسع عشر ، كان يستعمل فقط ما يسمى بالاسقاط في الزاوية الزوجية الاولى ، والتي يرسم فيه المسقط الافقي تحت المسقط الامامي ، والمسقط الجانبي الايسر الى يمين المسقط الامامي ، وهكذا . وفي ذلك الوقت تبنت الولايات المتحدة الامريكية طريقة الاسقاط في الزاوية الزوجية الثالثة ،

والتي تكون فيها مواقع المساقط المختلفة بالنسبة الى المسقط الامامي على عكس ما هي عليها في الاسقاط في الزاوية الزوجية الاولى .

بتقدم الزمن وتطور العلم والتكنولوجيا ، اصبح من الضرورى توحيد قواعد وتعليمات لغة الرسم ، كي يتم توضيح الافكار بشكل امثل ، دون حدوث سوء في التفاهم . وقد وضعت الدول المتطورة في الصناعة مواصفات قياسية للرسم الهندسي خاصة لهذه الدول ، يلتزم بها كل من يتخاطب بلغة الرسم . اما بالنسبة للقطر العراقي فان الجهاز المركزي للتقييس بصدد وضع المواصفات القياسية للرسم الهندسي وقد تم وضع مسودة معظم هذه المواصفات ، ولزاما علينا تطبيقها في الرسم الهندسي .

1.4 الرسم الهندسي والتصميم . عند قيام الثورة الصناعية ، ضرب المثل القائل « الحاجة ام الاختراع » ولا يزال هذا المثل القديم معمول به في الوقت الحاضر ، حيث ان اية الة جديدة او اية ماكنة جديدة او بناء جديد او غيرها ، او اي تطور لما هو موجود ، هو نتيجة لتلك الحاجة ، فعند حاجة الناس لمنتوج معين فانهم يشترونه ، شريطة ان لا يكلف ذلك كثيراً ، ويتحرك المعنيون الى توفير ما يطلبه الناس . وان تنفيذ اي منتوج كماكنة ، او آلة ، او بناء او غيرها ، يمر بمراحل عديدة ، الا انه يبدأ دائماً من فكرة لدى المهندس او المصمم او غيرهما . وتوضع هذه الفكرة بشكل رسم يدوي على الورق ، ثم تناقش وتدرس وقد تحتاج الدراسة الى صنع نموذج لاجراء التجارب عليه . وبعد اجراء التعديلات اللازمة يوضع التصميم النهائي للفكرة ، ويقدم الى ورشة العمل بشكل رسومات مثبت فيها شكل اجزاء الماكنة او الآلة ، وابعادها ومواد صنعها حيث يتم تنفيذ التصميم بموجب الرسم ، ويكون الرسم هنا كوسيلة او لغة للتفاهم بين قسم التصميم ، حيث يتم العمل الفكري ، وبين المنفذين في ورشة العمل . وعلى الجميع اتقان هذه اللغة منعا لحدوث التلابس وسوء التفاهم ، وينبغي ان تكون هذه اللغة مرسومة بشكل واضح دون غموض او لباس .

1.5 طالب الهندسة والرسم الهندسي . ان لغة الرسم رافقت تطور العلم والتكنولوجيا منذ العصور القديمة ، ومكنت من خلق وايجاد الكثير من المنتجات التقنية والتي يتعذر ايجادها دون استعمال هذه اللغة . واليوم اصبحت علاقة الرسم بالعلم والهندسة اكثر وثوقا من اي وقت ، حتى وان المهندس او الباحث العلمي الذي يجهل او لا يتقن اسلوب التعبير في حقل اختصاصه يعتبر اميا في مهنته ، ولهذا نرى ان مادة الرسم الهندسي تدرس في جميع المدارس الهندسية في العالم .

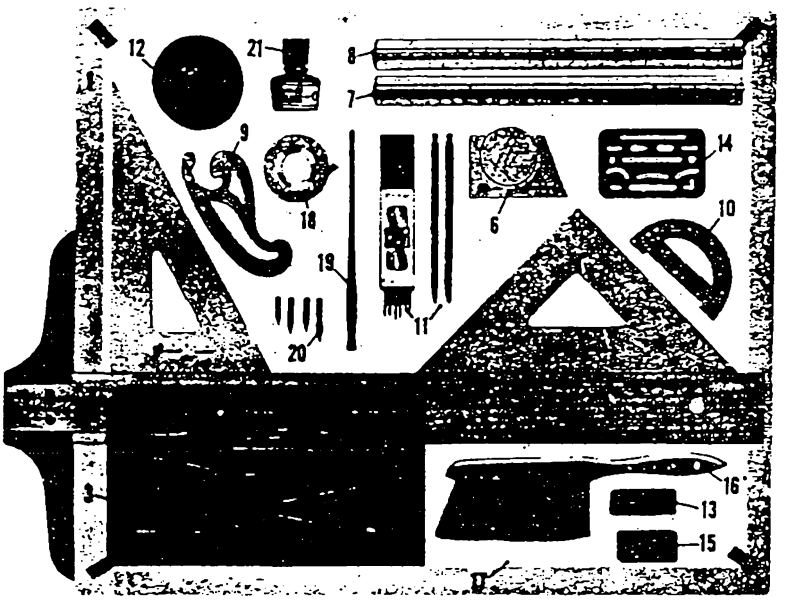
ان تعلم مباديء لغة الرسم الحديث لا يحتاج الى موهبة فنية خاصة ، وان اتقان هذه اللغة يتطلب من الطالب ان يمتلك نفس الجدارة والقابلية التي يحتاجها لتعلم المواد العلمية والهندسية التي يدرسها حاليا او مستقبلا

بعض طلبة الهندسة يقلل من اهمية درس الرسم ولا يعير الاهتمام الكافي للتمارين المطلوبة منه ، ويبرر ذلك بأنه سوف يتخرج مهندس وليس رسام ، وسوف ينشغل فور تعيينه باعمال اكثر أهمية من الرسم ، ويتوقع وجود رسامين يؤدون ما يطلبه منهم من رسوم ، وهم يعملون تحت اشرافه . الا ان مثل هذا الطالب غالبا ما يفاجأ بعد تخرجه عندما يرى ان من اول مهامه هو العمل خلف لوحة الرسم ، تحت اشراف الاقدمين الذين هم اكثر خبرة منه . وحتى اذا لم يخالف المهندس الناشيء النجاح باداء رسومات جيدة ، فانه بالرغم من ذلك بحاجة الى اتقان قواعد الرسم ، حيث ان قابلية قراءة الرسم ذات اهمية بالغة جداً ، وهو يحتاج لمثل هذه القابلية ما دام يعمل في مهنته . ان الطالب يواجه الرسم الهندسي في كثير من الكتب الدراسية ويطالب بالحاق الكثير من واجباته برسوم هندسية . لذا فان اتقان لغة الرسم يساعد الطالب ليس فقط في مهنتة بعد التخرج بل وحتى اثناء دراسته . واضافة الى الفوائد المباشرة التي يحرزها الطالب من الدراسة الجدية للغة الرسم ، فهناك فوائد عديدة اخرى لهذه اللغة . فهي تعتبر تمرين لتنمية العديد من القابليات الاساسية للمهندس . فكثير من الطلبة يتعلم لاول مرة اداء العمل باتقان ودقة وسرعة ، وهذه عادات لكل من يعمل في حقل الهندسة والصناعة . وان من اعظم الفوائد التي يكتسبها الطالب من دراسته لمادة الرسم الهندسي هي تنمية قابلية التصور عنده والتي تعتبر من اهم مميزات المهندس الناجح .

2

أدوات الرسم

2.1 مقدمة . ان تدوين المعلومات بشكل رسم هندسي على الورق يتطلب ادوات خاصة يتعذر بدونها ذلك . وحتى للرسم اليدوي فأننا نحتاج الى القلم والمحاة والورق . وعند اختيار الادوات التي هي بسيطة نسبياً يستحسن الحصول على نوعيات جيدة منها ، حيث ذلك سيساعد كثيرا على سرعة وسهولة الرسم يبين شكل 2.1 اهم الادوات المستعملة في الرسم الهندسي .



1 - لوحة الرسم
2 - مسطرة الحرف - T
3 - العلبة الهندسية
4 - مثلث ذو الـ 45°
5 - مثلث ذو الـ 60° X 30°
6 - دليل الاحرف
7 - مسطرة المقياس
8 - مسطرة الابعاد
9 - مسطرة المنحنيات
10- منقلة
11- اقلام الرصاص
12- ممراة
13- ممحاة قلم الرصاص
14- صفيح المحي
15- ممحاة التنظيف العام
16- فرشاة التنظيف
17- ورقة الرسم
18- شريط لاصق
19- قلم الحبر
20- ريشة قلم الحبر
21- حبر صيني

شكل 2.1 ادوات الرسم .

2.2 ارشادات عامة . يعطي هذا الفصل فكرة عن أهم أدوات الرسم والطرق الصحيحة لاستعمالاتها . وعلى الطالب أن يبذل ما في وسعه لتعلم وأتباع هذه الطرق وان ينمي عنده العادات الصحيحة في العمل كي يجني ثمرة أتعابه في انتاجه المتقن الجيد وعلى المرشد أن يصر دائما على تطبيق الاسلوب الصحيح في الاداء . وفيما يلي بعض التعليمات الهامة ننصح الطلبة بتذكرها واتباعها اثناء العمل :

1 - دقة العمل : ان تداول ادوات الرسم يحتاج الى دقة فائقة وعناية كبيرة وخلافاً لذلك لايظهر الرسم الناتج بالشكل المطلوب ولايمكن الاستفادة القصوى منه . ان العمل الهندسي ومن ضمنه الرسم الهندسي يفشل دائماً اذا لم يقترن بالدقة والضبط .

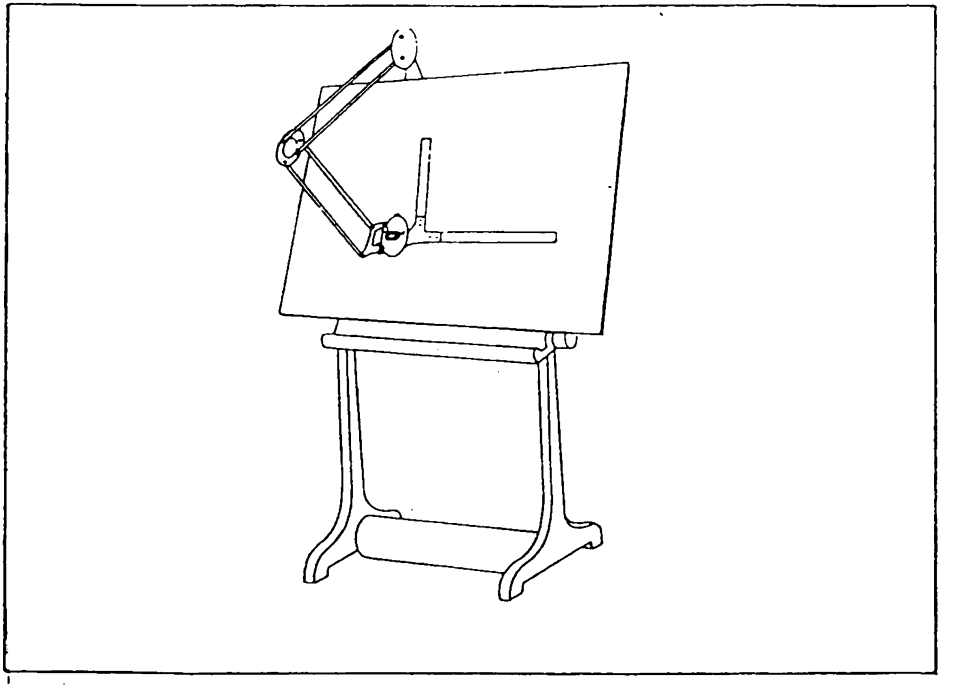
2 - سرعة العمل : الوقت من ذهب ... ان الشخص البطيء يكون انتاجه غير اقتصادي . الا ان السرعة لا تعني الاستعجال الذي يسبب رداءة الانتاج وكثرة في الاخطاء وبالتالي يضطر الشخص الى اعادة العمل ويضيع وقت أكثر .

3 - النظافة : النظافة ركن اساس في الرسم الهندسي . تجنب كل ما من شأنه أن يؤثر على نظافة الرسم . اغسل يديك ونظف جميع الادوات بقطعة من القماش قبل البدء بالرسم . ابدأ بالرسم بخط فاتح ورفيع جداً كي يسهل مسحه عند الخطأ دون ترك آثار للمسح . استعمل ممحاة من النوع الجيد بحيث لا تسود الورقة عند المحي .

4 - تهيئة الادوات : نادراً ما يحدث عطب او خلل في ادوات الرسم ، وفي حالة حدوث ذلك أبدأ بمعالجته فوراً دون اهمال . احضر معك الادوات التي تحتاجها للعمل في المرسم ولا تعتمد على استعارة ما تحتاجه من غيرك ، فأن ذلك يسبب ضياع الوقت كما يسبب الضوضاء التي تؤثر على زملائك الذين هم بأمس الحاجة الى الهدوء للتفكير والعمل . الاهمال في تحضير الادوات وصيانتها يعطي أنطباعا سلبياً عنك فتجنب ذلك . ادرس جميع التعليمات الواردة في هذا الكتاب واستمع الى ارشادات استاذك وطبقها بدقة في عملك فأن ذلك ينمي عندك قابلية العمل الجيد .

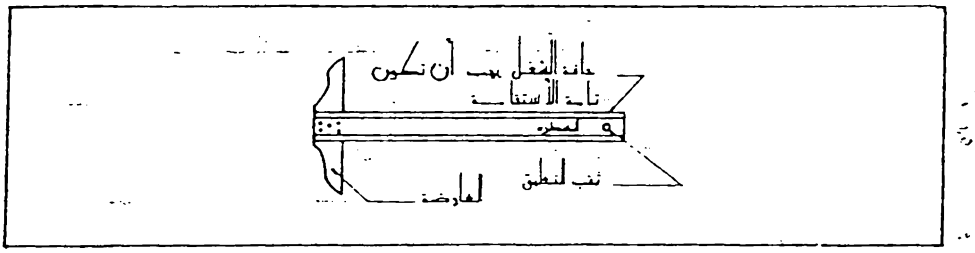
2.3 لوحة الرسم (Drawing Board) . تصنع لوحة الرسم ، شكل 2.1 . من الخشب الابيض ، ويجب ان تكون ذات سطح جيد ناعم خال من النتوءات . تصنع الحافة اليسرى من اللوحة من خشب الصاج كي تقاوم فترة طويلة ، ويجب أن تكون هذه الحافة مستقيمة وملساء تزيد في دقة الرسم وتساعد مسطرة الحرف T- بالانزلاق عليها بسهولة . يمكن استعمال المنضدة العادية كلوحة رسم اذا كان سطحها جيدا وحافتها اليسرى مستقيمة ، ويوصى بوضع ورقة اضافية تحت ورقة الرسم للتخلص من صلابة سطح المنضدة

في مكاتب الرسم الحديثة يستعاض عن لوحة الرسم الموضوعة على المنضدة بلوحة ذات حامل متحرك مع ماكنة الرسم تحوي على مسطرتين متعامدتين يمكن ان يحركها الرسام أينما يشاء على ورقة الرسم ، شكل 2.2 . وهذه الماكنة ذات كفاءة عالية وتساعد الرسام على العمل وهو معتدل القامة ، الا أنها أكثر كلفة من لوحة الرسم الاعتيادية



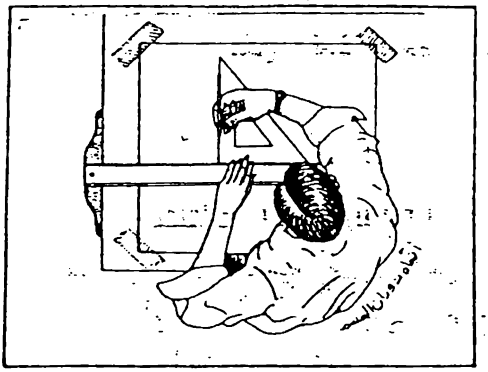
شكل 2.2 لوحة الرسم مع ماكنة الرسم .

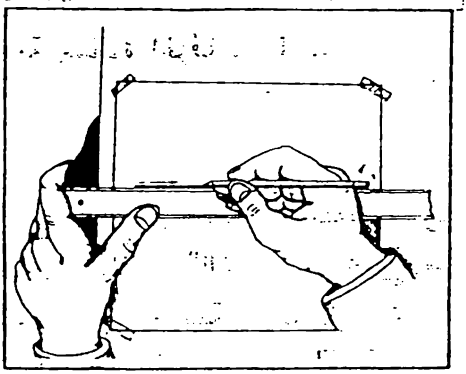
2.4 مسطرة الحرف -T (T – Square) .- تستعمل مسطرة الحرف -T لرسم الخطوط الافقية وكدليل لحركة المثلثات . وتتكون من الرأس أو العارضة والمسطرة ، شكل 2.3 . يجب ان يكون ربط الرأس بالمسطرة بشكل محكم جداً بحيث لايحدث فيها رخاوة عند الاستعمال . يجب ان تكون الحافة الشغالة للمسطرة مستقيمة ، وان لاتكون الحافة الداخلية للعارضة محدبة .



شكل 2.3 مسطرة الحرف -T .

لرسم الخطوط الافقية ، أضغط رأس مسطرة الحرف -T مع حافة لوحة الرسم وضع اليد اليسرى على المسطرة كما في شكل 2.4 . ارسم الخط من اليسار الى اليمين على ان يكون القلم مائلا مع اتجاه رسم الخط بزاوية 60^{o} تقريبا .





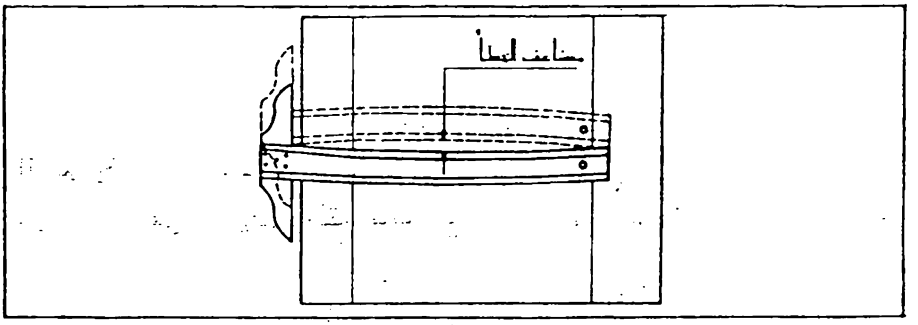
شكل 2.4 رسم الخطوط الافقية . شكل 2.5 رسم الخطوط العمودية .

اما الخطوط العمودية فترسم باستعمـــال احد المثلثات ومساعدة مسطرة الحرف -T ، كما مبين في شكل 2.5. لاحظ ان اتجاه رسم الخط هو من الاسفل الى الاعلى.

ان دقة الرسم تتوقف كثيراً على حالة مسطرة الحرف -T ، لذا يجب المحافظة عليها جيداً ، فانها لاتستعمل كمطرقة أو كمقص للاوراق أو لاي غرض آخر يؤدي الى تلفها .

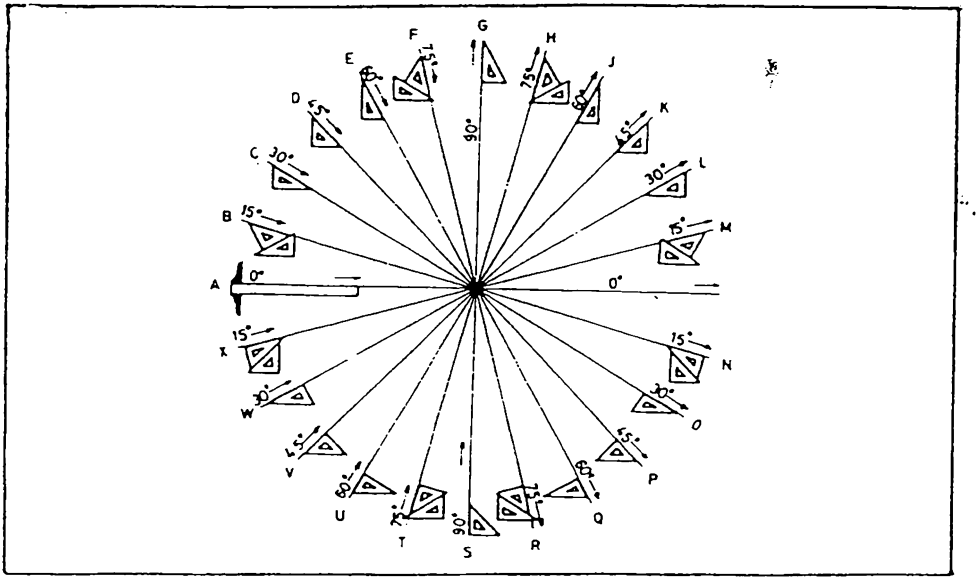
للتأكد من استقامة المسطرة ، ارسم خطا رفيعا على الورقة باستعمال حافة المسطرة ثم اقلب المسطرة وارسم خطاً آخر من نفس الحافة قرب الخط الاول ، شكل 2.6 ، فاذا تطابق الخطان فان المسطرة على ما يرام ، وخلافا لذلك يجب تعديل أو تبديل المسطره .

يفضل حفظ مسطرة الحرف -T بصورة معلقة عمودياً من الثقب المخصص لذلك ، بعيداً عن الحرارة والرطوبة .



شكل 2.6 فحص استقامة مسطرة الحرف - T .

2.5 المثلثات (Triangles) . ترسم معظم الخطوط المائلة في الرسم الهندسي بزوايا قياسية محدده وهي 30° ، 45° ، 60° وأحيانا مجموع هذه الزوايا أو الفرق بينها . وترسم جميع هذه الزوايا بواسطة مثلث ذو 45° أو مثلث ذو 30° X 60° أو بهما معاً وبمساعده مسطرة الحرف -T . وبذلك يمكن تقسيم الـ 360° الى 24 قسم ذو 15°، كما مبين في شكل 2.7.



شكل 2.7 رسم الزوايا باستخدام المثلثات .

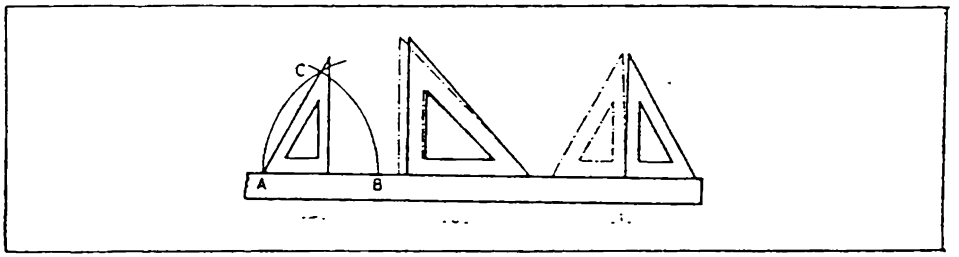
لاحظ اتجاه رسم الخطوط : ترسم جميع الخطوط في الجانب الايسر باتجاه المركز، في حين تلك التي في الجانب الايمن ترسم بعيداً عن المركز ، وذلك كي تسهل باستمرار مشاهدة الجزء المرسوم من الخط .

يفضل ان يكون طول وتر المثلث ذو الـ 45° وكذلك طول الضلع القائم الكبير للمثلث ذو الـ 60° X 30° في حدود 25 سم ، ويكون مصنوعاً من البلاستك الشفاف وحافاته منحدرة كي يمكن استعماله للتحبير ايضاً .

بسبب الاجهادات الداخلية قد تفقد المثلثات دقتها مع الزمن ، واحياناً قبل بيعها في المخازن ، لذا يستحسن فحصها عند الشراء ومن حين لآخر .

لفحص استقامة حافات المثلث ، تستعمل نفس الطريقة المتبعة عند فحص استقامة مسطرة الحرف -T (فقرة 2.4) .

فحص الزاوية القائمة في المثلث : ضع المثلث على مسطرة الحرف -T . ارسم خطاً عمودياً ، ثم اقلب المثلث (كما تقلب صفحة الكتاب) وارسم الخط ثانية مع نفس الحافة ، شكل 2.8 (أ) ، فاذا لم يتطابق الخطان فان الزاوية القائمة في المثلث لاتساوي 90° ، والخطأ يساوي نصف الزاوية المحصورة بين الخطين المرسومين.



شكل 2.8 فحص المثلثات .

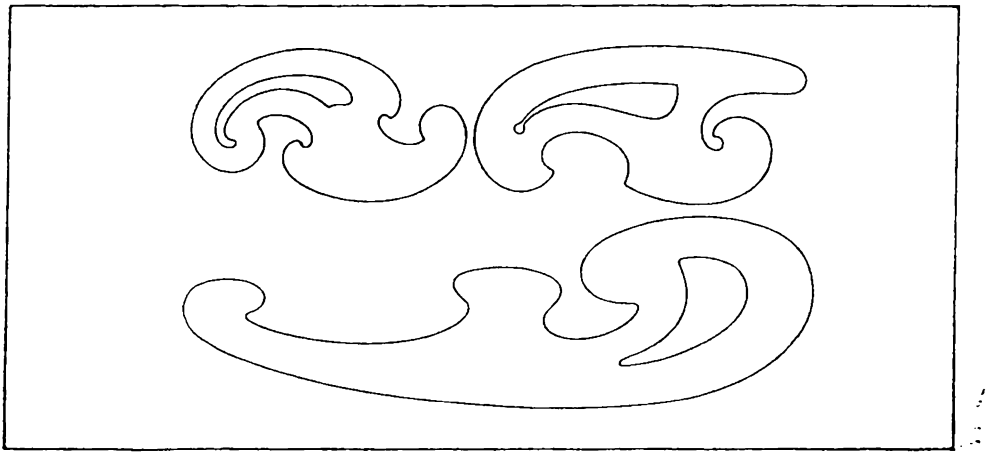
فحص زاوية الـ 45° : بعد التأكد من استقامة الاضلع ودقة الزاويةالقائمة ، ضع المثلث على مسطرة الحرف -T ، وارسم خطاً على امتداد وتر المثلث ، ثم اقلب المثلث واستعمل زاوية الـ 45° الثانية وارسم خطاً آخر على امتدادالوتر ، اذا لم يتطابق الخطان فهناك خطأ في زاويتي المثلث ، شكل 2.8 (ب).

لفحص زاويتي المثلث ذو الـ $30^\circ \times 60^\circ$: ارسم خطاً افقياً اقصر بقليل من وتر المثلث ، شكل 2.8 (جـ) ، ومن النقطتين A و B ارسم قوسين بنصف قطر يساوي المسافة A B ليتقاطعان في النقطة C . اذا وضع المثلث كما مبين في شكل (جـ) فان الوتر يجب ان يمر بالنقطة C ، وخلاف ذلك فهناك خطأ في زاويتي المثلث .

2.6 المسطرة (Scale) . تصنع المساطر ، شكل 2.1 ، بأنواع مختلفة ، وتصنف استناداً الى استعمالاتها في الحقول الهندسية المختلفة .

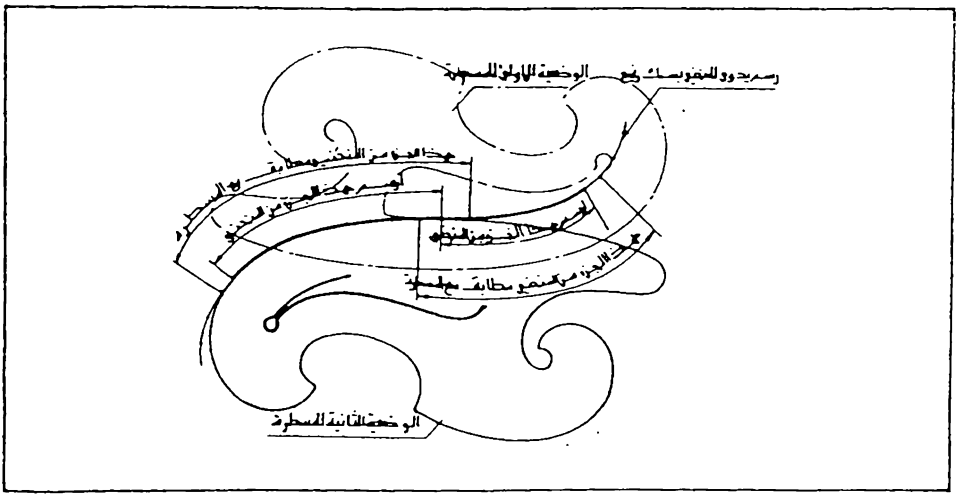
يفضل في حقل الهندسة الميكانيكية رسم المكائن او اجزائها بنفس مقاسها الحقيقي ، واذا كان حجمها كبيراً فترسم مصغرة الى نصف المقاس الحقيقي . واحياناً تكون نسبة التصغير كنسبة 1 : 5 أو 1 : 10 ، ويندر استعمال نسب تصغير أقل . لذلك فان المساطر المستعملة في حقل الهندسة الميكانيكية تكون ذات تقاسيم تمثل نسب التصغير المختلفة المستعملة في هذا المجال . فمثلا عند رسم شكل بنسبة تصغير 1 : 5 تؤخذ مسطرة نسبة التصغير فيها أيضاً 1 : 5 ، وفي مثل هذه المسطرة يكون السنتمتر الواحد مصغر الى خمس المقاس الحقيقي ، أي يساوي 2 ملم .

2.7 مسطرة المنحنيات (French Curves). لرسم الخطوط المنحنية تستعمل مساطر تصنع من البلاستك او الخشب ، تسمى بـ « مسطرة المنحنيات او طبعة المنحنيات French Curves » ، شكل 2.9 . وتوجد اشرطة خاصة مصنوعة من البلاستيك المرن يمكن لويها لتتلائم مع المنحني المطلوب رسمه. ويمكن ايضا استعمال سلك لحام القلاي لهذا الغرض .



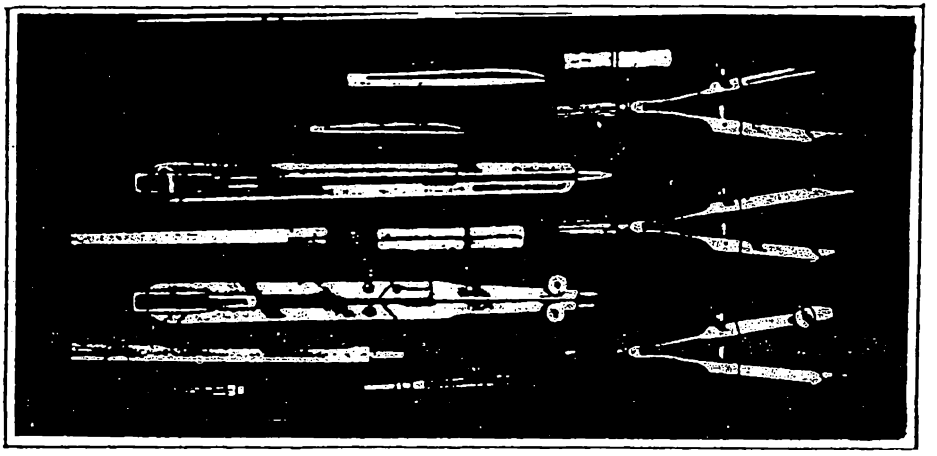
شكل 2.9 مسطرة المنحنيات .

استعمال مسطرة المنحنيات : عين عدداً كافياً من نقاط المنحني ، ثم حاول ملائمة منحني أولي بالرسم اليدوي وبخط رفيع يمر خلال هذه النقاط . وبعد الحصول على منحني نظيف ومنتظم ومرضي للبيان ، استعمل مسطرة المنحنيات وذلك بملائمة أكبر جزء ممكن منه مع المنحني شرط أن يكون اتجاه انحناء المسطره مع اتجاه انحناء المنحني ، شكل 2.10 ، ارسم هذا الجزء من المنحني مع ملاحظة ترك جزء صغير من طرفي المنحني المتقارب من المسطره دون رسم . حرك المسطرة لترهيم جزء آخر منه مع امتداد الجزء المرسوم ، وارسم هذا الجزء ، وهكذا الى أن يتم رسم المنحني الكامل . لاحظ ان يكون المنحني مرسوماً بشكل خط مستمر ومنتظم وبسمك ثابت ، لاتوجد فيه نتوءات ولا تظهر فيه اثار التقاء أجزاء المنحني .



شكل 2.10 استعمال مسطرة المنحنيات .

2.8 العلبة الهندسية (Instrument Set) تحتوي العلبة الهندسية ، شكل 2.11 ، اعتيادياً على الفرجال وفرجال التقسيم وفرجال الدوائر الصغيره وريشة التحبير . تصنع الاجزاء الرئيسية للنوعيات الجيده من سبيكة الفضة والنيكل وتكون فضية اللون ومقاومة للصدأ .

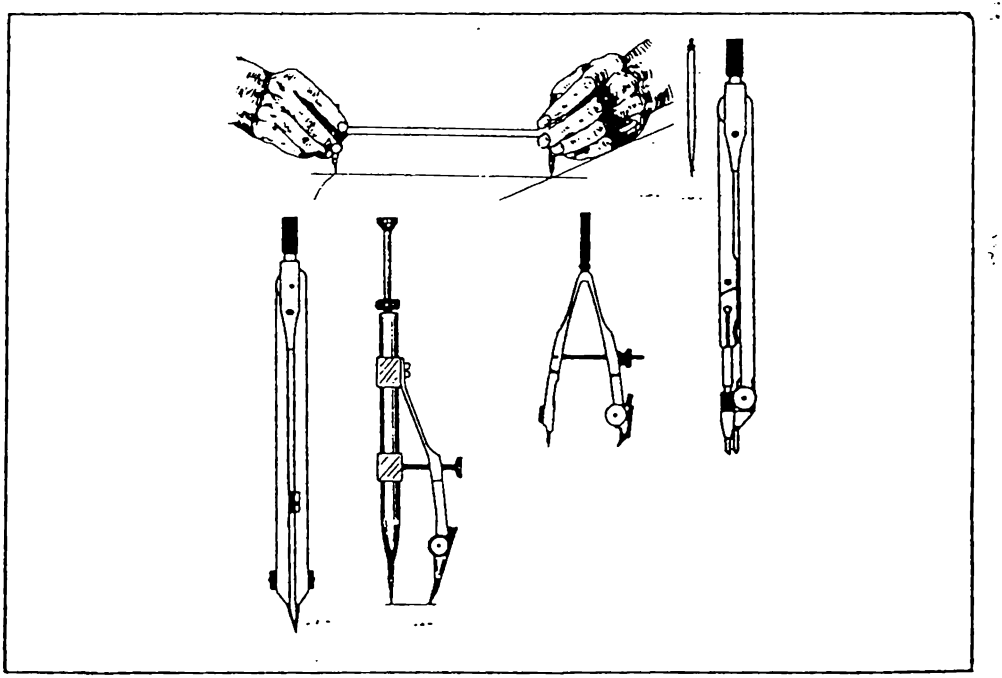


شكل 2.11 العلبة الهندسية

الفرجال : يستعمل الفرجال لرسم الاقواس الدائرية بقلم الرصاص ويمكن أيضاً تحبير الدوائر بالفرجال وذلك بعد تبديل ماسك الرصاص بريشة التحبير الخاصه للفرجال والموجودة في العلبة .ويمكن استعمال قلم التحبير في الفرجال ، وذلك بربطه بواسطة ماسك خاص للقلم . توجد أنواع مختلفة من الفراجيل تناسب اقواس الدوائر المختلفة . يبين شكل 2.12 (أ) فرجال اعتيادي لرسم الدوائر التي يتجاوز قطرها الـ 2 سم . الابرة المستعملة في الطرف المدبب من الفرجال مكونة من رأسين ، شكل 2.12 (ب) ، يستعمل الرأس الاسفل (مخروطي الشكل) عند استعمال الفرجال كفرجال تقسيم ، أما عند رسم الدوائر فيستعمل الرأس الثاني ذو الكتف

عند ضبط طرفي الفرجال يجب ان يكون الطرف المدبب أطول بقليل من الطرف الآخر كي يتساوى الطرفان عند وخز الفرجال في الورقة أثناء الرسم .

رسم الدائرة : ارسم خطي المركز وأشر نصف القطر على احد الخطين وافتح الفرجال بقدر نصف القطر ثم ارسم الدائرة .



شكل 2.12 أنواع الفراجيل

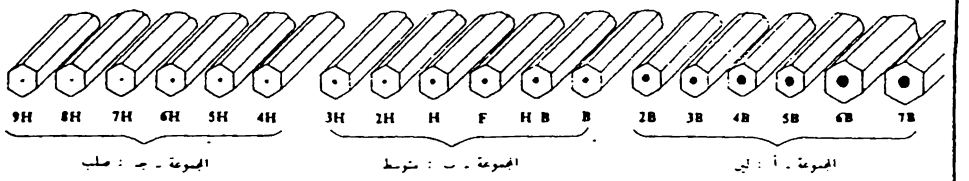
لرسم الدوائر الكبيرة ، يمكن تمديد الفرجال بقطعة اضافية موجودة عادة في العلبة الهندسية ، وتوجد فراجيل خاصة لرسم الدوائر الكبيرة ، شكل 2.12 (جـ) .

يكون غمق الدوائر المرسومة بقلم الرصاص أقل من غمق الخطوط المستقيمة ، لانه لايمكن الضغط على الفرجال أثناء الرسم كما هو الحال عند رسم الخط المستقيم بمساندة المسطرة أو المثلث ، ولرسم دوائر ذات لون أغمق يستعمل الفرجال المبين في شكل 2.12 (د) ، ويمكن ايضاً استعمال قلم ذو ليونة أعلى من القلم المستعمل لبقية الرسم فمثلا اذا استعمل قلم H لرسم الخطوط المستقيمة يمكن استعمال قلم HB لرسم الدوائر .

فرجال الدوائر الصغيرة : شكل 12 . 2 (هـ) ، يمكن بواسطة هذا الفرجال رسم دوائر صغيرة قطرها أقل من 1 سم . عند الرسم يبقى الطرف المدبب ثابت ويدور حوله الطرف الذي يحوي القلم . وتضبط فتحة الفرجال بواسطة برغي تحكيم . يجب استعمال هذا الفرجال عند الحاجه فقط وعدم تدويره بكثرة حيث يسبب ذلك سوفان الحامل وزيادة الخلوص فيه مما يقلل من دقة الدوائر المرسومة .

فرجال التقسيم : شكل 2.12 (و) ، يستعمل لنقل الابعاد أو تقسيم المسافات الى أجزاء متساوية ويجب ملاحظة تطابق طرفي الفرجال عند ضمهما مع بعض .

2.9 أقلام الرصاص . يتكون الرسم الهندسي من خطوط تختلف من حيث السمك والشكل ، ومن أحرف وأرقام ورموز وهذه كلها مرسومة على ورقة الرسم . ولكي يتم الرسم بسهولة ويكون جيد الوضوح ، تستعمل أقلام رصاص خاصة لذلك ، ولا تستعمل الاقلام العادية الرخيصة . تختلف أقلام الرصاص حسب صلابتها وغمقها ، وتستعمل رموز لبيان نوع القلم حيث يستعمل الحرف H (الحرف الاول من كلمة Hard) ليدل على صلابة القلم ، والحرف B (Black) للدلالة على غمق القلم . تكون درجات الصلابة والغمق مختلفة ويرمز لها بالارقام ، من 1 الى 9 للصلابة ، ومن 1 الى 7 للغمق ، حيث كلما زاد الرقم زادت الصلابة أو الغمق . الرمز HB يدل على قلم صلب ذو لون أسود غامق .



المجموعة أ : لاتصلح هذه المجموعة للاستعمال في الرسم الهندسي حيث انها ذات ليونة عالية مما تنتج خطوط خشنة صعبة المسح وتسبب تلوث ورقة الرسم ويحتاج القلم الى البري باستمرار

تستعمل هذه الاقلام في الرسوم الفنية

المجموعة ب : تستعمل هذه المجموعة للاغراض العامة في الرسم الهندسي الاقلام اللينة من هذه المجموعة (الى اليمين) تستعمل للرسم اليدوي ، ككتابة الاحرف والارقام ورسم رؤوس الاسهم ، وتستعمل الاقلام الصلبة (الى اليسار) لرسم الخطوط .

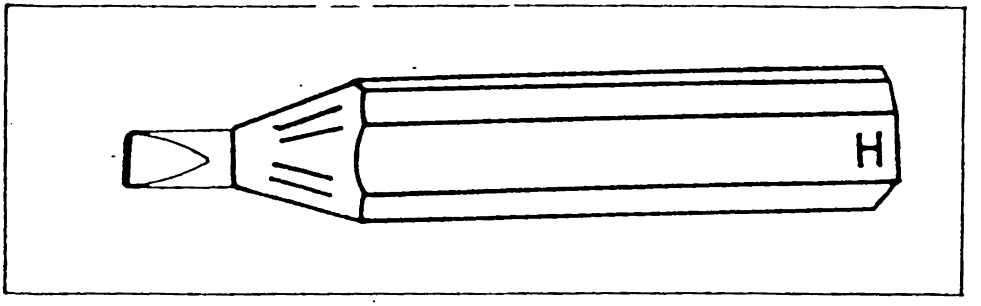
المجموعة جـ : تستعمل الاقلام الصلبة من هذه المجموعة (الى اليسار) للاغراض التي تتطلب دقة عالية كما في الحساب بالرسم ورسم المخططات وتستعمل الاقلام الالين (الى اليمين) لرسم الخطوط في الرسم الهندسي .

شكل 2.13 انواع اقلام الرصاص واستعمالاتها .

يبين شكل 2.13 أنواع الاقلام واستعمالاتها . ان هذه الدرجات المختلفة للاقلام ليست لها مواصفات ثابته بل تعتمد على الشركات المنتجة للاقلام ، فمثلا صلابة قلم 2H لمصنع معين يمكن أن تكون أعلى من صلابة قلم 3 H لمصنع آخر . وعلى الرسام أن يجرب الاقلام ويختار ما يناسب للرسم .

اختيار نوع القلم يعتمد بالدرجة الاولى على سمك الخط . فكلما كان سمك الخط أقل نستعمل قلم أصلب . فمثلا يستعمل قلم 2H أو 3H لرسم خطوط المحاور وخطوط القياس ذات السمك الرفيع ، أما الخطوط الظاهره فيستعمل لها قلم H ، ويستعمل القلم HB للكتابة ورسم رؤوس الاسهم .

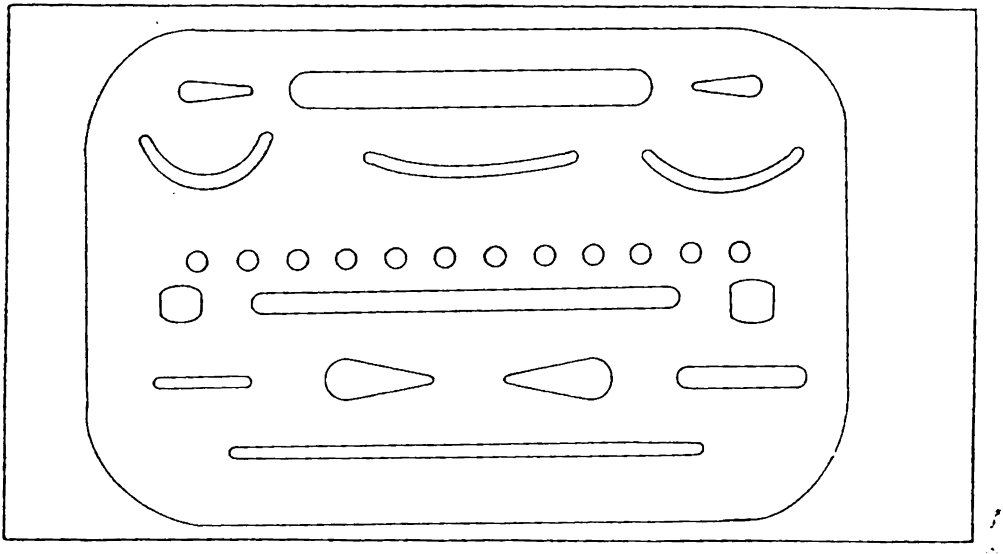
2.10 بري القلم . تستعمل عادة المبراة لبري أقلام الرصاص ، الا ان هذه الطريقة تنتج لب مخروطي الشكل ، ويجب في هذه الحالة تدوير القلم أثناء الرسم الى اليسار والى اليمين كي يتم الرسم بسمك ثابت . ويمكن أيضاً اتباع الاسلوب التالي لبري القلم للحصول على سمك ثابت للخط عند الرسم : ابعد خشب القلم بحيث يخرج مقدار مناسب من اللب الاسطواني (في حدود 8 ملم) ، وذلك من الطرف الخالي من الرمز للحفاظ على علامة القلم-ابرد القلم على ورق الصقل (ورق الجام) الناعم بحيث تحصل على مقطع مستطيل للب القلم كما مبين في شكل 2.14 . بعد بري القلم نظفه من ذرات الكاربون المتعلقة به بأمرار اللب على قطعة من الاسفنج أو ورقة اعتيادية . ان من علامات الرسام الماهر ان يبري أقلامه باستمرار للحصول على لب جيد لاهمية ذلك في دقة الرسم ونظافته . أثناء بري القلم انتبه كي لاترش ذرات الكاربون على ورقة الرسم حيث يؤدي ذلك الى تلوث الرسم .



شكل 2.14 لب قلم ذو مقطع مستطيل .

2.11 الممحاة . توجد مماحي متنوعة لمسح الرصاص أو الكاربون أو الحبر أو كتابة الالة الطابعة وغيرها . يجب أن تمسح ممحاة قلم الرصاص الرسم بسهولة دون خدش الورق او ترك آثار الكاربون على الرسم . تستعمل مماحي صلبة لمسح الخطوط المرسومة باقلام صلبة ومماحي لينة لمسح الخطوط اللينة . وهناك مماحي تستعمل للتنظيف العام.وللحصول على مسح جيد يمكن وضع قطعة صلبه وملساء كالمثلث تحت الجزء المراد مسحه .

لمسح أجزاء معينة من الرسم دون التاثير على الاجزاء المجاورة يمكن استعمال صفائح رقيقة محفورة باشكال مختلفة ، شكل 2.15 . سوف يأتي شرح عن مسح الحبر عند الكلام عن التحبير .



شكل 2.15 صفيحة المسح .

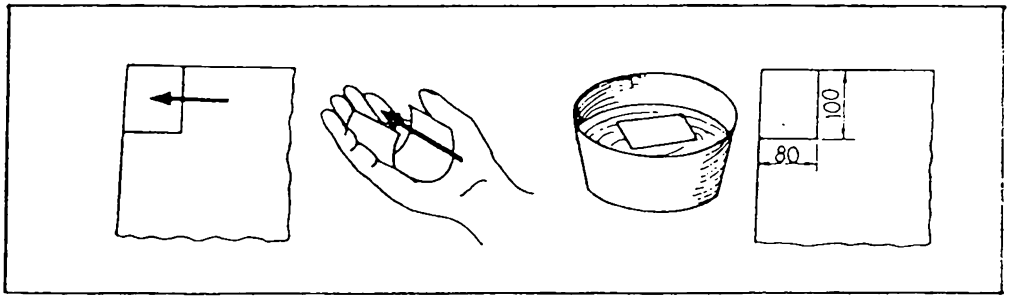
2.12 ورقة الرسم . تتكون أوراق الرسم من ألياف ، مصدرها بالدرجة الاولى نباتي . ولكن هناك ايضا أوراق من مصادر حيوانية أو معدنية أو اصطناعية .

يمكن الحصول على الاوراق بشكل لفات طويلة أو طبقات مقطوعة بأبعاد قياسية . يقاس سمك الورقة بدلالة وزنها بالغرامات لكل متر مربع واحد (فمثلا قياس ورقة 90 يعني أن وزنها 90 غم / م ^{2}) .

تتعرض أوراق الرسم لظروف صعبة ، لذا يجب أن تكون ذات الياف قوية تقاوم التمزق والتلف أثناء التداول والمسح وتكون قليلة التأثير بالظروف الجوية المختلفة مثل درجات الحراره والرطوبة ولها قابلية للخزن بحيث تحافظ على صفاتها لمدة طويلة من الزمن دون أن يتغير لونها أو تصبح هشة .

اذا طوينا الورقة مرة في الاتجاه الطولي وأخرى في الاتجاه العرضي فنلاحظ بان الحافة الخارجية تصبح خشنة وذات نتوءات في طويه وناعمة في الطويه الاخرى . ان الطرف الناعم يدل على اتجاه الالياف وهي أيضا اتجاه حركة شريط الورق في المكائن عند انتاجها . تكون الورقة أقوى في اتجاه الالياف وأقل تأثيراً بدرجات الحرارة والرطوبة في حين يكون تركيب الورقة أقل متانة في الاتجاه المعاكس

أن معرفة اتجاه الالياف ضروري عند الاستنساخ حيث يجب ادخال الورقة بأتجاه الالياف الى جهاز الاستنساخ كي لاتتأثر الورقة بحركة الجهاز . ويمكن ايجاد اتجاه الالياف بوضع قطعه صغيره من الورقة لبضع ثوان على سطح ماء موجود في اناء ، ثم وضع القطعة من الطرف الرطب على راحة اليد ، وبعد فترة نلاحظ لوي الورقة ، ومنه نتعرف على اتجاه الالياف كما مبين في شكل 2.16 .



شكل 2.16 كيفية معرفة اتجاه ألياف الاوراق

2.13 أنواع أوراق الرسم . يوجد نوعان أساسيان من أوراق الرسم :

أ ـ أوراق معتمه لاتسمح بمرور أشعة الضوء من خلالها . وتستعمل عادة للرسم بالرصاص وتكون ذات لون أبيض ، وتتكون أساساً من السليلوز ، سطحها ناعم ولكنه غير صقيل ، حيث يجب أن يحوي السطح على حبيبات صغيره تساعد على التقاط الكاربون أثناء الرسم كي يظهر الخط اسود نظيف ومليء . ويجب ان لايكون السطح ذو خشونة عالية حيث يسبب ذلك التقاط كميات كبيرة من الكاربون مما يؤدي الى تلوث الورقة فتصبح الخطوط محببة وغير جيدة . يجب ان يكون لسطح الورقة شيئاً من الصلابة كي لا يحفر القلم أخاديد فيه ولا تتمزق الورقة اثناء الرسم .

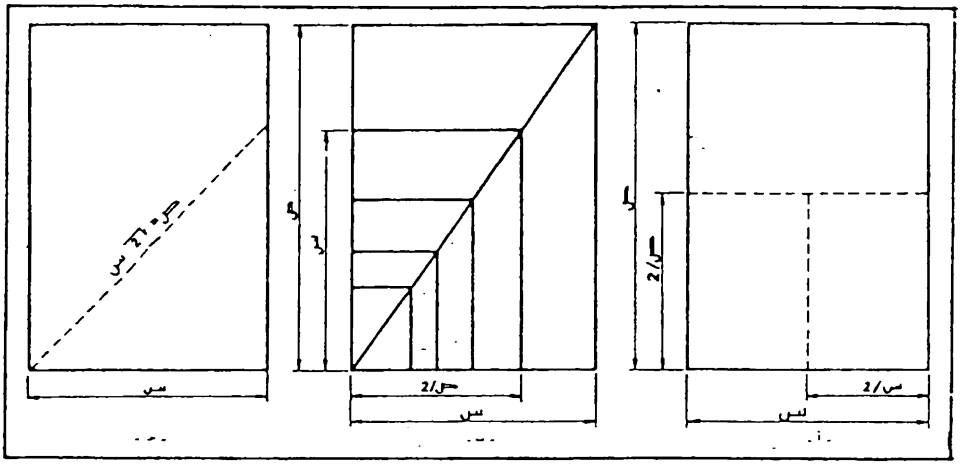
ب ـ أوراق شفافة (Trace Paper) . لهذه الاوراق أهمية خاصة في الرسم الهندسي ، بسبب استعمالها للاستنساخ . يجب ان تكون هذه الاوراق متينة وتسمح لاختراق الضوء خلالها بسهولة ، بحيث يمكن قراءة ما يوجد تحتها من اشكال مرسومة بالرصاص . ويجب ان تكون لها قابلية مسك الحبر والمسح بالممحاة أو بشفرة الحلاقة دون ان تظهر آثار المسح عند الاستنساخ . تحفظ هذه الاوراق بعيداً عن الحرارة والجفاف ، وخلاف ذلك تصبح هشة وقابلة للتكسر . تضر الرطوبة العالية الورقة أيضاً حيث تجعلها متموجة وغير قابلة للاستعمال ، لذا يجب ان لا تحفظ في المحلات الحارة ذات الرطوبة العالية .

توجد أوراق مزيته ثقيلة ذات نفاذية عالية للضوء ، قليلة التأثير بالرطوبة ، وتوجد أيضاً أوراق نسجية ذات مقاومة عالية للانكماش والتمدد تستعمل للرسوم التي يجب ان تحفظ لفترات طويلة . وقد ظهرت انواع جديدة من الاوراق مصنوعة من البلاستك متينة وذات مقاومة عالية للتمزق والتلف .

2.14 المواصفات القياسية لاوراق الرسم . استناداً الى المواصفة القياسية العراقية رقم 12 (قياسات ورق الكتابة المقطع) تكون مواصفات الاوراق كما يلي :

يبنى نظام قياسات الورق على اساس مجموعات اعتيادية متسلسلة ، تتألف من عدة قياسات ، بحيث يمكن الحصول على أي قياس بتجزئة القياس الاكبر منه مباشرة الى جزئين متساويين ، ويكون خط التقسيم موازياً الى الضلع الصغير . وتبعاً لذلك تكون النسبة بين مساحتي قياسين متتاليين 2 : 1 ، كما فيشكل 2.17 (أ).وتتشابه قياسات أية مجموعة متسلسلة هندسياً كما في شكل 2.17 (ب) . ان المتطلبات المذكورة سابقاً تعطي المعادلة (1) للابعاد (س) و (ص) لقياس معين ، شكل 2.17 (جـ) :

$$\frac{\text{ص}}{\text{س}} = \frac{\sqrt{2}}{1} = 1.414 \quad \ldots\ldots \quad (1)$$



شكل 2.17 مواصفات الاوراق القياسية .

توجد مجموعتان من الاوراق المستعملة للاغراض الادارية والتجارية والفنية وغيرها وهما :

المجموعة المتسلسلة الاولية (وتسمى بالمجموعة أ) والمجموعة المتسلسلة الثانوية (وتسمى بالمجموعة ب).

ان المجموعة (أ) هي المستعملة اعتياديا ، اما المجموعة (ب) فتستعمل نادرا وللاغراض الخاصة ويمكن الرجوع اليها في المواصفة القياسية العراقية رقم 12 .

المجموعة (أ) : يكون القياس الاساسي لهذه المجموعة ذا مساحة تساوي مترا مربعا واحدا وتنطبق عليه المعادلة التالية :

$$\text{س ص} = 1 \text{ م}^2 \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

وعند حل المعادلتين 1 و 2 نحصل على مقدار طول وعرض القياس الاساس للمجموعة (أ).ويمكن الحصول على القياسات الاخرى بأخذ القياس الاساس وتطبيق المباديء الموضحة سابقا.

يعبر عن اي قياس بالحرف أ (الذي يدل على المجموعة المتسلسلة الاولية) متبوع برقم يشير الى عدد التقسيمات المجزأة اليها الورقة ابتداء من القياس الاساسي . الجدول رقم 2.1 يبين مقاسات اوراق المجموعة (أ) . تعتبر القياسات (أ) الى (أ 4) مناسبة لمعظم احتياجات الرسم الهندسي ويوصي باستعمالها قدر الامكان ، ويمكن استعمال المقاسين أ 5 و أ 6 عند الضرورة . وعند الحاجة الى اوراق كبيرة يمكن استعمال المقاسين 2 أ و 4 أ.

جدول 2.1 الاوراق القياسية ، المجموعة (أ) .

الرمز	القياس (مم)	الرمز	القياس (مم)
أ	1189 × 841	أ 7	105 × 74
أ 1	841 × 594	أ 8	74 × 52
أ 2	594 × 420	أ 9	52 × 37
أ 3	420 × 297	أ 10	37 × 26
أ 4	297 × 210		
أ 5	210 × 148	*أ2	1682 × 1189
أ 6	148 × 105	*أ4	2378 × 1682

* قياسات نادرة الاستعمال .

2.15 التحبير . بالرغم من وجود اجهزة استنساخ حديثة ذات حساسية عالية يمكن بوابطتها استنساخ الاشكال المرسومة بقلم الرصاص مباشرة ، الا ان الاستنساخ من الرسم المحبر على اوراق شفافة لايزال يستعمل بشكل واسع .