جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

الرسـم الصناعـــي
اللحـــام وتشكيـل المعـادن
الصناعي/ الثالث

تأليف

الدكتور / إحســـان كاظم عباس
المهندس / مهدي عبد الرضا سعيد
المهندس / صفـاء شوكت عباس
المهندس / ياســر ثامـر محمـــود

الطبعة الثالثة
2023 م – 1445هـ

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

بتكليف من المديرية العامة للتعليم المهني، وضمن خطة شاملة لتحديث المناهج التعليمية والتربوية لمواكبة التطور العلمي والتكنولوجي في شتى أنحاء العالم، واستكمالاً لمنهج مادة الرسم الصناعي للمرحلتين الأولى والثانية ، أُعدَّ منهج المرحلة الثالثة- تخصص اللحام وتشكيل المعادن . ولأن الرسم الهندسي والصناعي يعتمد خطوطاً هندسية ورموزاً وأشكالاً معتمدة عالمياً، فإنه يُعدُّ لغة تخاطب واتصال بين المهندسين والفنيين للتعبير عن المعلومات والأفكار في جميع المجالات الصناعية والإنشائية والتكنولوجية، وبصورة عامة فهو لغة عالمية يمكن لأي شخص وفي أي مكان فهم التطبيق الهندسي المرسوم وتنفيذه في لوحة الرسم في مجال اختصاصه.

وبتوفيق من الله – عز وجل – نقدم هذا الكتاب المتخصص في الرسم الصناعي الذي تضمن سبعة فصول، تناول الفصل الأول تطبيقات الربط باللحام الذي ركز على رموز اللحام وأبعاده ، وكيفية وضعهما على الرسومات التنفيذية ، أما الفصل الثاني فقد قدم فكرة ميسرة عن ربط الأنابيب بطريقة اللحام أو باللوالب (البراغي) ، أيضاً وحَدّ الرموز المستخدمة فيها لاكتساب المهارة الكافية في رسم هذه الشبكات ، وقد ركز الفصل الثالث على موضوع رسم الخزانات المشكلة باللحام بمختلف أنواعها وأحجامها ، في حين عرض الفصل الرابع الانفراد وأهميته في تشكيل الأجسام أو الأجزاء المصنوعة من الصفائح رقيقة السمك ورسم هذه العملية التي تعد الخطوة الأولى في عمليات التصنيع ، أما الفصل الخامس فقد تناول موضوع البرشام لما له من أهمية في حياة الطالب والمتخصص في هذا المجال فيما تناول الفصل السادس رسم عمليات التشكيل المختلفة والفصل السابع والأخير تناول الرسم بالحاسوب وإنشاء رسوم ثلاثية الأبعاد بطرائق مختلفة بمساعدة برنامج Auto CAD الذي يُعد من أهم برامج الحاسوب في مجال الرسم الهندسي والصناعي وبشتى التخصصات الهندسية.

ونحن إذ نقدم هذا الكتاب لطلبتنا الأعزاء لا ندعي كمالَه، بل كان اجتهاداً منا في عرض المعلومات عن الرسم الصناعي الميكانيكي فضلاً عن الرسم المعان بالحاسوب ليكون استمراراً لتفكير هندسي علمي سليم .آملين أن تكون تلك المعلومات ذات فائدة تؤهل الطالب في اختصاصه وأساساً لتكملة دراسته في هذا المجال العلمي. ومن أجل تطوير مستوى الكتاب وتحسينه نرحب بأية مقترحات مفيدة من زملائنا المدرسين ، وسنسعد بملاحظاتهم وآرائهم عن محتويات الكتاب أثناء تدريسهم للمادة العلمية، و الله نسأل أن يجعل هذا الكتاب من العلم الذي ينتفع به، والله وليّ التوفيق.

المؤلفون

بغداد - 2015

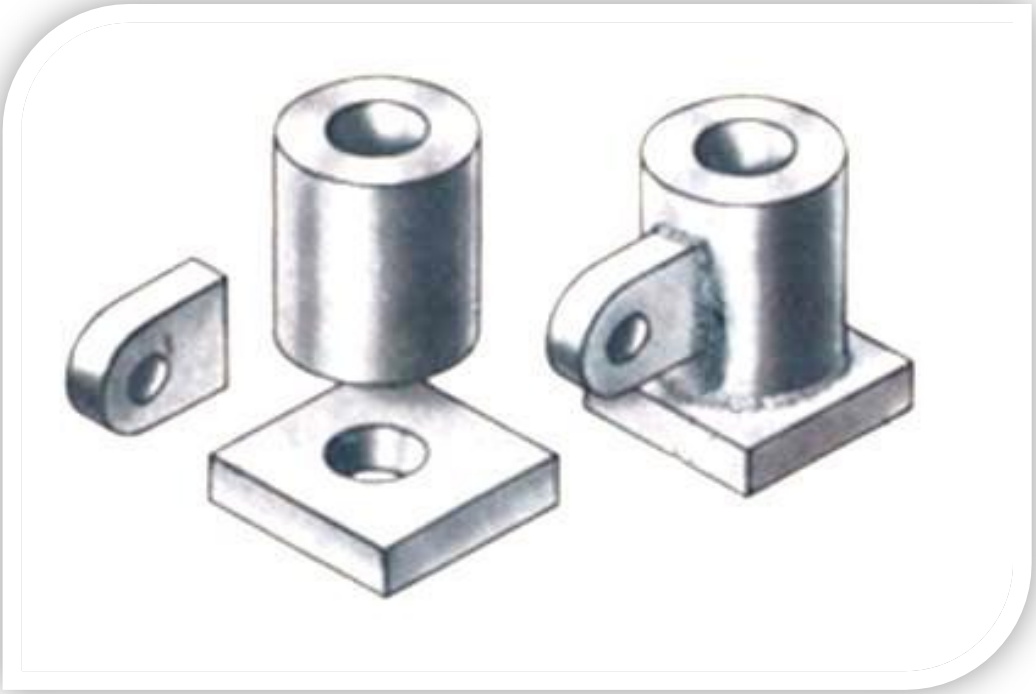
التسلسل	المحتويات	رقم الصفحة
المقدمة		2
الفصل الاول	تطبيقات الربط باللحام	5
1-1	تمهيد	6
2-1	رموز اللحام	6
3-1	وضع رموز اللحام على الرسم	6
4-1	موقع الرمز نسبة إلى خط المرجع	7
5-1	أمثلة	10
6-1	وضع الأبعاد على مقطع اللحام	15
7-1	تمارين	20
الفصل الثاني	ربط الانابيب	24
1-2	ربط الأنابيب باللحام	25
2-2	مفاصل لحام الأنابيب	26
3-2	ربط الأنابيب باستخدام الحافات الناتئة (الفلنجات)	31
4-2	لحام الأنابيب مع الحافات الناتئة	32
5-2	ربط شبكات الأنابيب	34
6-2	استعمال المساند Webs لتقوية لحام الأنابيب	37
7-2	الأنابيب ذات المقاطع المربعة والمستطيلة	38
8-2	قطع (تقصير) الأنابيب	39
الفصل الثالث	لحام الخزانات	43
1-3	لحام الخزانات	44
2-3	تمارين	50

الفصل الرابع	الانفرادات	53
1-4	انفراد الأجسام أو الأجزاء	54
2-4	أمثلـــــــة	54
3-4	تمـــــارين	64
الفصل الخامس	البرشام	67
1-5	البرشام	68
2-5	انواع مسامير البرشام	68
3-5	رموز البرشام واصطلاحاته	69
4-5	تمثيل وصلات البرشام بالرسم	69
5-5	طرق ترتيب مسامير البرشام	71
6-5	أمثلة	73
7-5	تمارين	78
الفصل السادس	رسم عمليات التشكيل	82
1-6	رسم عمليات التشكيل	83
2-6	رسم عمليات التشكيل الكتلوي	83
3-6	رسم عمليات تشكيل الصفائح	90
الفصل السابع	الرسم بالحاسوب ثلاثي الأبعاد	96
1-7	مقدمة عن الرسم في الأبعاد الثلاثة	97
2-7	تهيئة واجهة استخدام برنامج الأوتوكاد وإعداد صفحة العمل	97
3-7	أنواع نظم محاور الإحداثيات	99
4-7	طرائق رسم المجسمات والأسطح ثلاثية الأبعاد	101

الفصل الأول

تطبيقات الربط باللحام

Applications of Joints by Welding



الأهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على أن :

1. معرفة أنواع وصلات اللحام .
2. معرفة رموز اللحام .
3. كتابة الرموز ووضع العلامات الخاصة باللحام على الرسم.
4. رسم مساقط الأجسام المجمعة بوسائل اللحام.

1-1 تمهيد

درست عزيزي الطالب في المرحلة الثانية تطبيقات الربط باللحام وتعرفت على أوضاع اللحام , نماذج من اللحام , وصلات اللحام , رموز اللحام وكتابة الرموز على الرسم . وفي هذا الفصل سنحاول التركيز على موضوعين أساسيين لما لهما من أهمية كبيرة في حياة الفنيين العاملين في هذا المجال وهما :

أولا - وضع رموز اللحام على الرسوم التنفيذية .

ثانيا - وضع الأبعاد على هذه الرسوم .

مع تناول المزيد من الأمثلة والتمارين التي تثري معلوماتك في هذا المجال .

2-1 رموز اللحام Welding Symbols

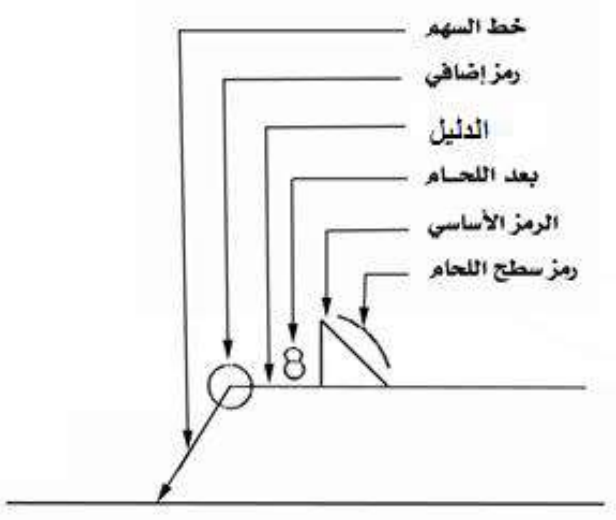
بما ان اللحام بشكله الحقيقي لا يمكن توضيحه بشكل كامل , فقد وضعت هيئة المواصفات العالمية مجموعة رموز خاصة لتمثيل اللحام على الرسم لغرض توضيح شكل درزات اللحام وطرق تنفيذها و بيانات أخرى نحتاجها في التنفيذ . وتقسم الرموز الى قسمين هما :

الرموز الأساسية – وتستعمل لتمثيل صنف اللحام المستعمل او نوعه , وهي تشبه شكل اللحام المطلوب ولا تعطي إشارة إلى طريقة اللحام .

الرموز الإضافية – وهي الرموز التي يمكن إضافتها لبيان بعض الصفات المميزة للّحام ، مثل اللّحِام حول المحيط ولحام الموقع .

3-1 وضع رموز اللحام على الرسم

توضع الرموز على الرسم بالاستعانة بخط مرجع موجه إلى مكان اللحام ويشار إليه بوساطة سهم في نهايته. إذ يشير رأس السهم إلى مكان اللحام .وأما المثلث القائم الزاوية والموضوع فوق خط المرجع فيشير إلى حالة اللحام (شكل اللحام , وهنا لحام زاوي). ويدل الرقم 8 على أبعاد مقطع اللحام . اما الدائرة فتدل على أن اللحام ينفذ حول محيط القطعة المراد لحامها . وفي نهاية المرجع يقع الذيل الذي يمكن كتابة المواصفات العامة لعملية اللحام عليه , مثل عدد الخطوط ونوع سلك اللحام ومواصفاته كما في الشكل (1- 1) .

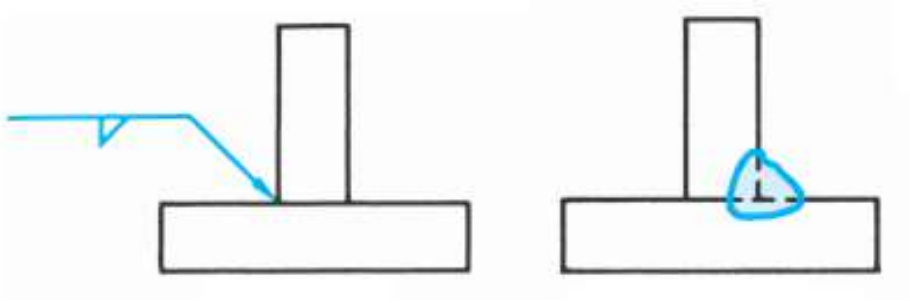


شكل 1- 1 العناصر الأساسية التي تستعمل عند وضع بيانات اللحام

4-1 موقع الرمز نسبة إلى خط المرجع

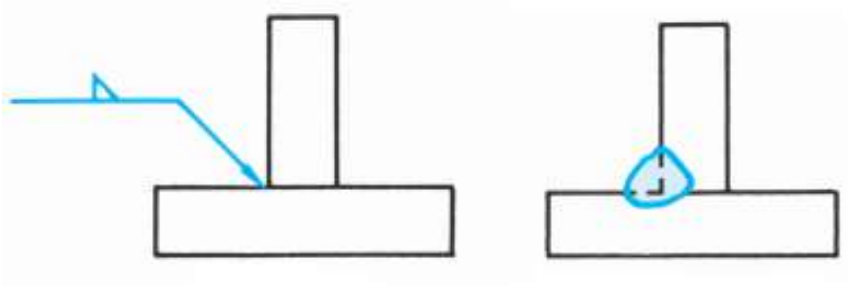
هناك قواعد أساسية نعتمدها في وضع رموز اللحام نسبة إلى خط المرجع هي :

أ- وضع الرمز تحت خط المرجع : إذا وضع الرمز تحت خط المرجع فان ذلك يدل على ان اللحام في الجانب الآخر (لحام مخفي) ,كما في شكل (1- 2).



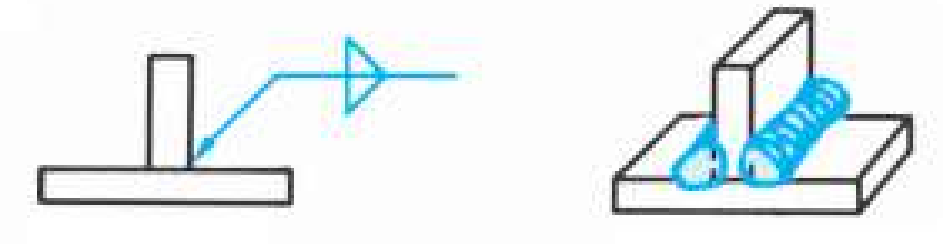
شكل 1- 2 الرمز تحت خط المرجع

ب – وضع الرمز فوق خط المرجع : إنَّ وضع الرمز فوق خط المرجع يعني أنَّ اللحام قد تم تنفيذه في جانب السهم كما في شكل (1- 3).



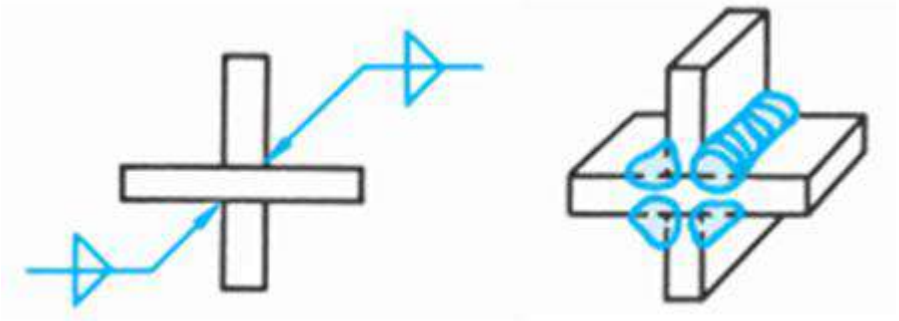
شكل 1- 3 الرمز فوق خط المرجع

جـ - وضع الرمز فوق خط المرجع وتحته (عبر خط المرجع) : فإن ذلك يدل على أن اللحام ينفذ في كلا الجانبين كما في شكل (1- 4).



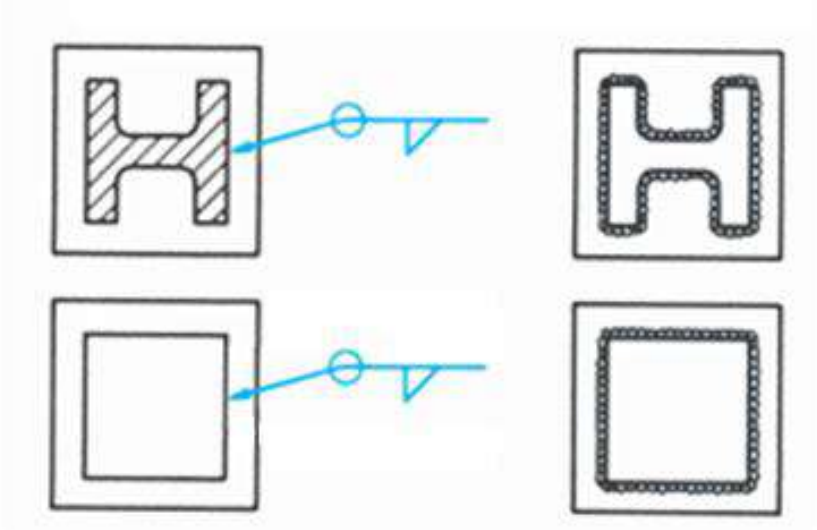
شكل 1- 4 اللحام من الجهتين

د - وضع الرمز فوق خط المرجع وتحته من جهتين متعاكستين : فإن ذلك يدل على أن اللحام من سيتم من الجهات الأربع كما في شكل (1- 5).



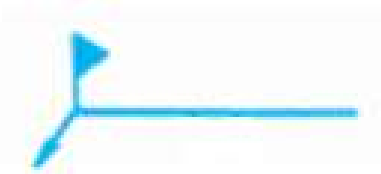
شكل 1- 5 اللحام من الجهات الأربع

هـ – وضع الدائرة الصغيرة : هو من الرموز الإضافية, فعندما يتطلب تنفيذ اللحام حول المحيط الكامل للجسم يستعمل بشكل دائرة توضع عند التقاء خط السهم مع خط المرجع ، أما المثلث القائم فيعني أن الدرزة زاوية كما في شكل (1- 6).



شكل 1- 6 اللحام حول المحيط

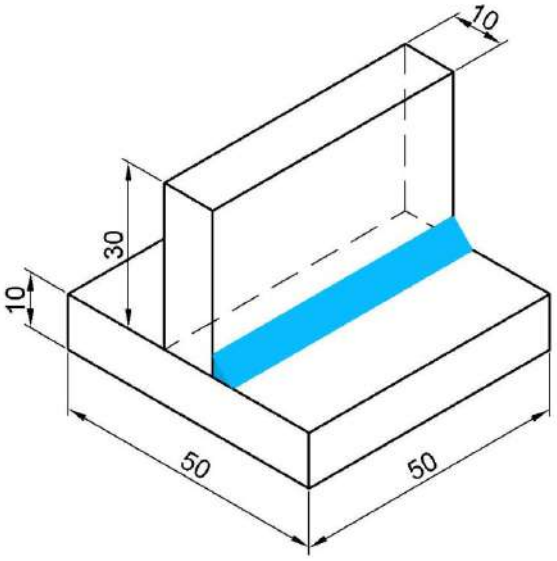
و - وضع العلم الصغير: يميز اللحام الذي يجب تنفيذه في موقع المشروع عن اللحام الذي يتم في الورشة بوضع علم صغير كما مبين . يكون اتجاه العلم نحو ذيل خط المرجع ، كما في الشكل (1- 7).



شكل 1- 7 رمز اللحام الذي ينفذ في موقع المشروع

5-1 أمثلة

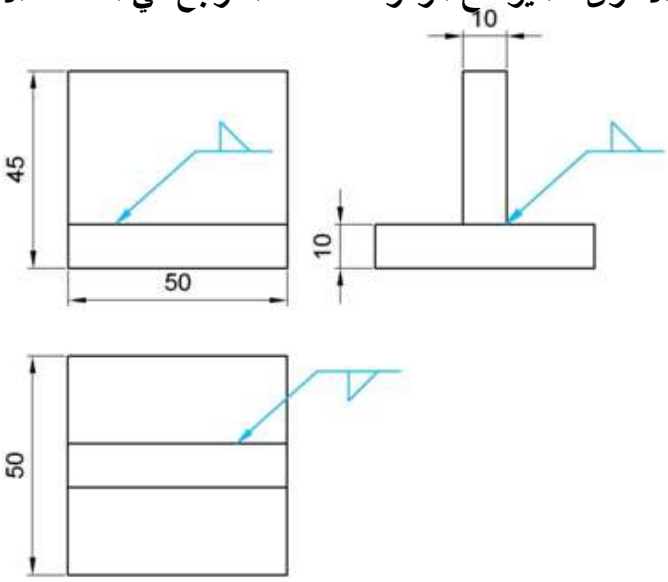
مثال 1: الشكل (1-8) يوضح وصلة لحام, المطلوب رسم المساقط الثلاثة لها ووضع رموز اللحام عليها.



شكل 1-8 وصلة لحام

طريقة الرسم :
نرسم المساقط الثلاثة.

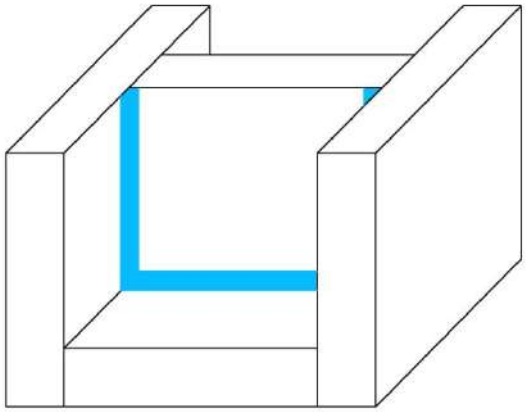
بما أن خط اللحام هو باتجاه السهم سيكون الرمز فوق خط المرجع في المساقط الثلاثة . ولان خط اللحام قد تم تنفيذه في الناحية الأخرى لذا يوضع الرمز تحت خط المرجع في المسقط الأفقي كما في الشكل (1-9) .



الشكل 1-9 رموز اللحام على المساقط الثلاثة

مثال 2 : الشكل (1-10) يوضح المنظور الهندسي لوصلة ملحومة , المطلوب :

1. **رسم المسقط الأمامي**
2. **وضع رمز اللحام .**

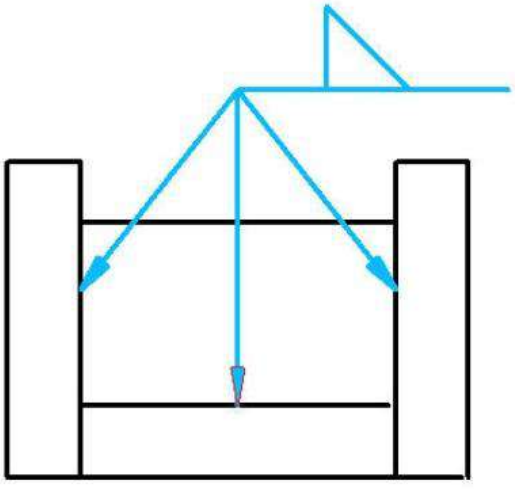


شكل 1-10 المنظور الهندسي لوصلة ملحومة

طريقة الرسم :

نرسم المسقط الأمامي .

بما أن خط اللحام هو باتجاه السهم وعلى الأضلاع الثلاثة المبينة بالشكل سيكون الرمز فوق خط المرجع الذي ترتبط به ثلاثة أسهم تشير إلى خطوط اللحام كما في الشكل (1-11) .

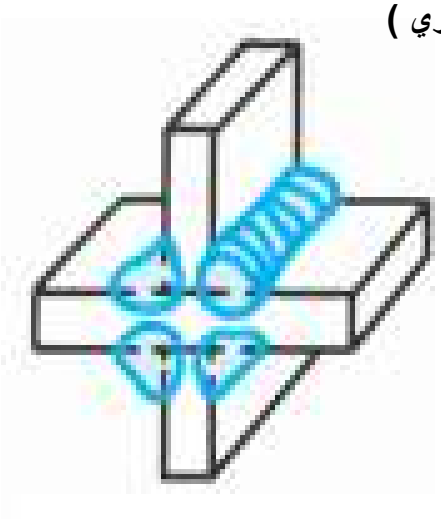


شكل 1-11 المسقط الأمامي للوصلة

مثال 3 : الشكل (1-12) يوضح المنظور الهندسي لوصلة ملحومة , المطلوب :

1. **رسم المسقط الأمامي.**
2. **وضع رمز اللحام .**

(تؤخذ القياسات بشكل اختياري)

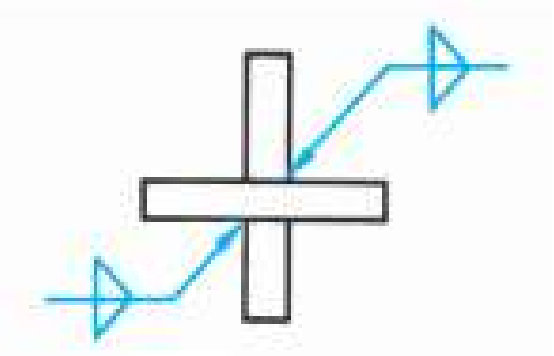


شكل 1-12 المنظور الهندسي لوصلة ملحومة

طريقة الرسم :

نرسم المسقط الأمامي .

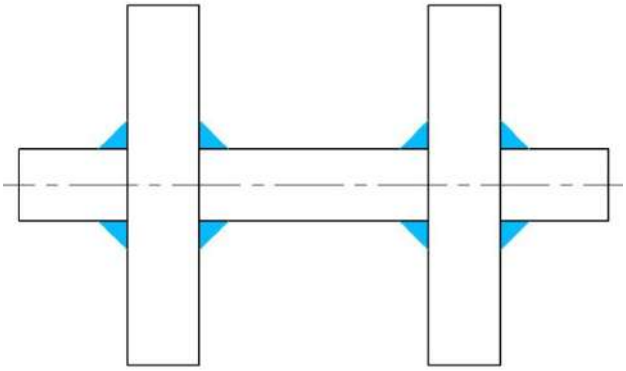
بما أن خط اللحام هو باتجاه السهم من جهة وعكس السهم من الجهة الثانية فان الرمز سيوضع فوق وتحت خط المرجع , وبما أن اللحام تم تنفيذه من فوق وتحت فإننا نشير بسهم ثان يوضع الرمز عليه فوق وتحت خط المرجع كما في الشكل (1-13) .



شكل 1-13 المسقط الأمامي للوصلة

مثال 4 : الشكل (1-14) يبين المسقط الأمامي لوصلة لحام ملحومة من أربع جهات , المطلوب :

1. **رسم المسقط الأمامي .**
2. **وضع رموز اللحام .**

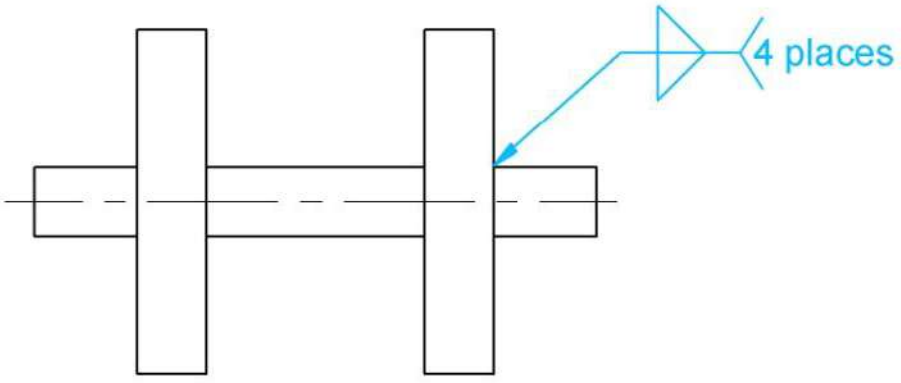


شكل 1-14المسقط الأمامي لوصلة لحام

طريقة الرسم :

نرسم المسقط الأمامي

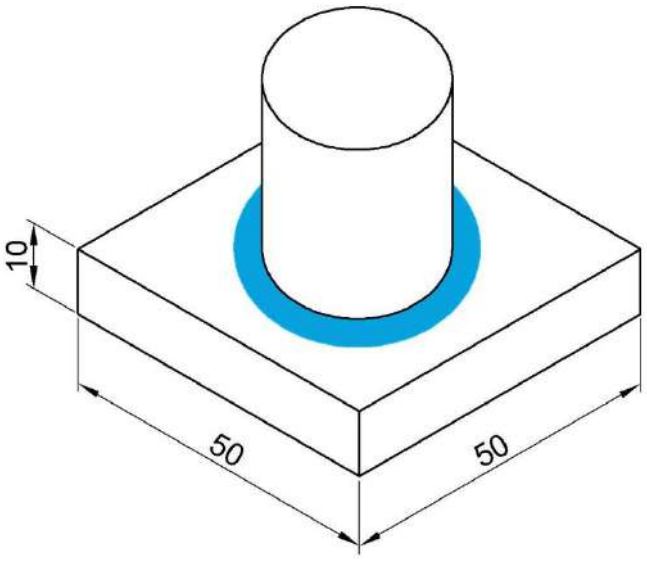
نرسم خط المرجع وعليه رمز اللحام فوق الخط وتحته ، ثم عند نهاية خط المرجع نشير بعبارة (أربعة مكانات) كما في الشكل (1-15).



شكل 1- 15 رمز اللحام على المسقط الأمامي

مثال 5 :الشكل (1-16) يبين وصلة لحام دائري لأسطوانة مع قاعدة , المطلوب :

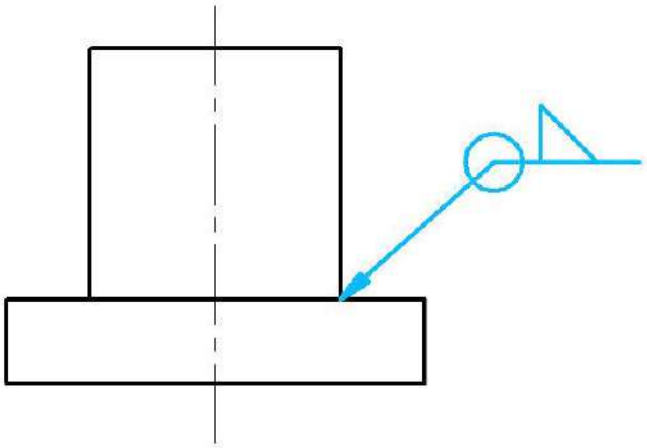
رسم المسقط الأمامي للوصلة مع وضع الرموز عليه .



الشكل (1-16) وصلة لحام

طريقة الرسم :

نرسم المسقط الأمامي ونضع عليه الرمز كما في الشكل (1-17).



الشكل 1-17 المسقط الأمامي للوصلة

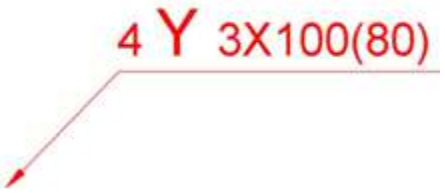
6-1 وضع الأبعاد على مقطع اللحام

إن أهم الأبعاد التي توضع على رموز اللحام هي :-

- أبعاد مقطع اللحام.

- أبعاد طول اللحام

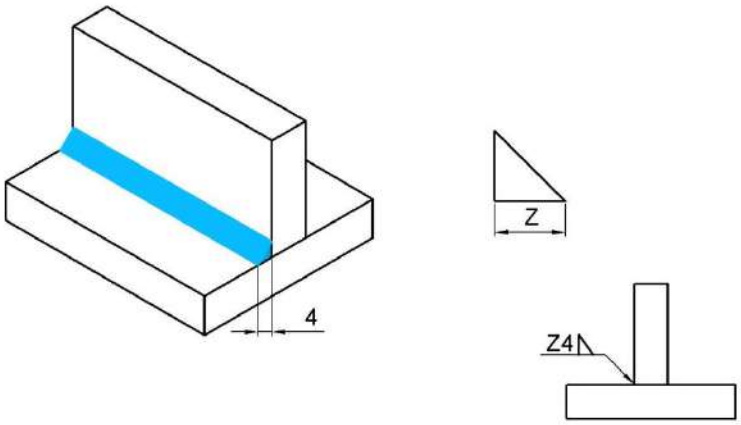
توضع الأبعاد التي تخص مقطع اللحام في الطرف الأيسر من الرمز الذي هو (Y) و البعد هنا هو (الرقم 4) ,أما الأبعاد التي تخص طول اللحام (3X100) فتوضع في الطرف الأيمن من الرمز أما إذا كان اللحام متقطعا فتوضع الأبعاد التي تبين المسافة بين عناصر اللحام بين قوسين (80) ما في الشكل (1-18).



شكل 1-18 طريقة وضع الأبعاد على مقطع اللحام

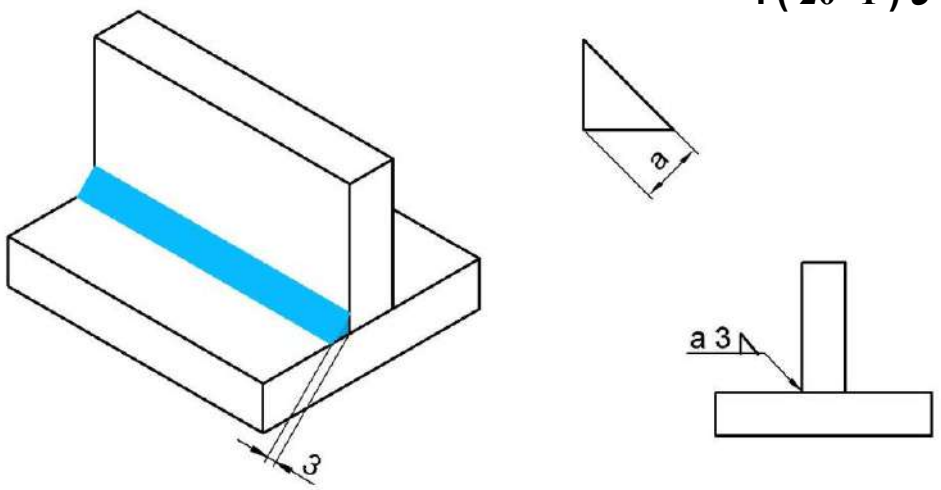
1-6-5 أبعاد اللحام المثلث : توجد طريقتان لوضع أبعاد مقطع اللحام المثلث :

أ- طريقة وضع طول ضلع المثلث : إذا كان البعد يمثل طول ضلع المثلث يوضع الحرف (z) ثم توضع قيمة البعد . كما في شكل (1- 19) .



شكل 1- 19 طريقة وضع طول ضلع المثلث

ب - طريقة وضع ارتفاع المثلث : إذا كان البعد يمثل ارتفاع المثلث , يوضع الحرف (a) ثم توضع قيمة البعد كما في الشكل (1- 20) .



شكل 1- 20 طريقة وضع ارتفاع المثلث

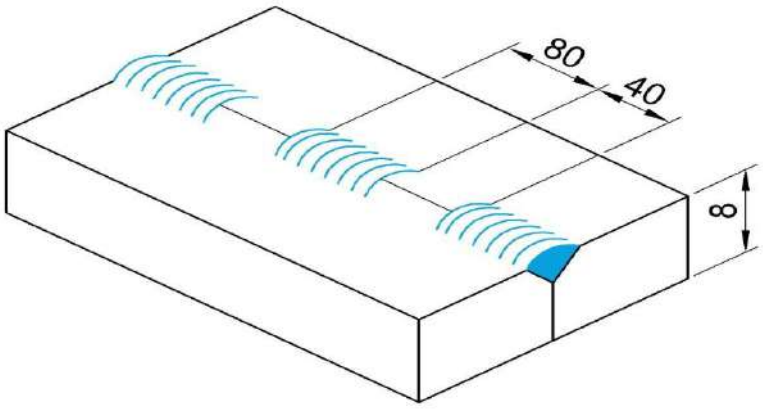
ملاحظة

العلاقة بين z و a :

$$Z = a\sqrt[2]{2}$$

مثال 1: الشكل (1-21) يبين وصلة لحام حرف (V) مع جذر متقطع في جانب السهم ، سمك اللحام (S)= 4 mm ، عدد عناصر اللحام 3 =(n) ، طول عنصر اللحام 80 mm = (I) ، المسافة بين عناصر اللحام 40 mm = (c), المطلوب :

تمثيل الوصلة بالرموز .



الشكل 1-21 وصلة لحام حرف (V) مع جذر

الحل : الشكل (1-22) يوضح الرموز الآتية :

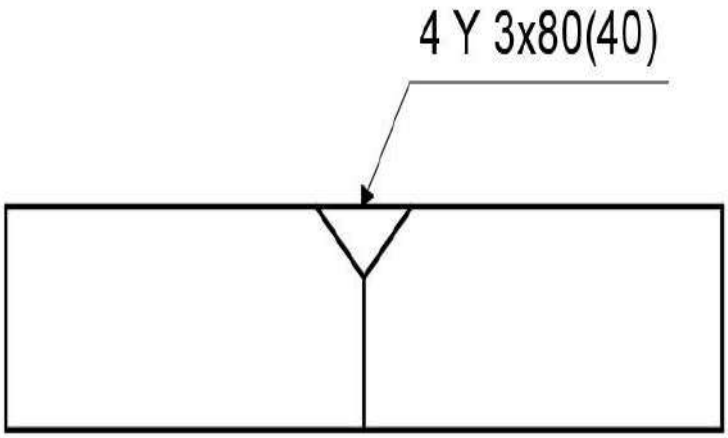
4 **- يعني قياس مقطع اللحام (4 mm) .**

Y **- لحام حرف v مع جذر .**

3 **- تعني عدد عناصر اللحام 3 .**

80 **- تعني طول عنصر لحام مقداره 80 mm .**

(40) **. تعني المسافة بين عناصر اللحام**

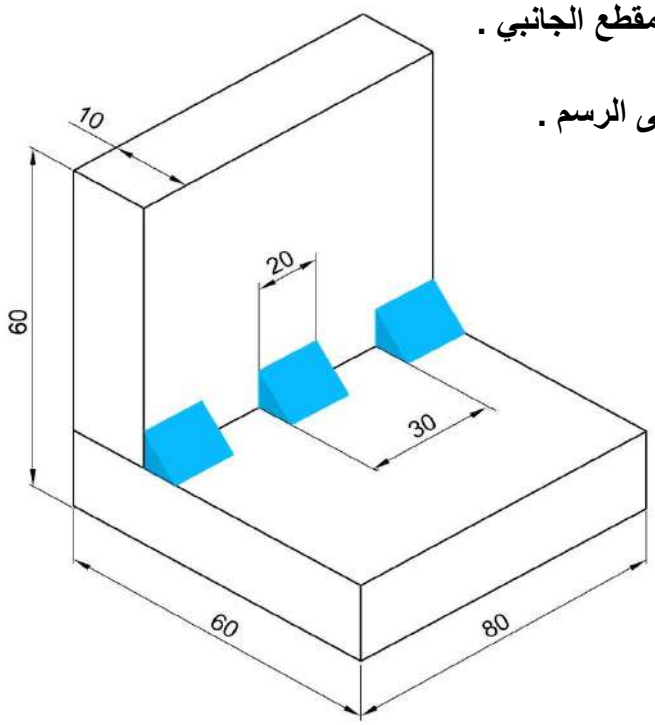


الشكل 1- 22 تمثيل الوصلة بالرموز

مثال 2: الشكل (1-23) يوضح وصلة لحام زاوية متقطع علما أن سمك مقطع اللحام 4 mm .المطلوب.

1- رسم المسقط الأمامي والمقطع الجانبي .

2- وضع الرموز والأبعاد على الرسم .

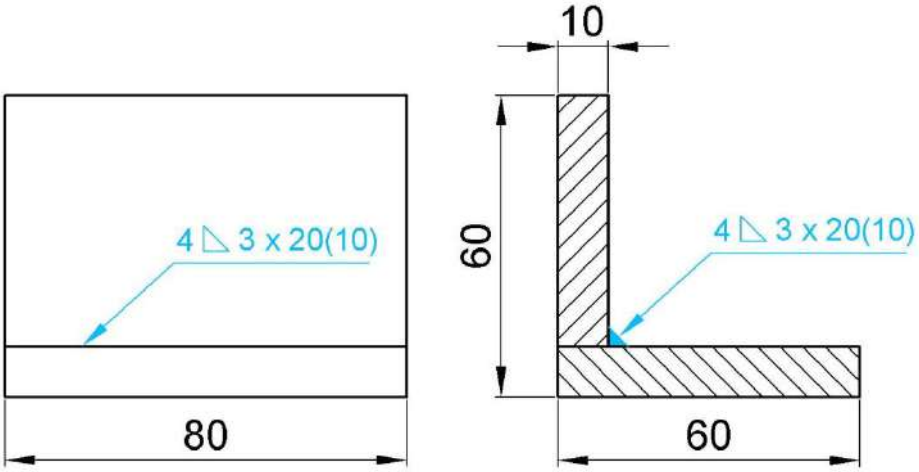


شكل 1-23 وصلة لحام زاوية متقطع

طريقة الرسم :

نرسم المسقط الأمامي والمقطع الجانبي .

نضع رموز اللحام كما في الشكل (1-24) .

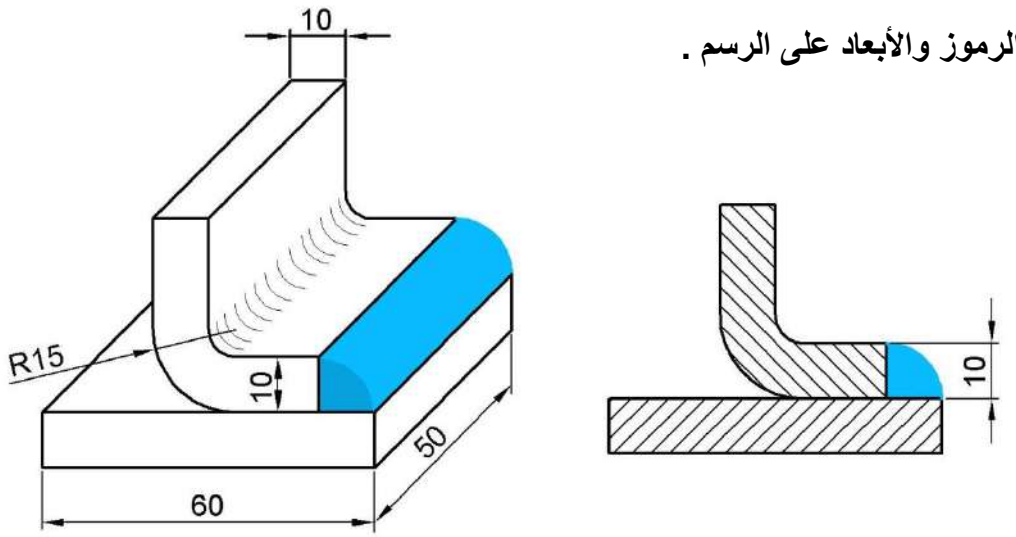


الشكل 1-24 وضع رموز اللحام

مثال 3: الشكل (1-25) يوضح وصلة لحام تراكبي , سمك مقطع اللحام 10 mm ,المطلوب:

1- رسم المسقطين الأمامي والجانبي

2- وضع الرموز والأبعاد على الرسم .

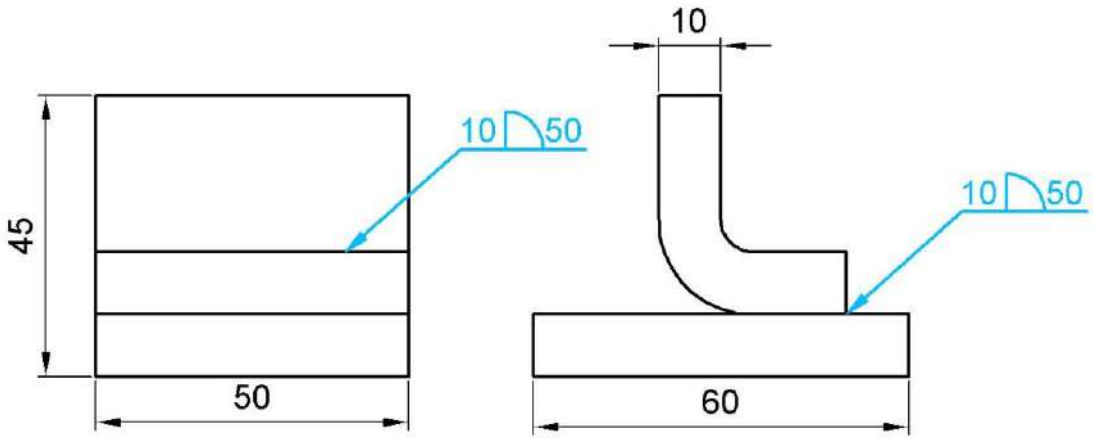


الشكل 1-25 يوضح وصلة لحام تراكبي

طريقة الرسم :

نرسم المسقط الأمامي والمقطع الجانبي .

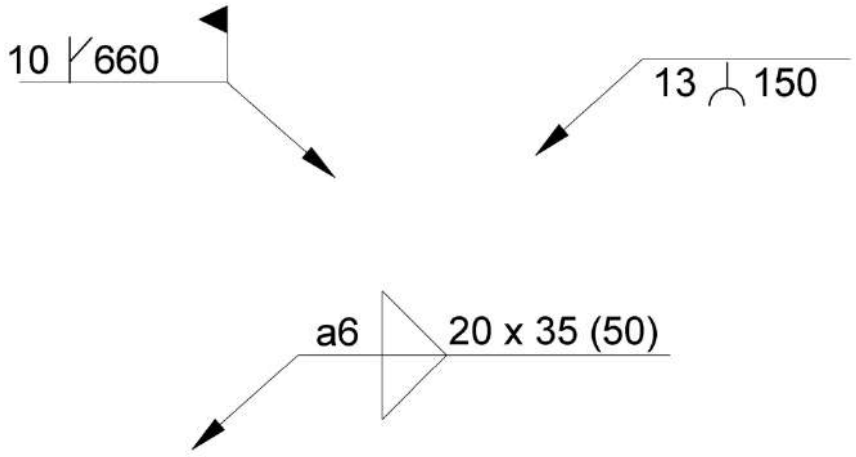
نضع رموز اللحام كما في الشكل (1-26) .



الشكل 1-26 وصلة لحام تراكبي

7-1 تمارين

تمرين 1 : الشكل (1- 27) يبيِّن بعض رموز اللحام , المطلوب تفسيرها .

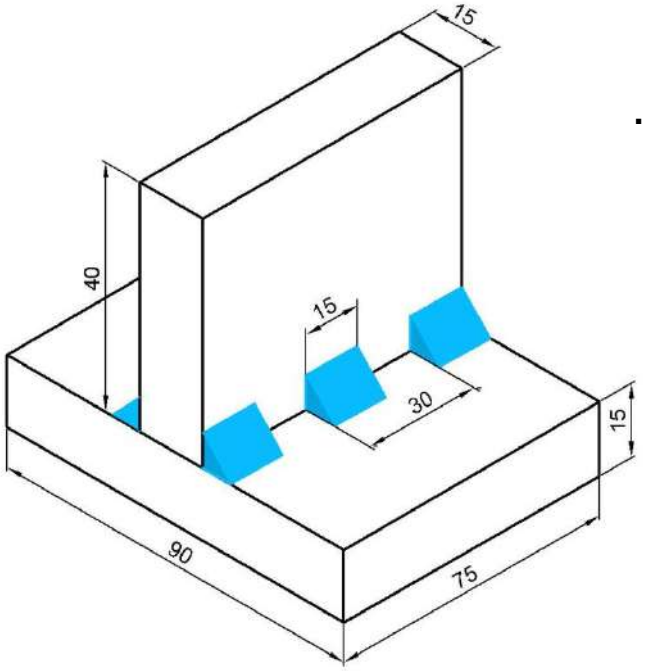


شكل 1-27 رموز لحام

تمرين 2 : الشكل (1- 28) يبين وصلة لحام زاوية متقطع من الجهتين علما أن سمك مقطع اللحام 6 mm , المطلوب :

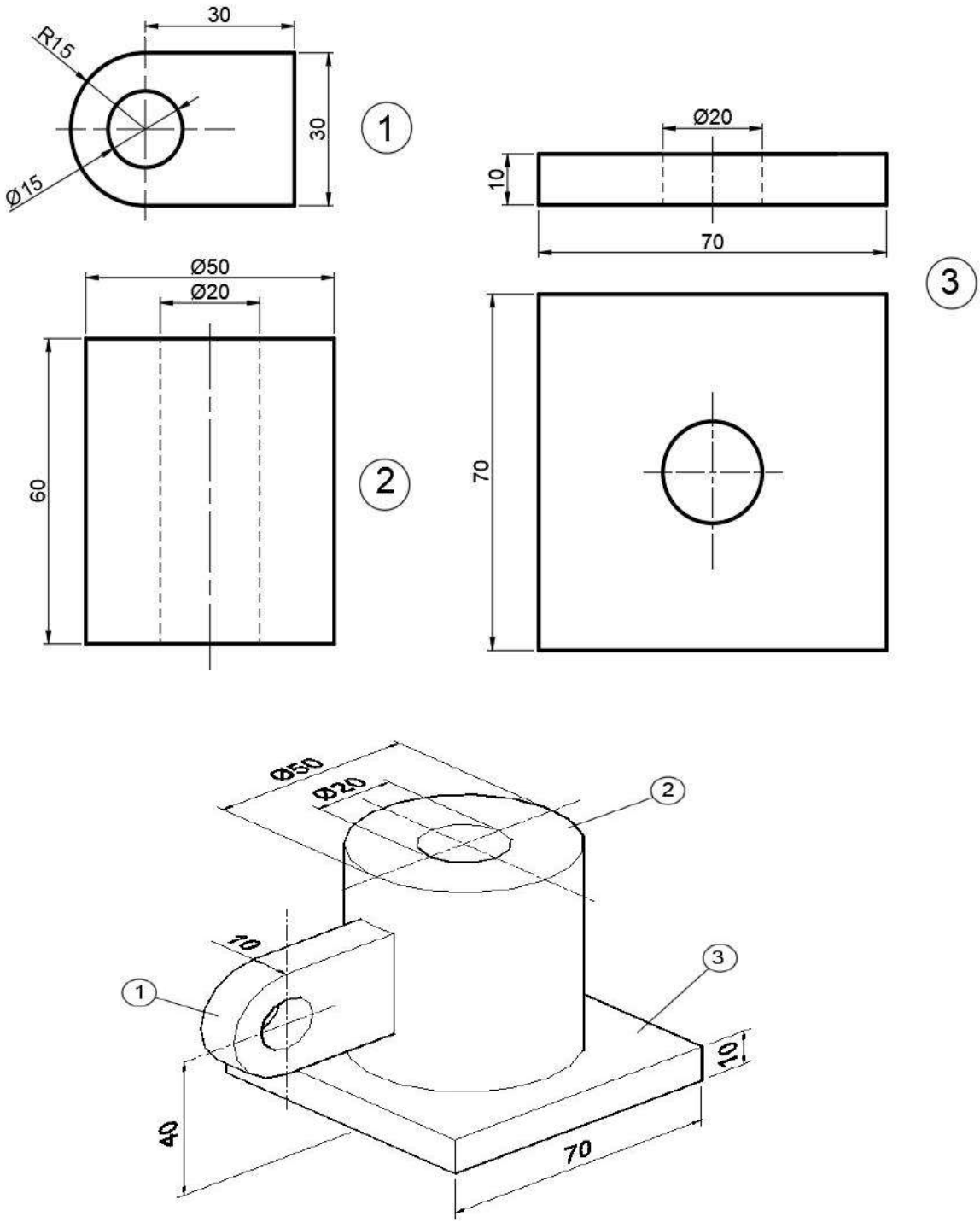
1- رسم المسقط الأمامي والمسقط الأفقي .

2- وضع الرموز والأبعاد على الرسم .



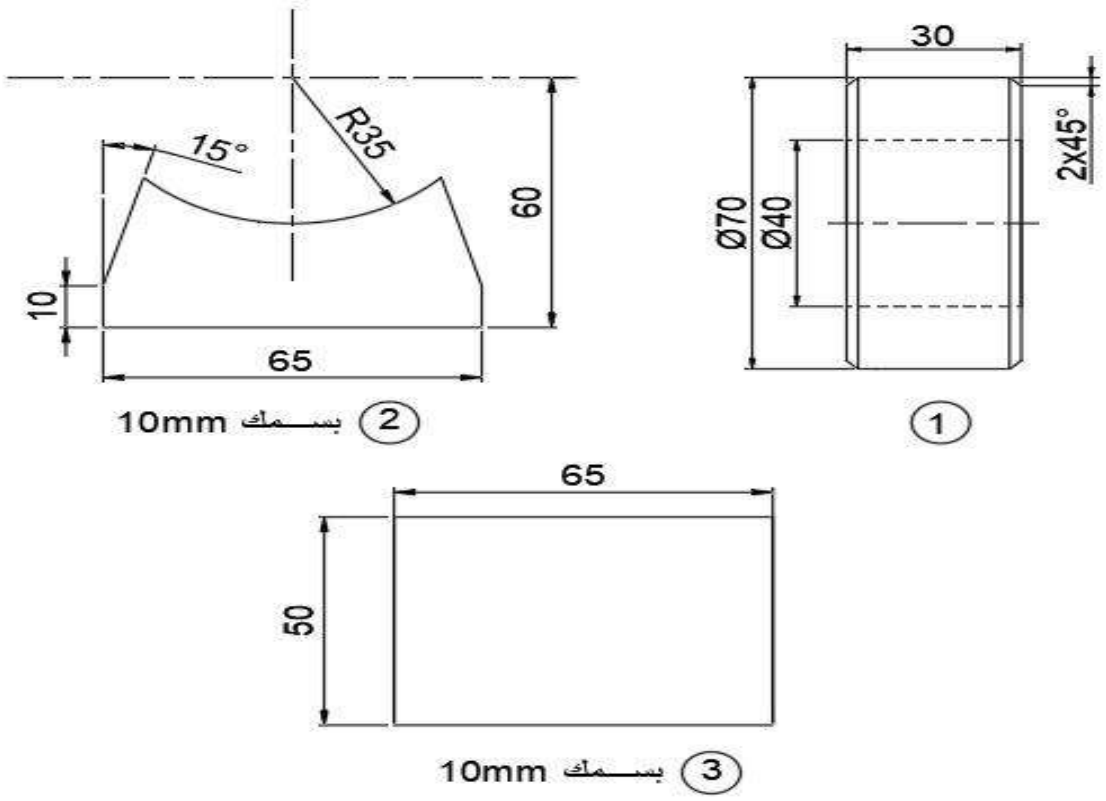
شكل 1-28 وصلة لحام متقطع

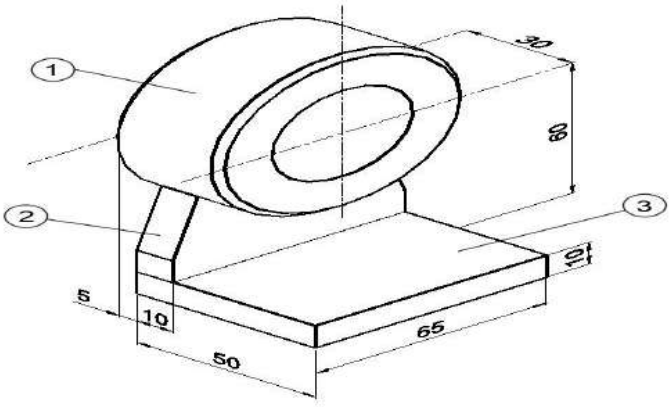
تمرين 3 : الشكل (1-29) يبين أجزاء وصلة مكونة من ثلاث قطع ربطت باللحام بشكل مثلث بسمك (4mm) ، المطلوب رسم المساقط الثلاثة بعد الربط ووضع رموز اللحام على الرسم .



شكل 1-29 وصلة لحام

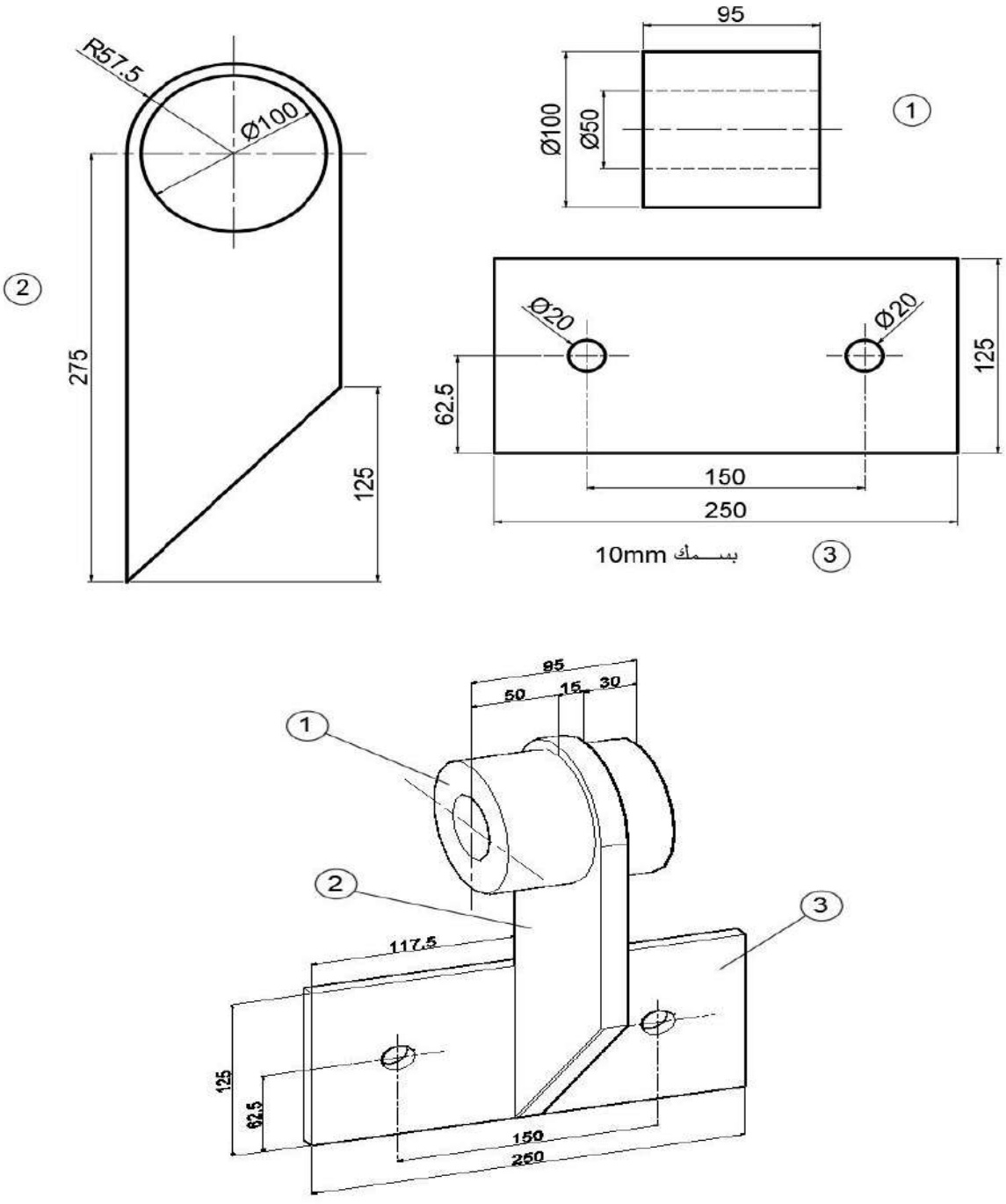
تمـــرين 4 : الشـــكل (1-30) يبـــين أجـــزاء حامـــل محـــور ربطـــت بواســـطة اللحـــام حســـب المنظـــور المبـــين بســـمك لحـــام 4mm مثلـــث ، المطلـــوب رســـم المســـقط الأمـــامي والمقطـــع الجانبي بعد الربط كما موضح في المنظور ووضع رموز اللحام على الرسم .





شكل 1-30

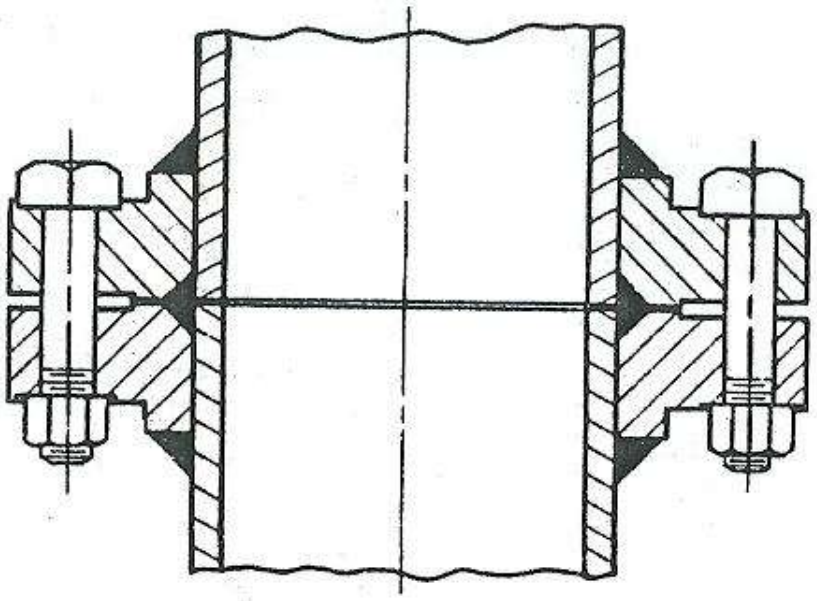
تمرين 5: الشكل (1-31) يبين أجزاء حامل محور ربطت بواسطة اللحام بسمك 4mm مثلث كما موضح في المنظور ، المطلوب رسم المسقطين الأمامي والجانبي بمقياس رسم (2:1) مع وضع رموز اللحام على الرسم .



شكل 1-31

الفصل الثاني

ربط الأنابيب Pipes Joint



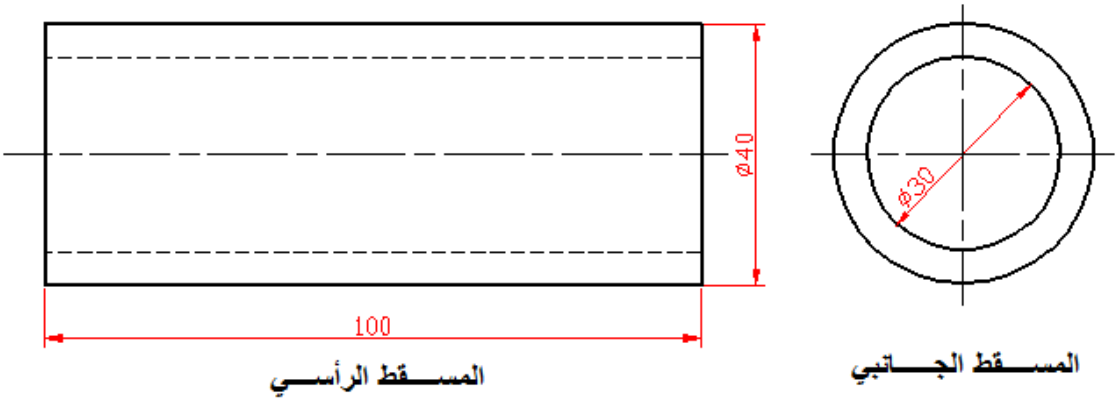
الأهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على أن :

1. **يرسم الأنابيب والتوصيلات ويربطها باللحام باستخدام الرموز المتفق عليها دولياً (ISO).**
2. **يرسم الأنابيب وحافاتها الناتئة (الفلنجات).**
3. **يرسم شبكات الأنابيب باللولبة (التسنين).**
4. **يرسم مفاصل الأنابيب بالتوافق التداخلي واللحام.**
5. **يرسم المساند (Webs) المستخدمة لتقوية لحام الأنابيب.**
6. **يرسم الأنابيب ذات المقاطع المربعة والمستطيلة.**
7. **يمثل الانابيب المقطوعة بالرسم.**

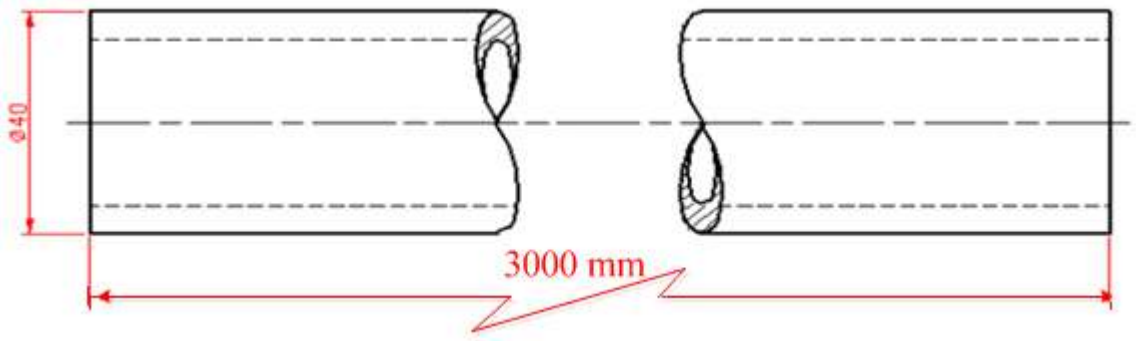
1-2 ربط الأنابيب باللحام Pipes Joint by Welding

تستعمل الأنابيب بكثرة في الشبكات والمنظومات المختلفة، لنقل (الغازات والسوائل) وخزنها ومرورها ، وموضوع البحث في هذا الفصل هو الأنابيب القابلة للحام. لرسم الأنبوب القياسي نحتاج إلى القياسات الموضحة في الشكل (2-1).



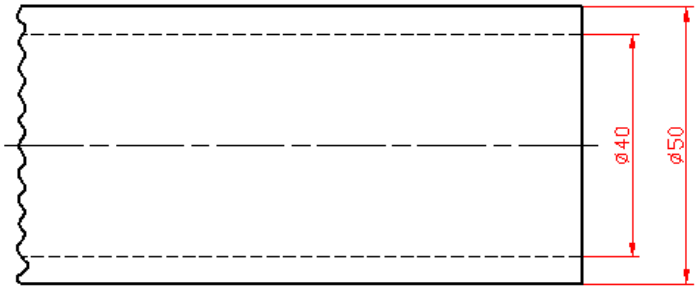
شكل 2-1 المسقطان الرأسي والجانبي لأنبوب

تصنع الأنابيب بأطوال عادةً ما تكون طويلة نسبياً وقياسية، مثلاً (3، 6، 9، 12) متر، ولغرض التنسيق في لوحات الرسم ضمن مقاييس الرسم المناسبة يتم تقصير الأنابيب بسبب الفرق الكبير بين قياس أطوال الأنابيب وأقطارها، فضلاً على استخدام لوحات رسم صغيرة غالباً في الوقت الحاضر، وكما هو موضح في الشكل (2-2).



شكل 2-2 يوضح أنبوباً مقصّراً

ويتم أحيانا تقصير الأنبوب بخط متعرج يدوي Free Hand ويكون ذلك دائماً للأنابيب الصغيرة نسبياً، والشكل (2-3) يوضح طريقة التقصير تلك.



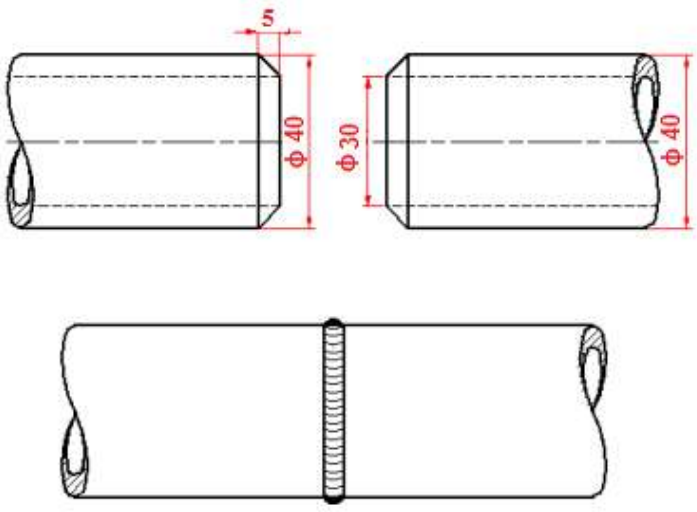
شكل 2-3 أنبوب مقصّر بخط متعرج

2-2 مفاصل لحام الأنابيب Welding Pipes Joints

يتم لحام الأنابيب بحسب متطلبات العمل والمخطط التنفيذي لها، ومن الأنواع شائعة الاستخدام في مفاصل لحام الأنابيب:

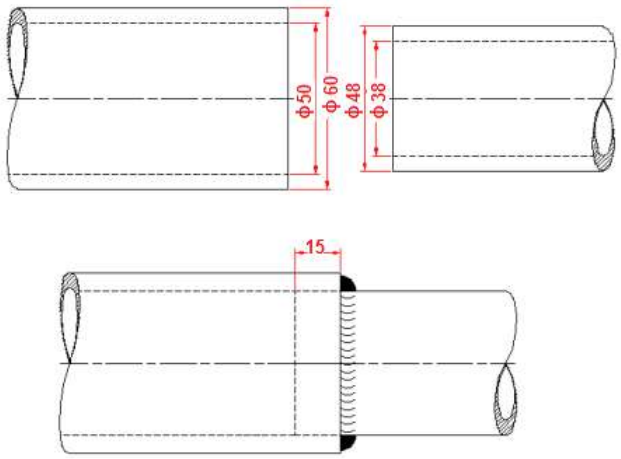
1. مفصل لحام الأنابيب العدل ويكون بزاوية 180°

أ- المفصل المتقابل But Joint، ويتم اللحام بتقابل حافتي الأنبوبين ووضع فراغاً مناسباً بينهما تبعاً لسمك الأنبوبين، كما موضح في الشكل (2-4).



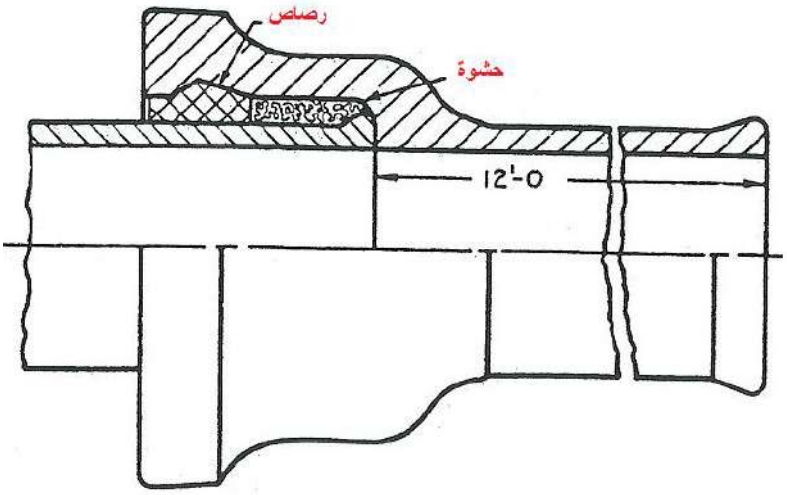
شكل 2-4 مفصل اللحام المتقابل قبل اللحام وبعده

ب- المفصل المتداخل Interference Joint ويتم بدخول أحد الأنبوبين مسافة مناسبة في الأنبوب الآخر ويكون خط اللحام من الخارج ودائري وعلى محيط الأنبوب، والشكل (2-5) يوضح لحام أنبوبين متداخلين. وفي حالة استخدام لحام المونة أو القصدرة Brazing or Soldering فسيتم دخول منصهر معدن الإضافة (معدن اللحام) بين منطقة التداخل وذلك بفعل الخاصية الشعرية.



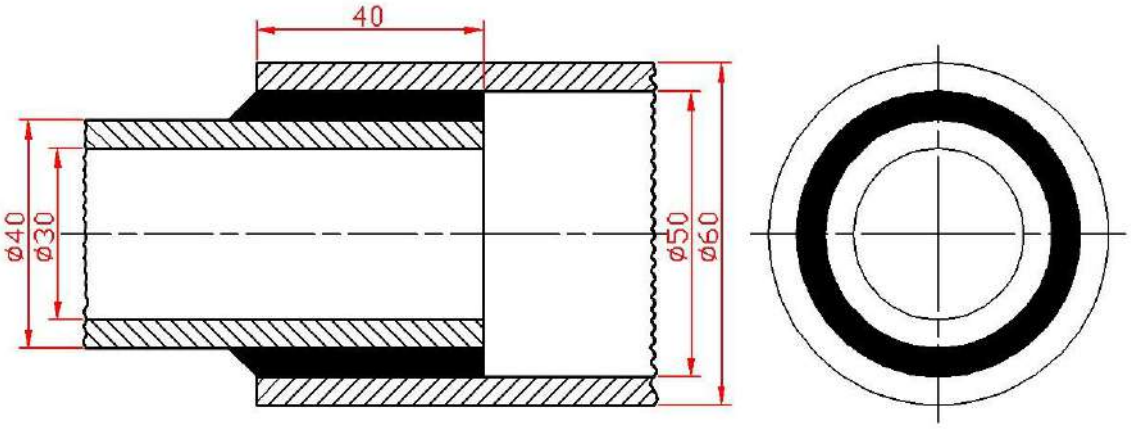
شكل 2-5 مفصل لحام أنبوبين متداخلين قبل اللحام وبعده

ت- مفصل لحام الجرس والحشوة Bell and Spigot Joint ويتم بتداخل الأنبوبين مع بعضهما لمسافة مناسبة، وتكون إحدى نهايتي أحد هذين الأنبوبين بشكل جرس (قطر متوسع) لترك فراغ (فجوة) بين الأنبوبين لدخول مادة اللحام بين الأنبوبين أو استخدام حشوة لدائنية، كما في الشكل (2-6).



شكل 2-6 مفصل لحام الجرس والحشوة

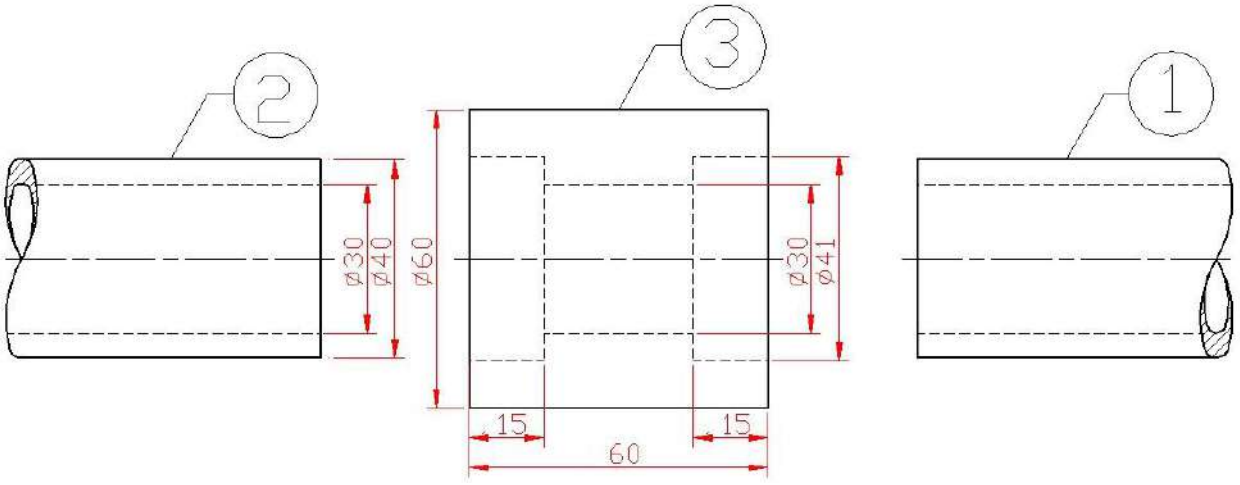
مثال 1: الشكل (2-7) يمثل أنبوبين متداخلين تم لحامهما بطريقة الجرس والحشوة، لاحظ منطقة اللحام في المقطع الرأسي والمسقط الجانبي.



شكل 2-7 مقطع رأسي ومسقط جانبي لمفصل لحام الجرس والحشوة

تمرين 1:

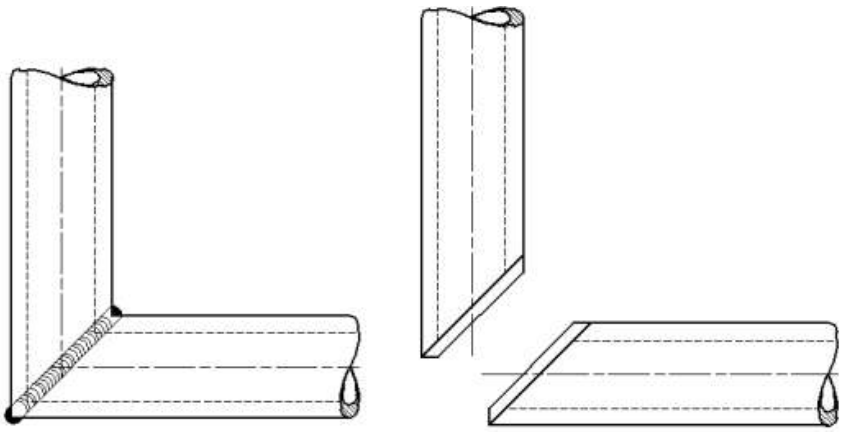
الجزء رقم 1 و 2 في الشكل (2-8) يمثل أنبوبين من حديد الزهر (الآهين)، يتطلب لحامهما مع الجزء رقم 3 (توصيلة)، ارسم بمقياس رسم مناسب المقطع الرأسي بعد التجميع باللحام، علماً أن اللحام دائري وسمك جدار الأنبوبين يساوي (5 mm)، اختر سمك اللحام المناسب.



شكل 2-8

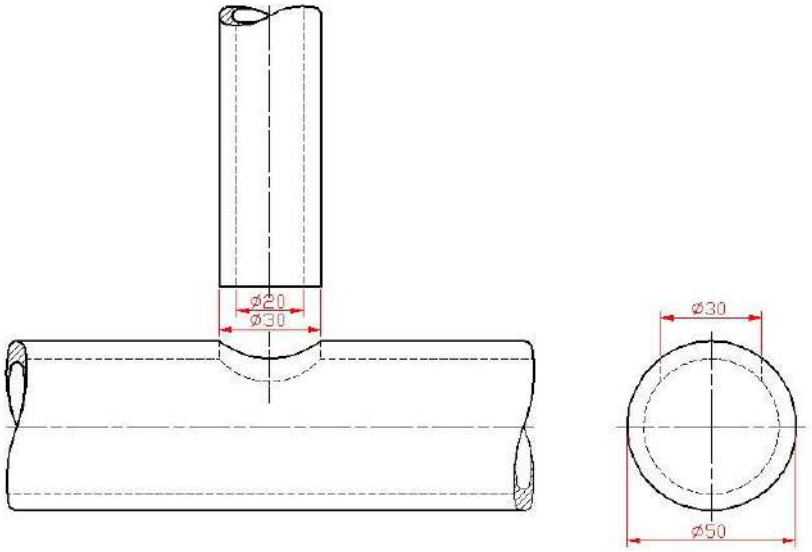
2. مفصل لحام الأنابيب بزاوية قائمة (90°) في الحافات

يستعمل هذا النوع من المفاصل للأنابيب متساوية الأقطار، إذ يتم قطع حافات الأنابيب بزاوية 45° , ويفضل أن تشطف الحافات بزاوية، كما في الشكل رقم (2-9).



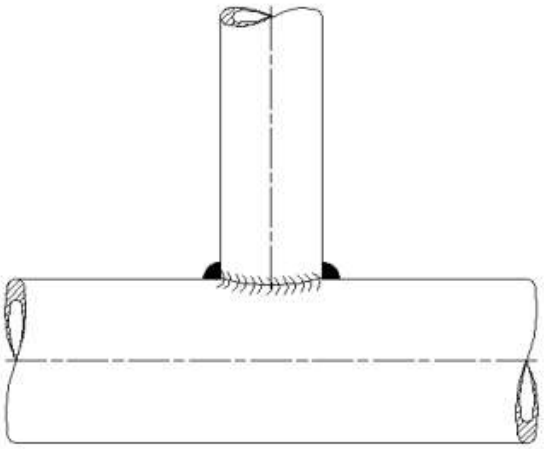
شكل 2-9 مفصل لحام الأنابيب بزاوية 90° في الحافات

بالإمكان عمل مفصل لحام بزاوية قائمة 90° مع اختلاف أقطار الأنابيب وقد تكون نسبة الاختلاف مرتين أو أكثر، وذلك بثقب الأنبوب ذو القطر الكبير بمقدار القطر الخارجي للأنبوب الصغير، كما في الشكل (2-10).



شكل 2-10 يمثل أنبوبين مطلوب لحامهما بزاوية 90°

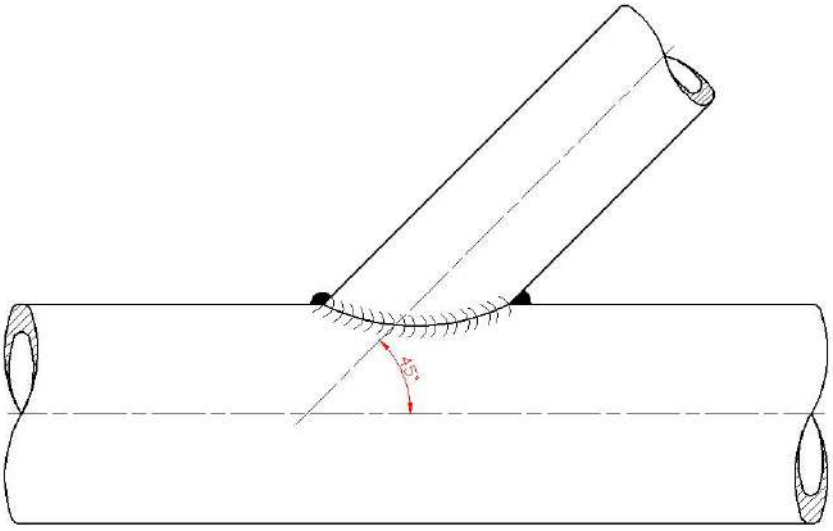
والشكل (2-11) يمثل المسقط الرأسي للأنبوبين بعد اللحام.



شكل 2-11 المسقط الرأسي للأنبوبين بعد اللحام

3. مفصل لحام الأنابيب بزاوية ميلان محددة (ϕ)

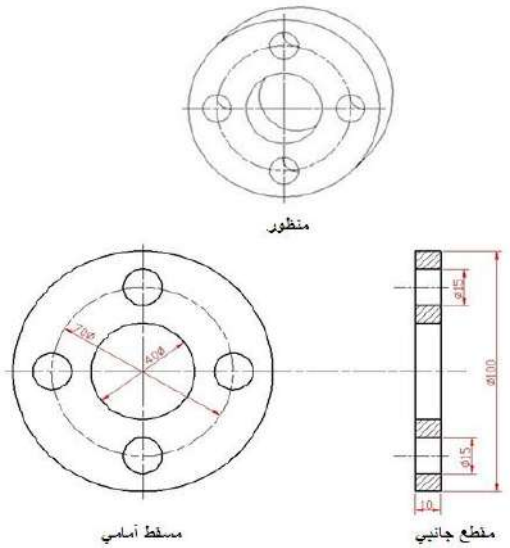
يستعمل هذا النوع من اللحام عند ميلان أحد الأنبوبين على الآخر بزاوية أقل من 90° ويكون اللحام إما من حافات الأنابيب (النهايات) أو من منطقة أخرى على المحيط، والشكل (2-12) يوضح لحام أنبوبين يميل أحدهما على الآخر بزاوية (ϕ) مقدارها 45°.



شكل 2-12 لحام أنبوبين بزاوية ميل 45°

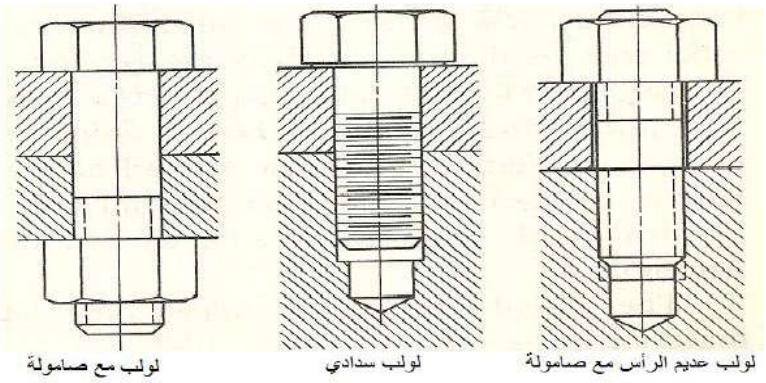
3-2 ربط الأنابيب باستخدام الحافات الناتئة (الفلنجات) Flanged Joints

تستعمل الحافات الناتئة (الفلنجات) Flanges لتثبيت الأنابيب في المنظومات المختلفة وحملها فضلاً عن فائدتها في مدَ الأنابيب في الاتجاهات المختلفة ولمسافات طويلة وبزوايا مختلفة. للحافات الناتئة فائدة عملية عند إجراء الصيانة وذلك لسهولة الفتح والشد واللحام، تساعد الحافات الناتئة في تقوية حافات الأنابيب وحمايتها من التهشم والاعوجاج ، الشكل (2-13) يبين حافة ناتئة تحتوي على أربعة ثقوب.



شكل 2-13 فلنجة تحتوي على أربعة ثقوب

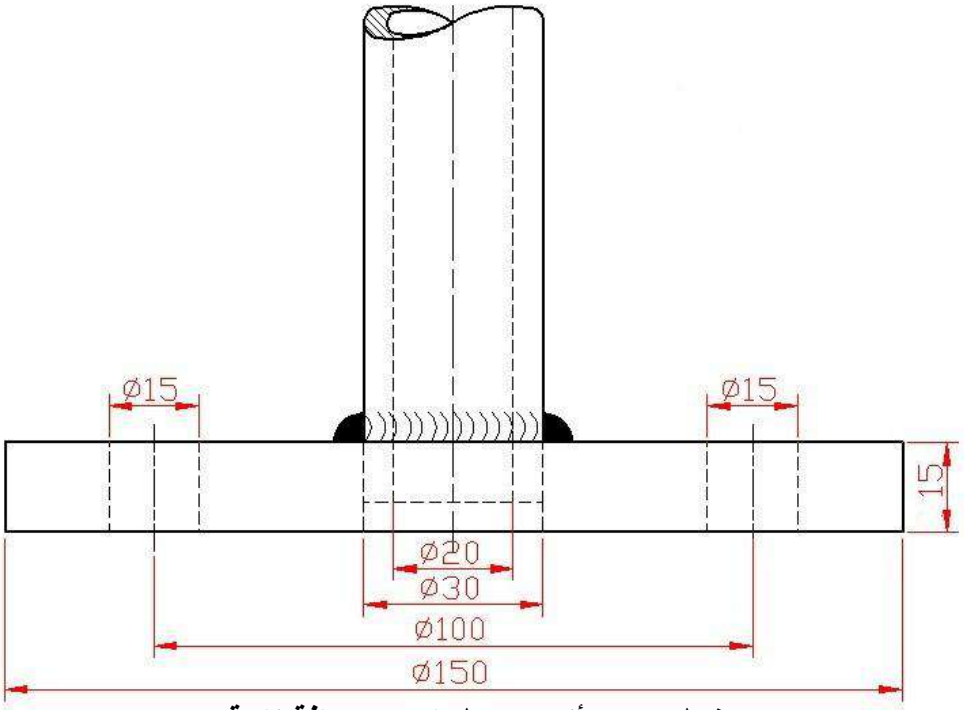
يتم استعمال اللوالب (البراغي والصامولات) في ربط الحافات الناتئة المختلفة وتثبيتها وكذلك ربطها مع التوصيلات Fittings، بصورة عامة تكون اللوالب على ثلاثة أشكال وكما هو مبين في الشكل (2-14).



شكل 2-14 يوضح أنواع اللوالب والصامولات (البراغي)

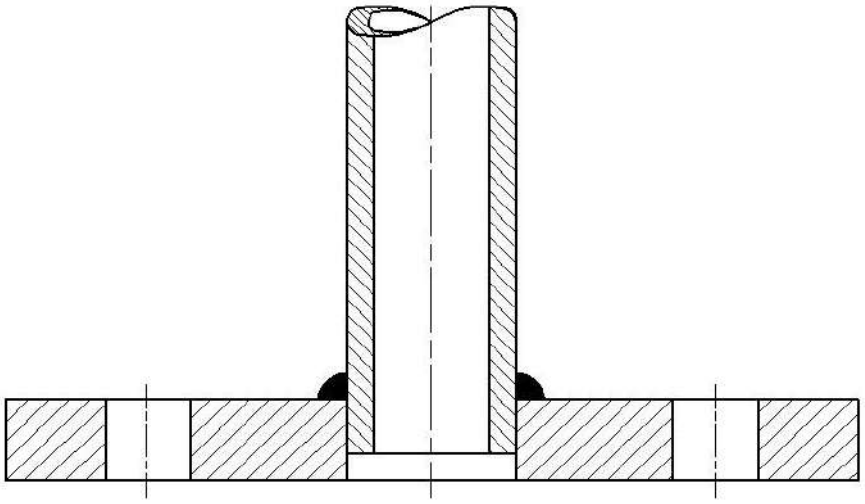
4-2 لحام الأنابيب مع الحافات الناتئة

يتم اختيار نوع اللحام المناسب لربط الحافات الناتئة مع الأنابيب ويحدد سمك اللحام ونوعه ، بصورة عامة يتم إدخال الأنبوب في الحافة الناتئة مسافة أقل من مقدار سمكها، و كما هو موضح في الشكل (15-2).



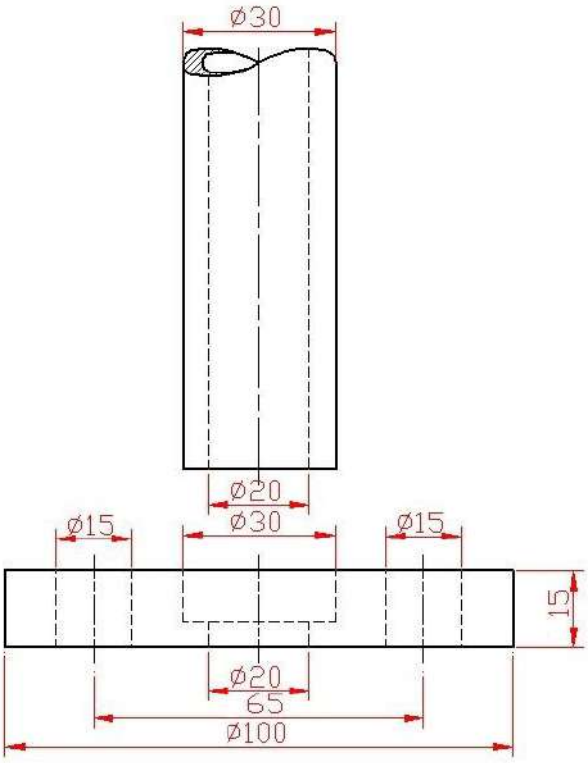
شكل 2-15 أنبوب تم لحامه مع حافة ناتئة

و الشكل (2-16) يمثل مقطعاً رأسياً لأنبوب مربوط مع فلنجة.



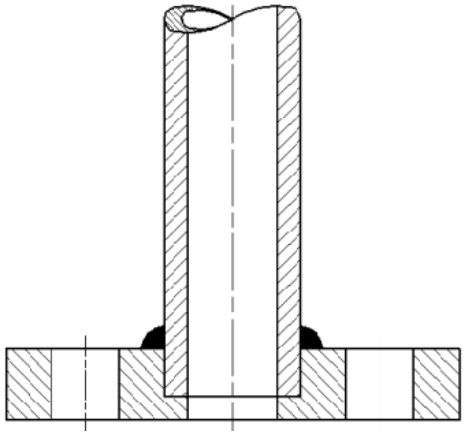
شكل 2-16 يوضح دخول الأنبوب في الفلنجة

ومن أجل الحصول على قوة ربط عالية بين الحافة الناتئة والأنبوب، وكذلك لتسهيل عملية اللحام وللحصول على تعامد بين الأنبوب وسطح الحافة الناتئة، يتم عمل ثقب مدرج في الحافة الناتئة لجلوس وإسناد الأنبوب عند اللحام، كما في الشكل (2-17).



شكل 2-17 عمل ثقب مدرج في الفلنجة

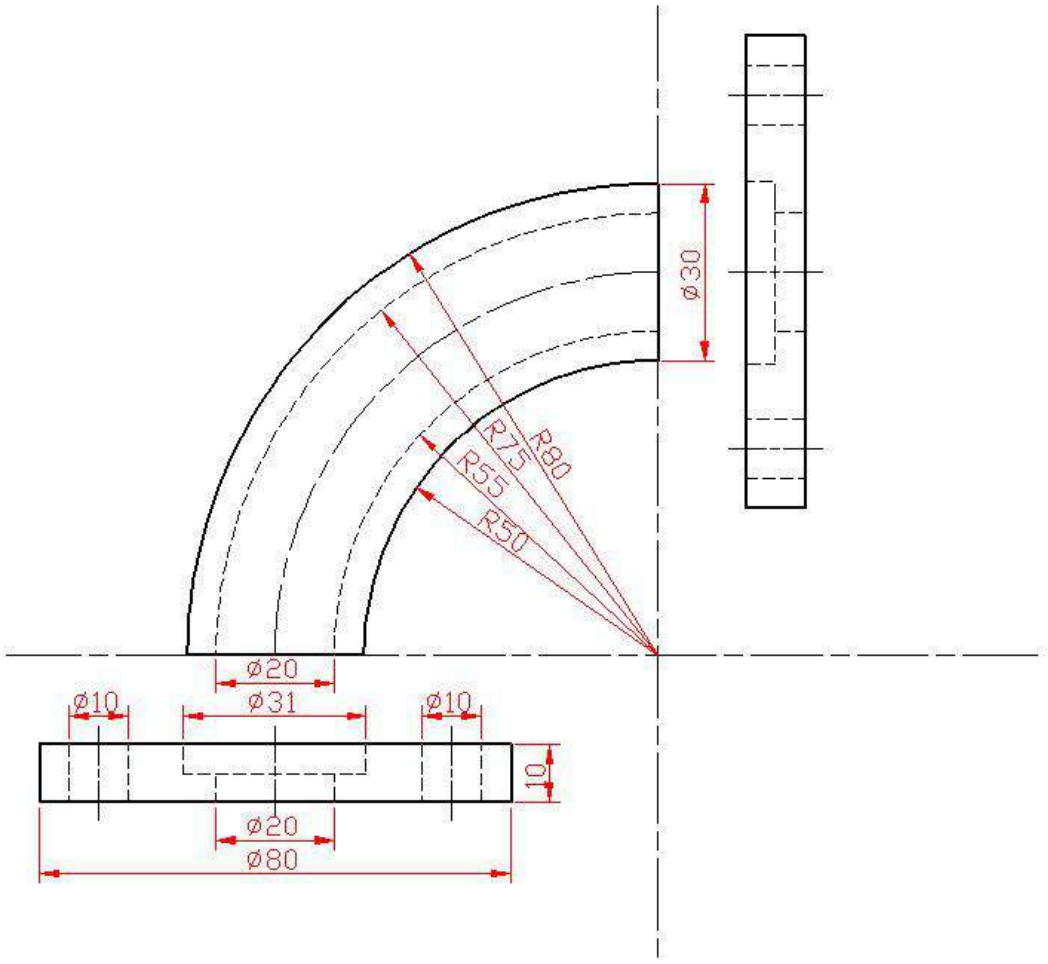
ومن أجل توضيح حالة التجميع واللحام بين الأنبوب والحافة الناتئة، يتم رسم مقطع رأسي كما في الشكل (2-18).



شكل 2-18 المقطع الرأسي لعمل ثقب مدرج في الفلنجة

تمرين 1:

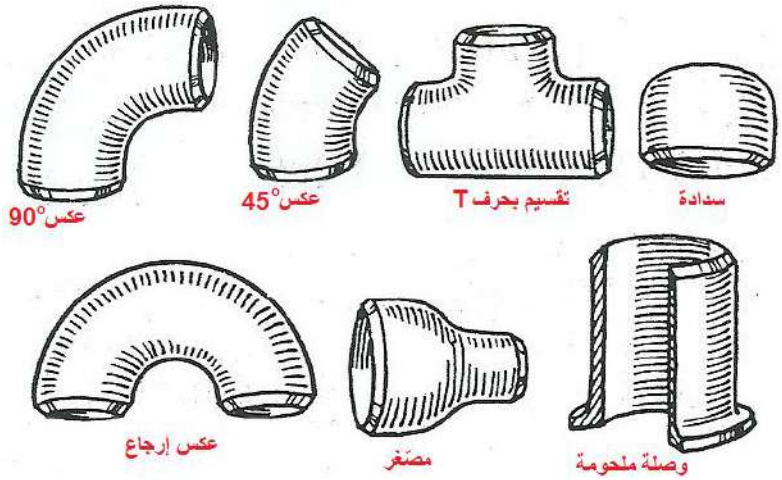
الشكل (2-19) يمثل أنبوب عكس (ربع دائرة) مصنوع من حديد الزهر Cast Iron، المطلوب لحامه مع حافة ناتئة لحاماً دائرياً، ارسم وبمقياس رسم مناسب مقطع رأسي كامل.



شكل 2-19

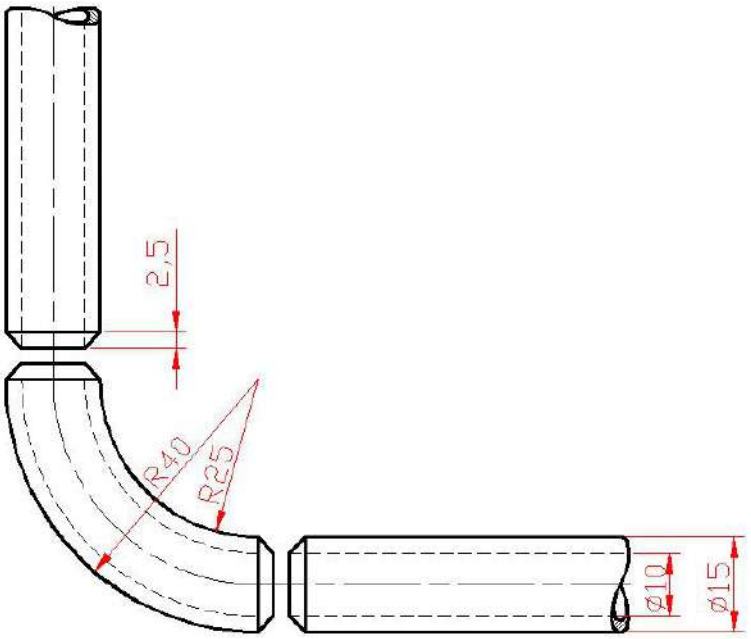
5-2 ربط شبكات الأنابيب Piping Connection

تستخدم الأنابيب والتوصيلات Fittings في بناء المنظومات المختلفة في مجال الصناعة، هذه التوصيلات تكون على أشكال وأنواع مختلفة، وتكون قياساتها في الغالب ثابتة Standard، ومن أهم القياسات الواجب معرفتها للتوصيلات هو القطر الإسمي Nominal Size الذي يجب أن يكون مطابقاً للقطر الإسمي للأنبوب المربوط (الملحوم) معه. الشكل (2-20) يمثل بعض التوصيلات التي يتم ربطها باللحام.



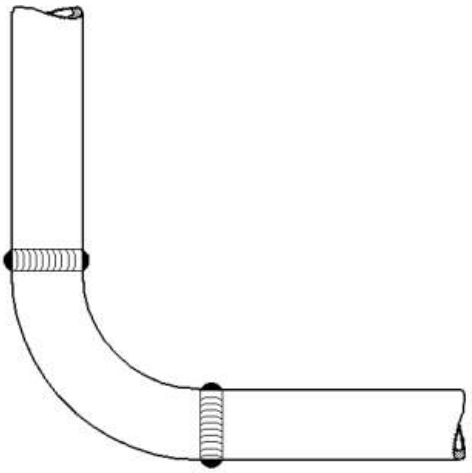
شكل 2-20 بعض التوصيلات التي يتم ربطها باللحام

من الضروري معرفة سمك الأنابيب الذي يتم بموجبه اختيار سمك ونوع اللحام المطلوب تنفيذه مع الأنابيب والتوصيلات، كما موضح في الشكل (2-21).



شكل 2-21 وضع الأنابيب قبل اللحام

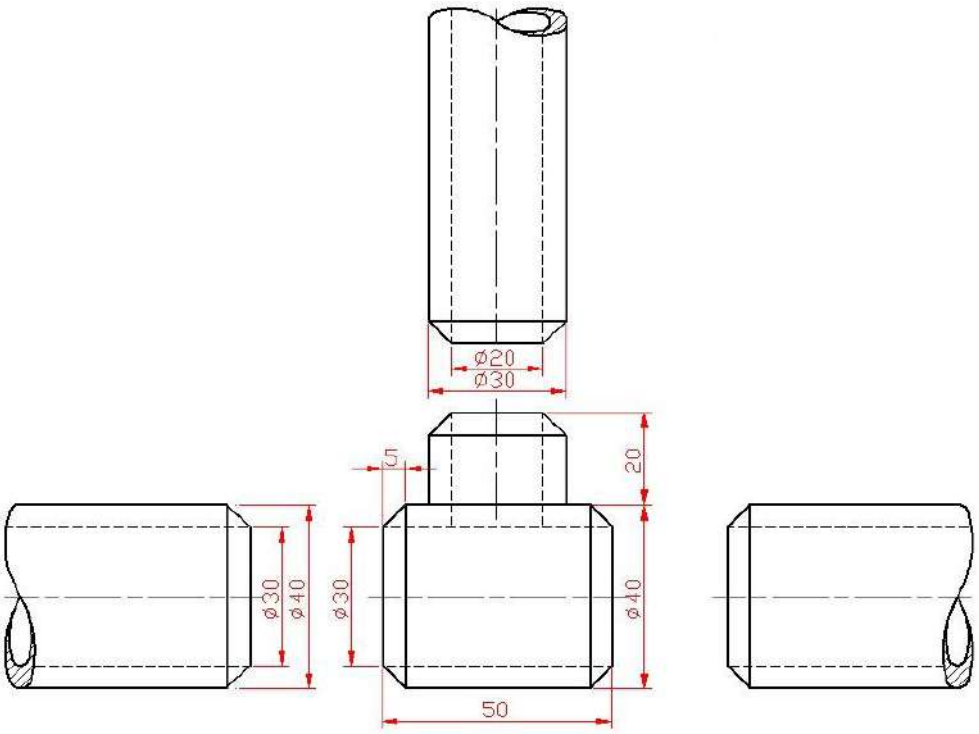
اللحام الذي سيتم اختياره له سمك معين، فأما أن يكون اللحام غاطساً أو أن يكون مرتفعاً عن مستوى سطح الأنبوب، كما هو موضح في الشكل (2-22).



شكل 2-22 خط اللحام فوق سطح الأنبوب

تمرين 2:

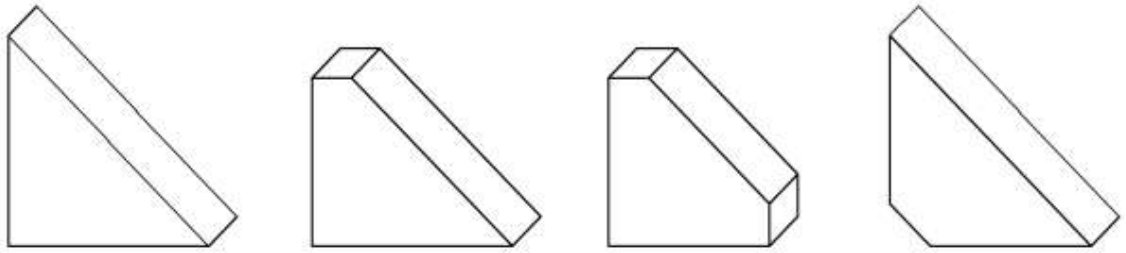
الشكل (2-23) يوضح قطعة توصيلة حرف T مصنوعة من الألُمنيوم، المطلوب لحامها لحاماً دائرياً غاطساً (مع مستوى السطح) مع الأنابيب الثلاثة المصنوعة من الألُمنيوم أيضاً، اختر نوع اللحام المناسب وسمكه ، وارسم المسقط الرأسي بعد التجميع باللحام.



شكل 2-23

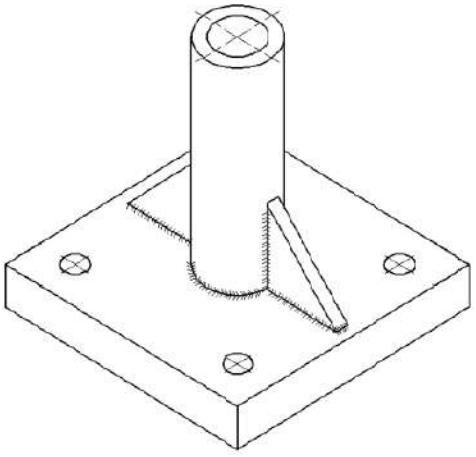
6-2 استعمال المساند Webs لتقوية لحام الأنابيب

المقطع الدائري للأنابيب يجعله قادراً على تحمل قدر معين من القوى والأوزان، ولزيادة تحمل الأنابيب فإنه يتم استعمال المساند المختلفة وذلك لتقوية منطقة اللحام وزيادة طول خط اللحام، وللمساند أشكال مختلفة ، تصنع من معادن يمكن لحامها مع الأنابيب ولها سمك مناسب حسب طبيعة الاستعمال. الشكل (2-26) يمثل بعض أشكال المساند.



شكل 2-26 بعض أشكال المساند

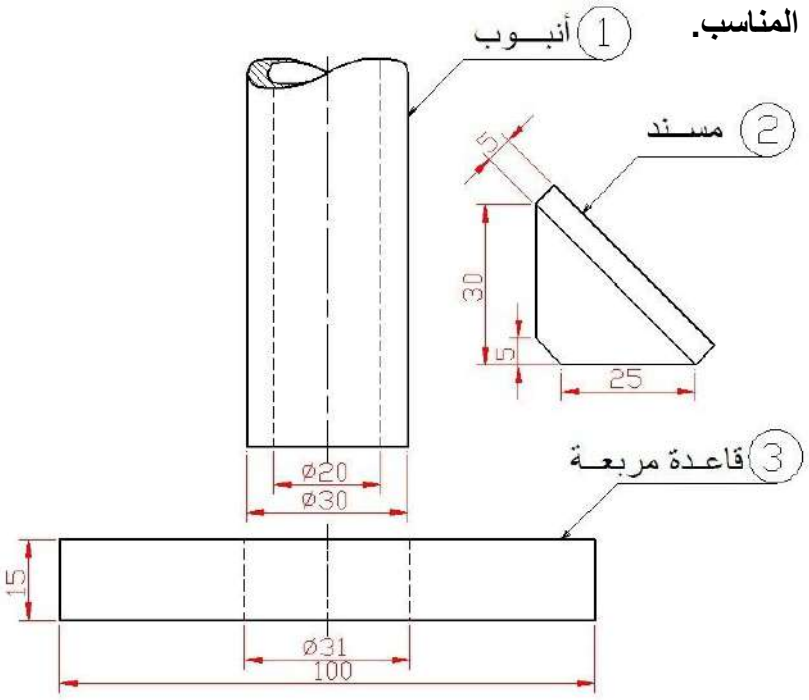
يتم اختيار عدد المساند المستعملة حسب قوة الربط المطلوبة، الشكل (2-27) يوضح أنبوباً تم لحامه مع قاعدة مع مسندين لتقوية الربط.



شكل 2-27 أنبوب تم لحامه مع قاعدة مع مسندين

تمرين 3:

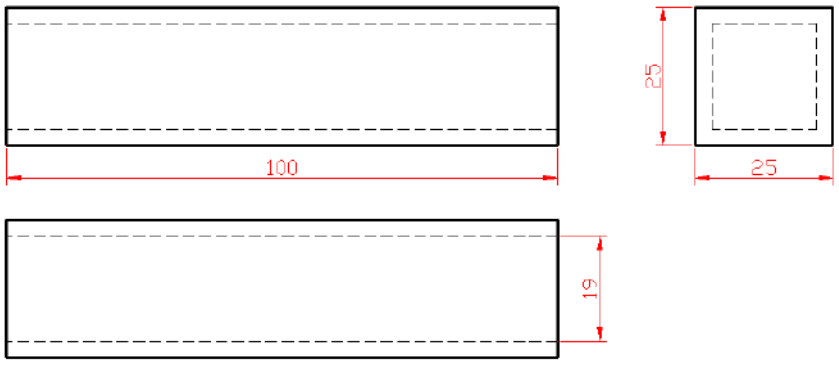
الشكل (2-28) يمثل أنبوباً مع قاعدة مربعة مع مسندين، المطلوب رسم مسقط رأسي كامل بعد التجميع باللحام. اختر سمك اللحام المناسب ونوعه، علماً أن المعدن حديد الزهر Cast Iron، اختر مقياس الرسم المناسب.



شكل 2-28

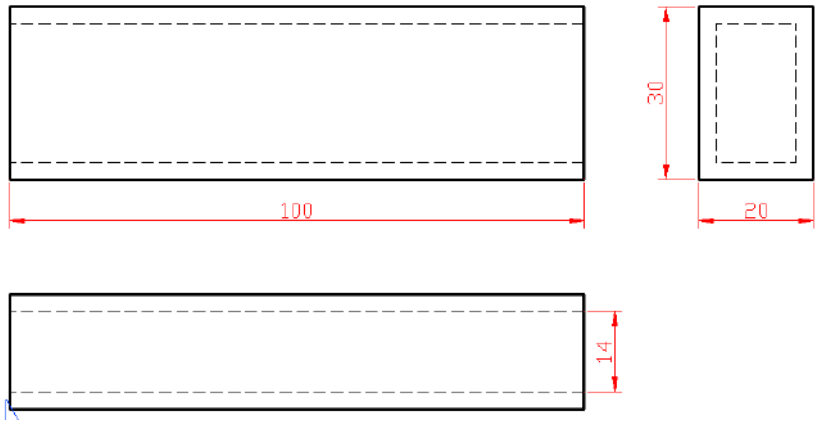
7-2 الأنابيب ذات المقاطع المربعة والمستطيلة

تصنع الأنابيب ذات المقاطع المربعة والمستطيلة من معادن ومواد مختلفة منها الفولاذ بأنواعه والحديد الصناعي والألمنيوم واللدائن وغيرها . الشكل (2-29) يمثل أنبوباً ذا مقطع مربع .



شكل 2-29

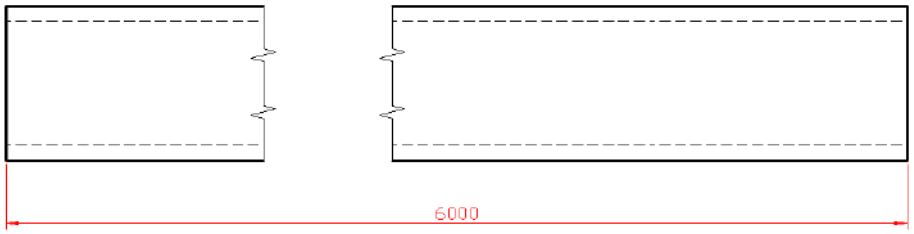
وقد يكون المقطع مستطيلاً كما في الشكل (2-30).



شكل 2-30

2-8 قطع (تقصير) الأنابيب

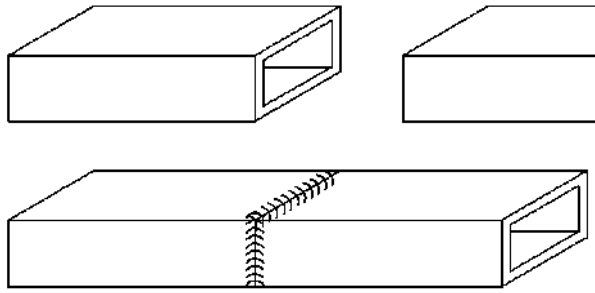
يتم قطع (تقصير) الأنابيب كما في الشكل (2-31)



شكل 2-31

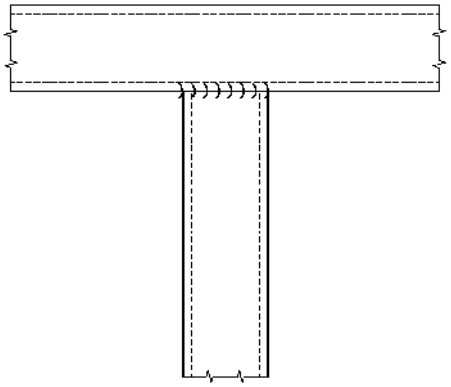
تستعمل الأنابيب المربعة المقطع أو المستطيلة المقطع في بناء المنظومات والهياكل المختلفة ويتم ربطها بطريقة اللحام المناسب وسنذكر بعض التوصيلات لهذه الأنابيب:

1. لحام أنبوبين متقابلين ، لاحظ الشكل (2-32).



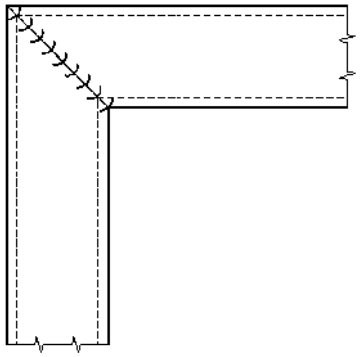
شكل 2-32

2. توصيله حرف (T) لأنبوب ذي مقطع مربع ، لاحظ الشكل (2-33).



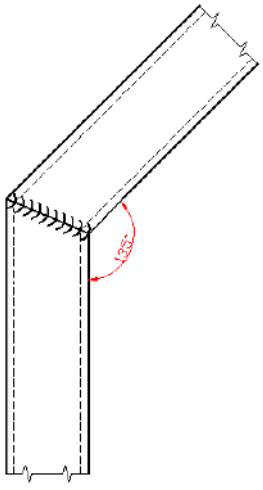
شكل 2-33

3. توصيلة زاوية (45ْ) لأنبوب ذي مقطع مربع ، لاحظ الشكل (2-34).



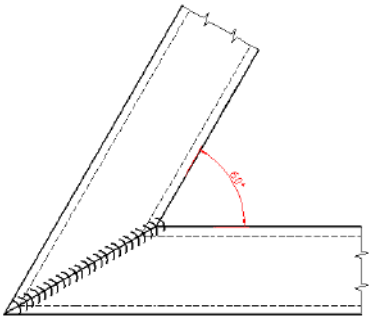
شكل 2-34

4. لحام أنبوبين ذوَي مقطع مربع وبزاوية منفرجة (135ْ) , لاحظ الشكل (2-35).



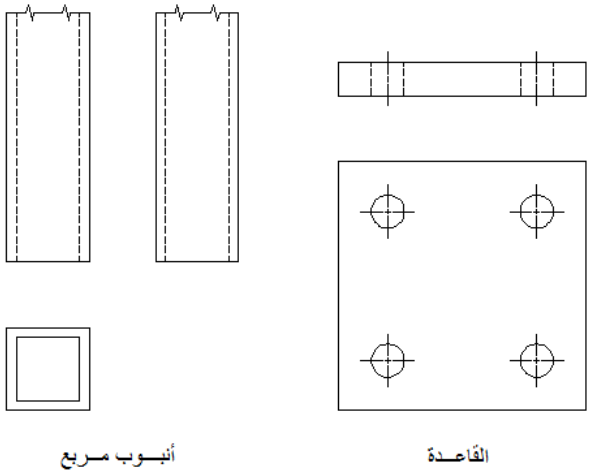
شكل 2-35

5. لحام أنبوبين ذوَي مقطع مربع وبزاوية حادة (60°) ، لاحظ الشكل (2-36).



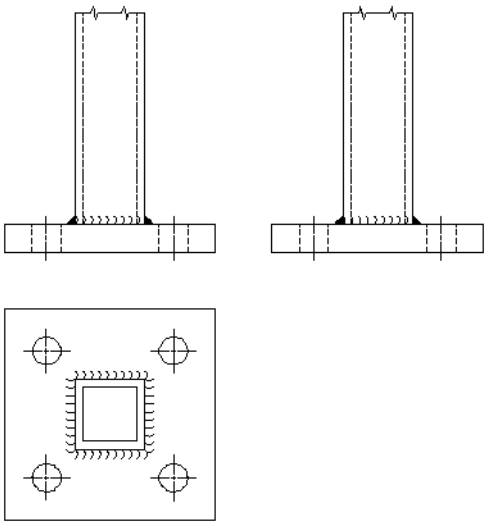
شكل 2-36

مثال1: الشكل (2-37) يمثل أنبوباً مربعاً وقاعدة مربعة . المطلوب ربطهما بطريقة اللحام.



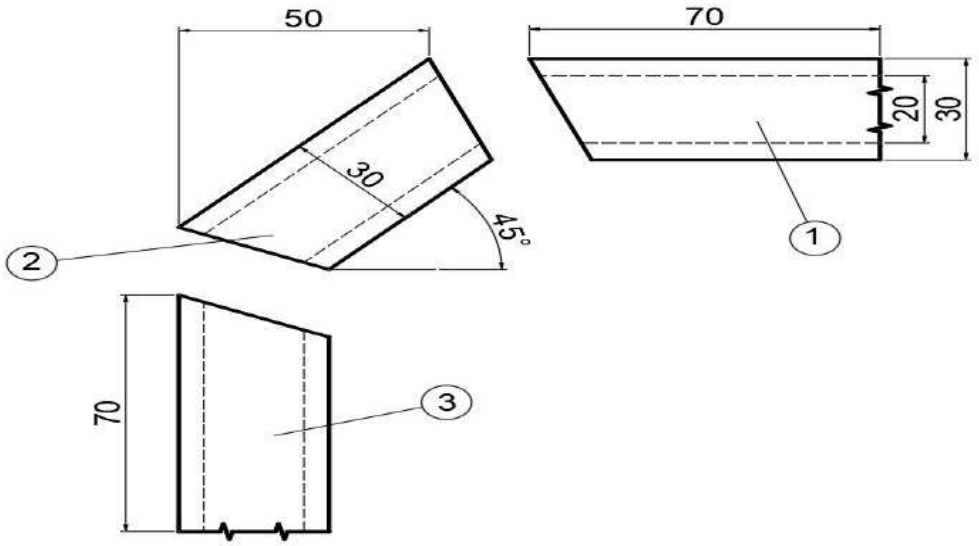
شكل (2-37)

الحل :



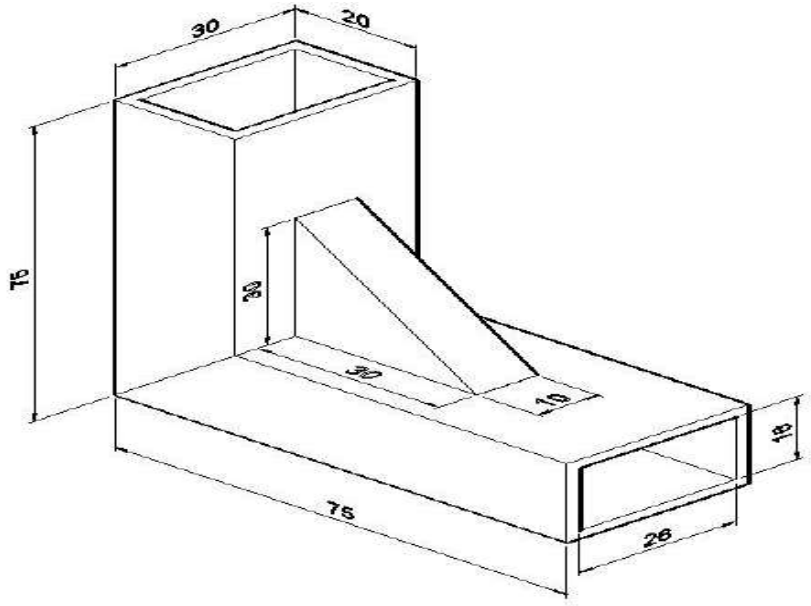
شكل (2-38)

تمرين1: أرسم المسقط الرأسي مجمعا" لقطع الأنابيب ذات المقاطع المربعة كما في الشكل (2-39) والملحومة مع بعضها من أربع جهات وبمقياس رسم 1:1 مع وضع رموز اللحام على الرسم علما" أن سمك اللحام 4mm مثلث .



شكل 2-39

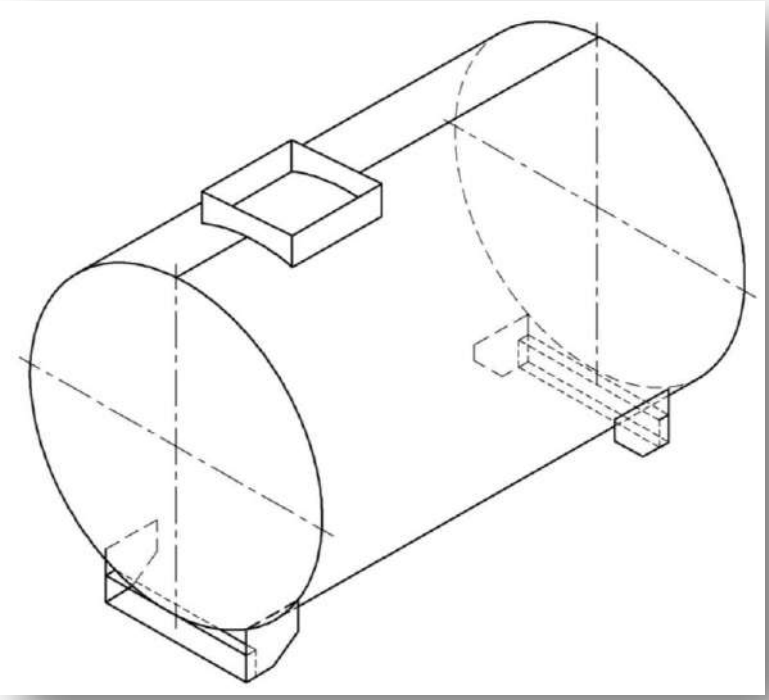
تمرين 2: أرسم المساقط الثلاثة للشكل (2-40) بمقياس رسم 1:1 مع وضع رموز اللحام على الرسم علما" أن سمك اللحام 4mm مثلث .



شكل 2-40

الفصل الثالث

لحام الخزانات Tank's Welding



الأهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على أن :

1. **يرسم الخزانات المشكلة باللحام بمختلف أنواعها وأحجامها .**
2. **يضع أبعاد اللحام ورموزه على الخزانات .**

1-3 لحام الخزانات Tank's Welding

تستعمل الخزانات لتجميع مياه الشرب ,البترول , الغاز والحبوب وتخزينها ، وغيرها من السوائل والمواد الأخرى.

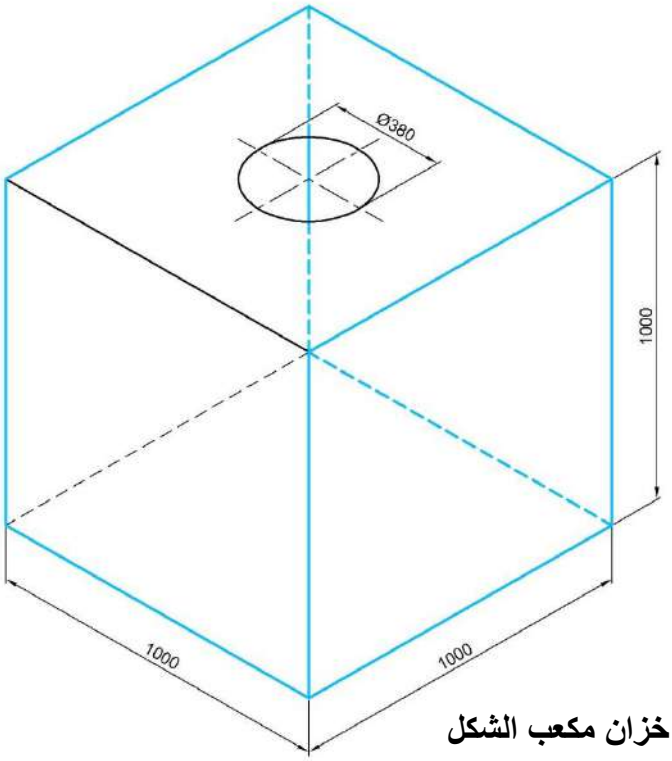
والخزانات لها أشكال متنوعة وكثيرة بحسب الاستعمال ويحتاج كل نوع إلى مواصفات فنية واجب توافرها ومنها .

1- خزانات الماء
2- خزانات الوقود
3- خزانات الغاز
4- خزانات الحبوب

ان لحام الخزانات يحتاج إلى مهارة جيدة لكي نمنع التسريب , وسنتناول في فصلنا هذا بعض خزانات المياه التي تصنع في أسواقنا المحلية لما في ذلك من أهمية في حياة طلبتنا الأعزاء وسوق العمل .

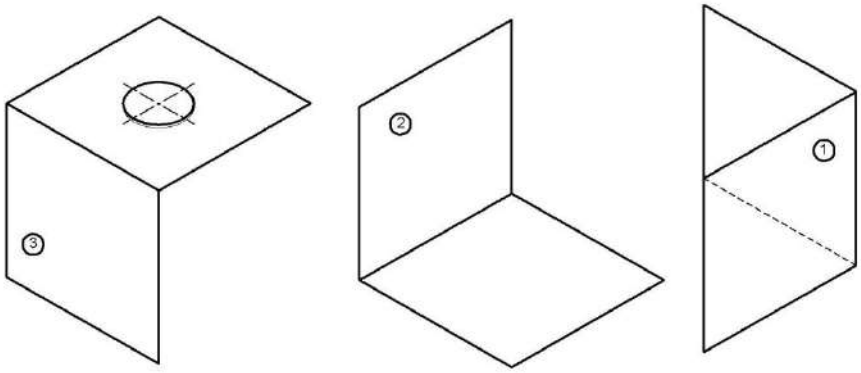
مثال 1: الشكل (3-1) يبّين خزاناً مكعب الشكل طول ضلعه 1000 mm مصنوعاً من الصفيح المجلفن سمك (1.25 mm) وفتحة علوية قطرها 380 mm تم انجازه باللحام (اللون الأزرق يبين الحافات الملحومة) ,المطلوب : رسم ما يأتي بمقياس رسم 10:1 .

1- المساقط الثلاثة
2- المنظور الهندسي المتقايس
3- وضع الأبعاد ورموز اللحام على الرسم



شكل 3-1 خزان مكعب الشكل

أولا- نقوم بثني أسطح الخزان المكعب وكما في الشكل أدناه :



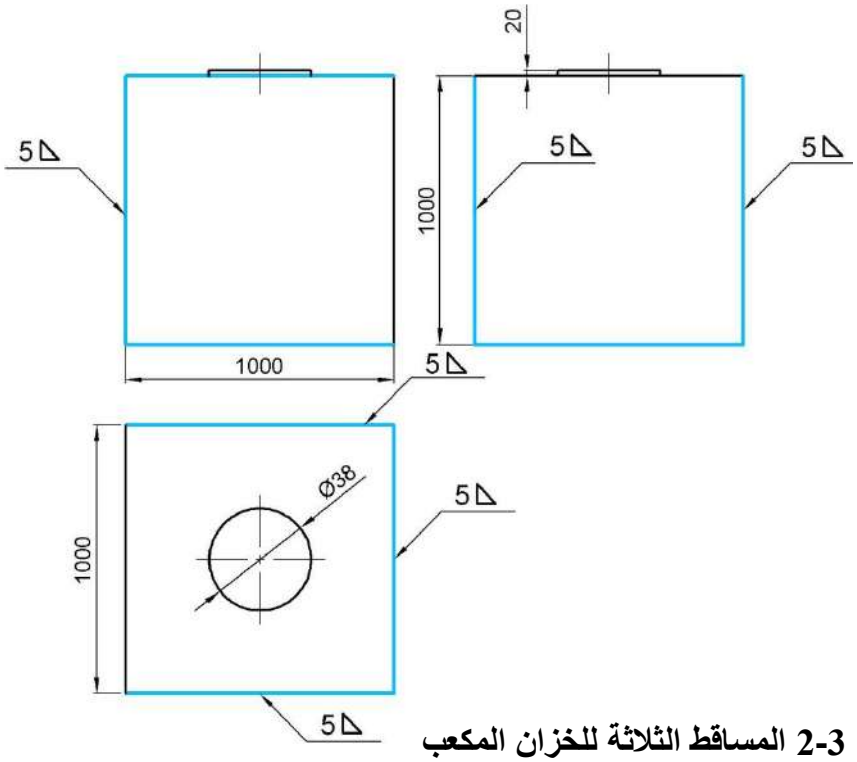
ثانيا – نقوم بمطابقة القطعة (1) وتركيبها مع القطعة (2) ونثبتها بعدد من نقاط اللحام ثم نضع القطعة (3) مع القطعتين ونثبت جميع القطع بنقاط لحام .

ثالثا – نقوم بعملية اللحام للحروف الملونة باللون الأزرق بالمنظور المبين بالشكل (3-1) .

رابعا – نرسم المساقط الثلاثة

خامسا - نضع الأبعاد الأساسية على المساقط .

سادسا - نضع أبعاد اللحام ورموزه كما في الشكل (3-2) .

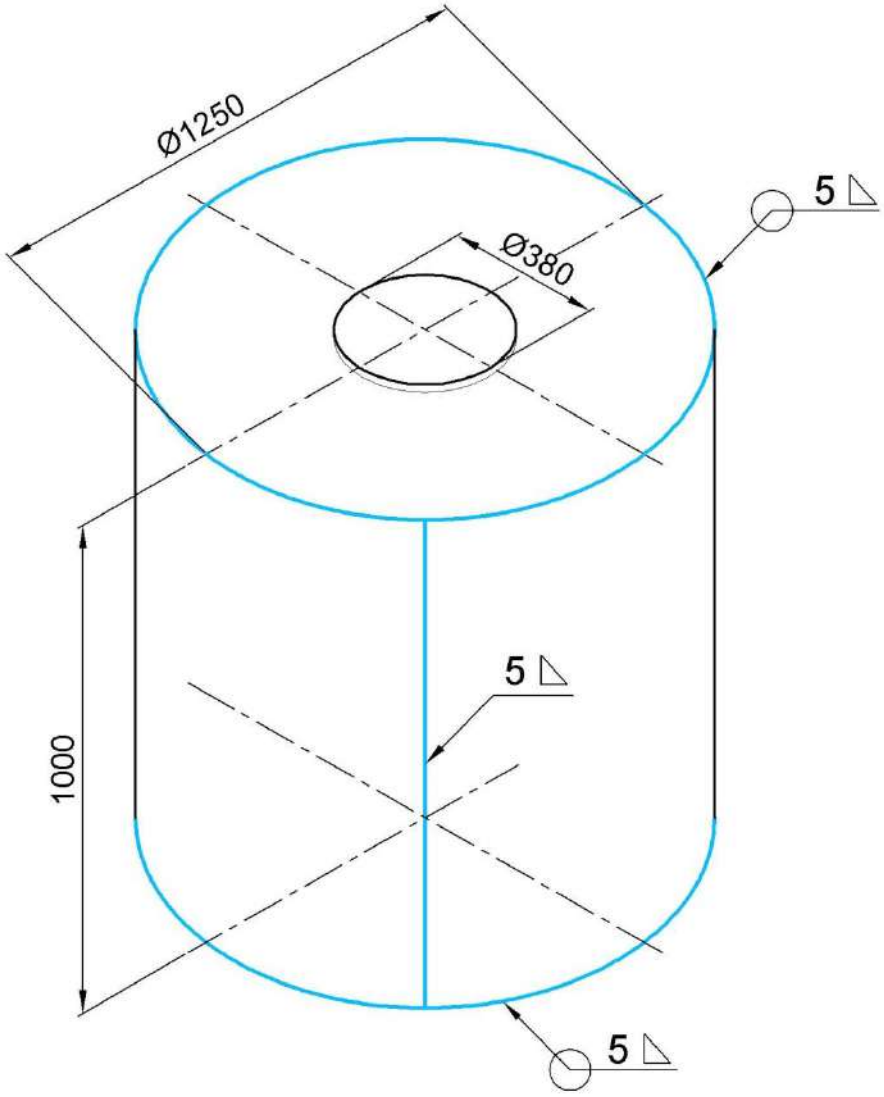


شكل 3-2 المساقط الثلاثة للخزان المكعب

مثال 2: الشكل (3-3) يبين خزاناً اسطواني الشكل عمودي قطره (1000 mm) وارتفاعه (1250 mm) مصنوعاً من الصفيح المغلون سمك 1.25 mm , تم انجازه باللحام ,المطلوب : رسم ما يأتي بمقياس رسم (10:1) .

1- المساقط الثلاثة

2- وضع الأبعاد ورموز اللحام على الرسم .



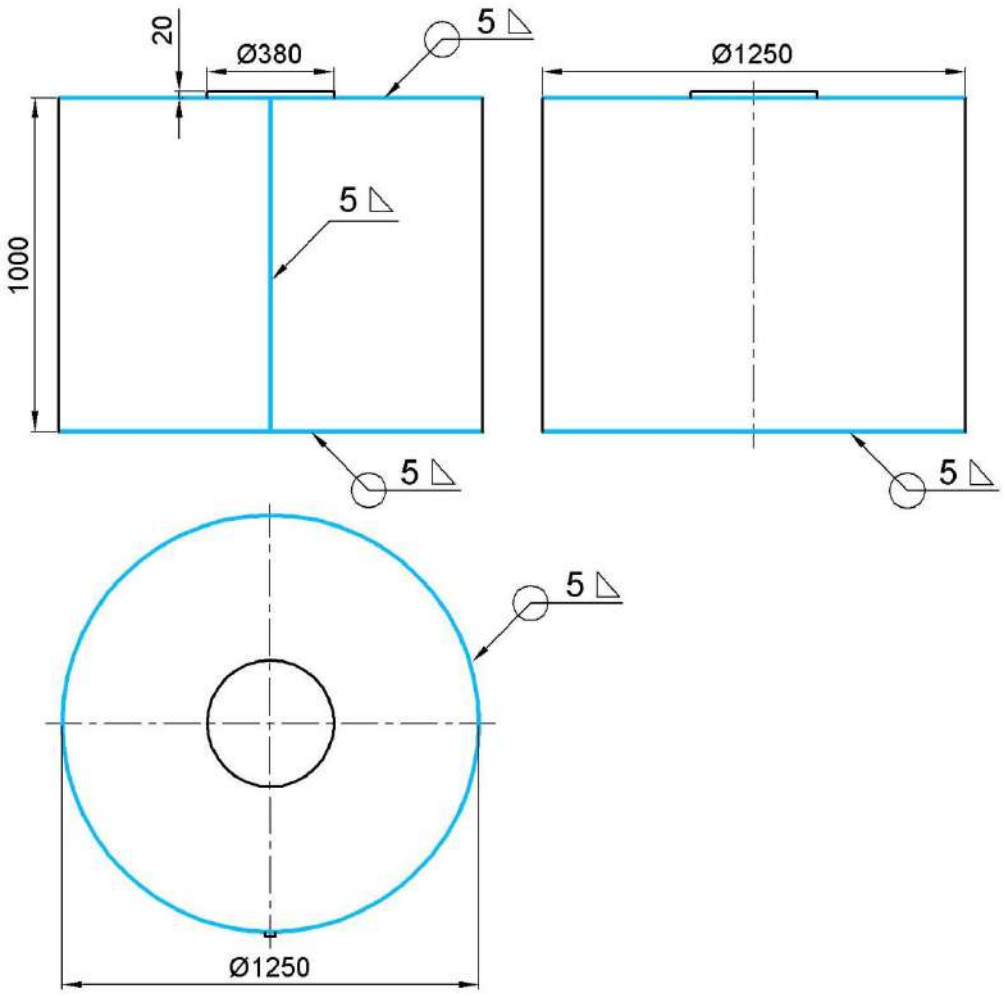
شكل 3- 3 خزان اسطواني

خطوات الرسم :

1- ترسم المساقط الثلاثة للخزان .

2- توضع الأبعاد الأساسية على المساقط .

3- توضع أبعاد ورموز اللحام كما في الشكل (3- 4).

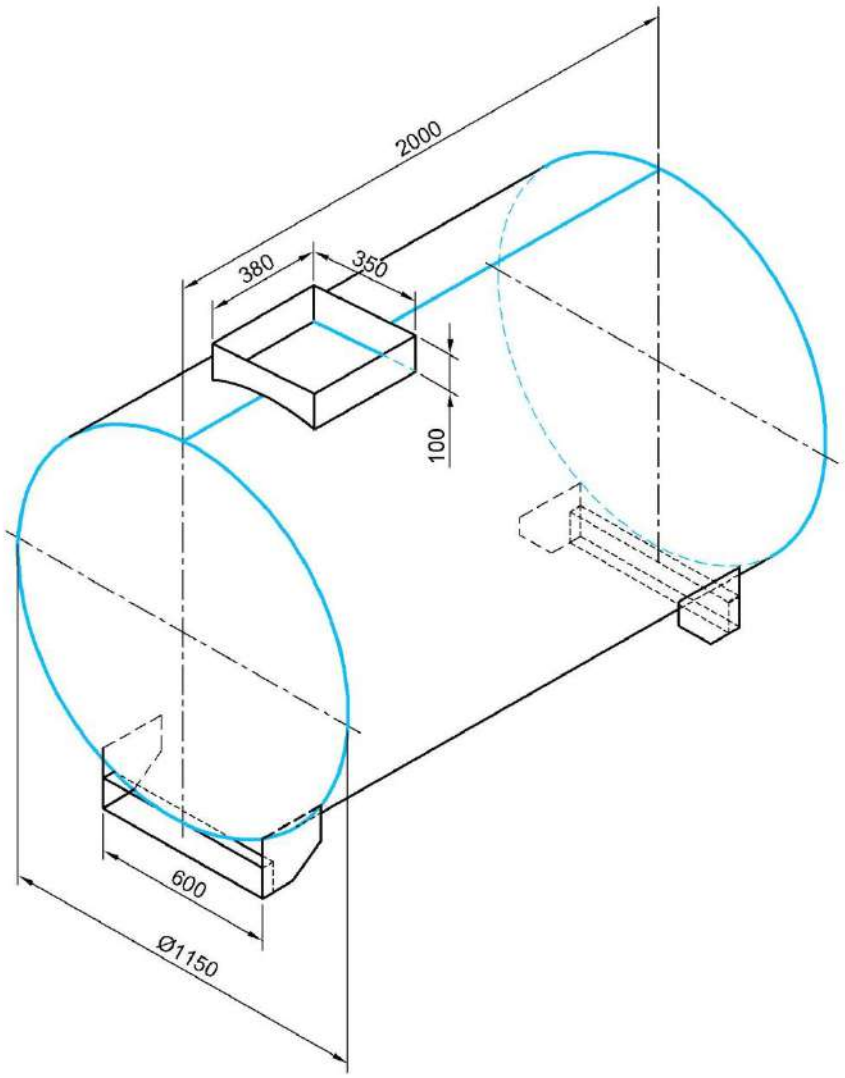


شكل 3- 4 المساقط الثلاثة لخزان اسطواني

مثال 3 :الشكل(3-5) يبين خزان اسطواني الشكل أفقي قطره (1150 mm) وطوله (2000 mm) مصنوع من الصفيح المغلون سمك (1.25 mm) , تم انجازه باللحام , المطلوب : رسم ما يأتي بمقياس رسم (20:1).

1- المساقط الثلاثة

2- وضع الأبعاد ورموز اللحام على الرسم .



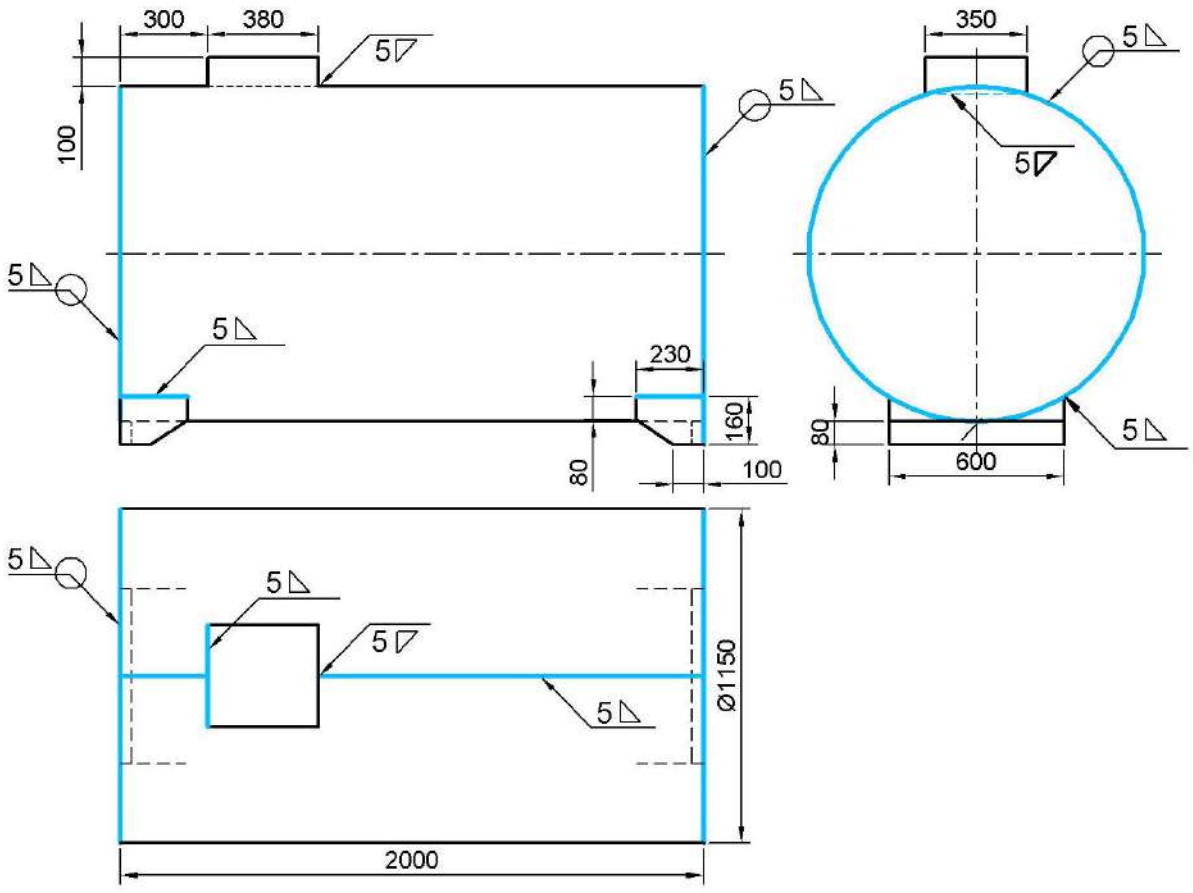
شكل3- 5 خزان اسطواني أفقي

خطوات الرسم :

1- ترسم المساقط الثلاثة للخزان .

2- توضع الأبعاد الأساسية على المساقط .

3- توضع أبعاد اللحام ورموزه ، كما في الشكل (3- 6).

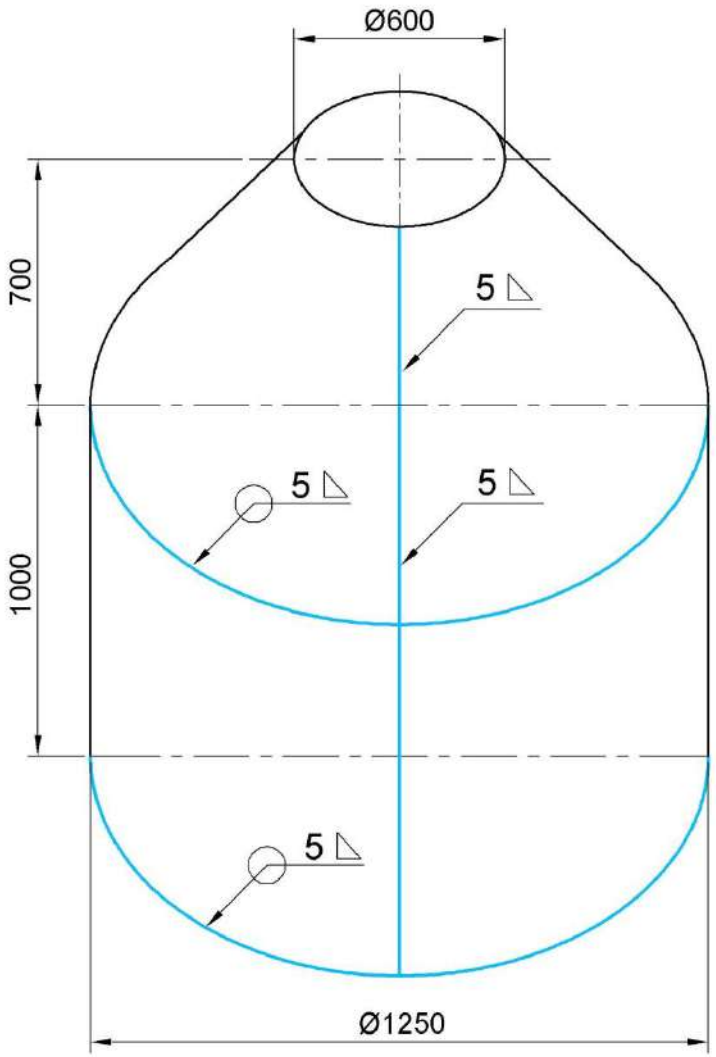


الشكل 3- 6 المساقط الثلاثة لخزان اسطواني

2-3 تمارين

تمرين 1: الشكل (3-7) يبين خزاناً اسطوانياً قمته مخروطية الشكل قطره (1250 mm) وارتفاعه (1000 mm) مصنوع من الصفيح المغلون سمك (3 mm) , تم انجازه باللحام ,فإذا علمت ان سمك مقطع اللحام (5 mm) ارسم بمقياس رسم (20:1) ما يأتي :

1- المساقط الثلاثة
2- وضع الأبعاد ورموز اللحام على الرسم .



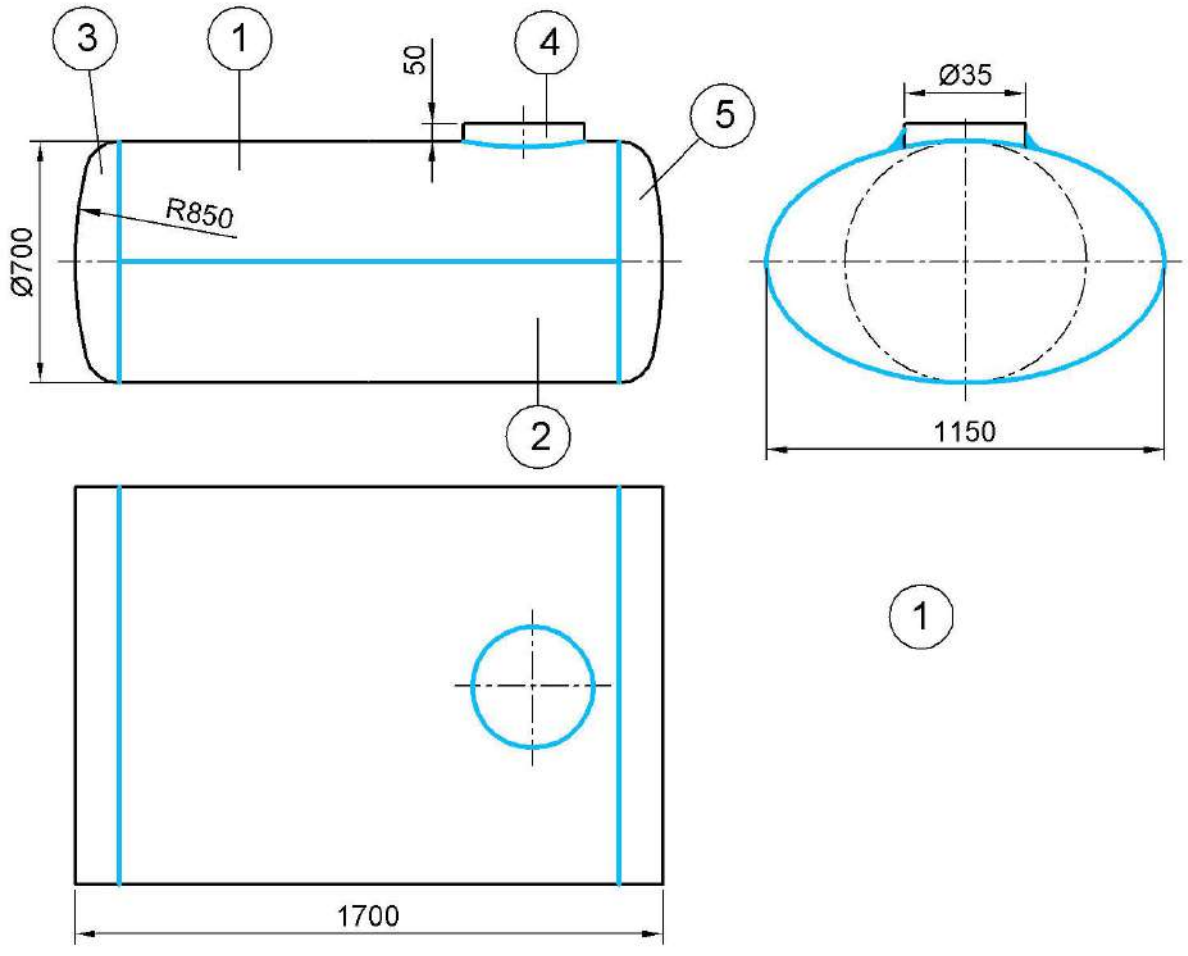
شكل 3-7 خزان اسطواني قمته مخروطية

تمرين 2: الشكل (3-8) يبين المساقط الثلاثة لمقطورة موضحة أبعادها على الرسم ,مصنوعة من صفيح سمكه (3 mm), تم انجازها باللحام ,المطلوب: بمقياس رسم (20:1) رسم ما يأتي :

1- رسم المساقط الثلاثة .

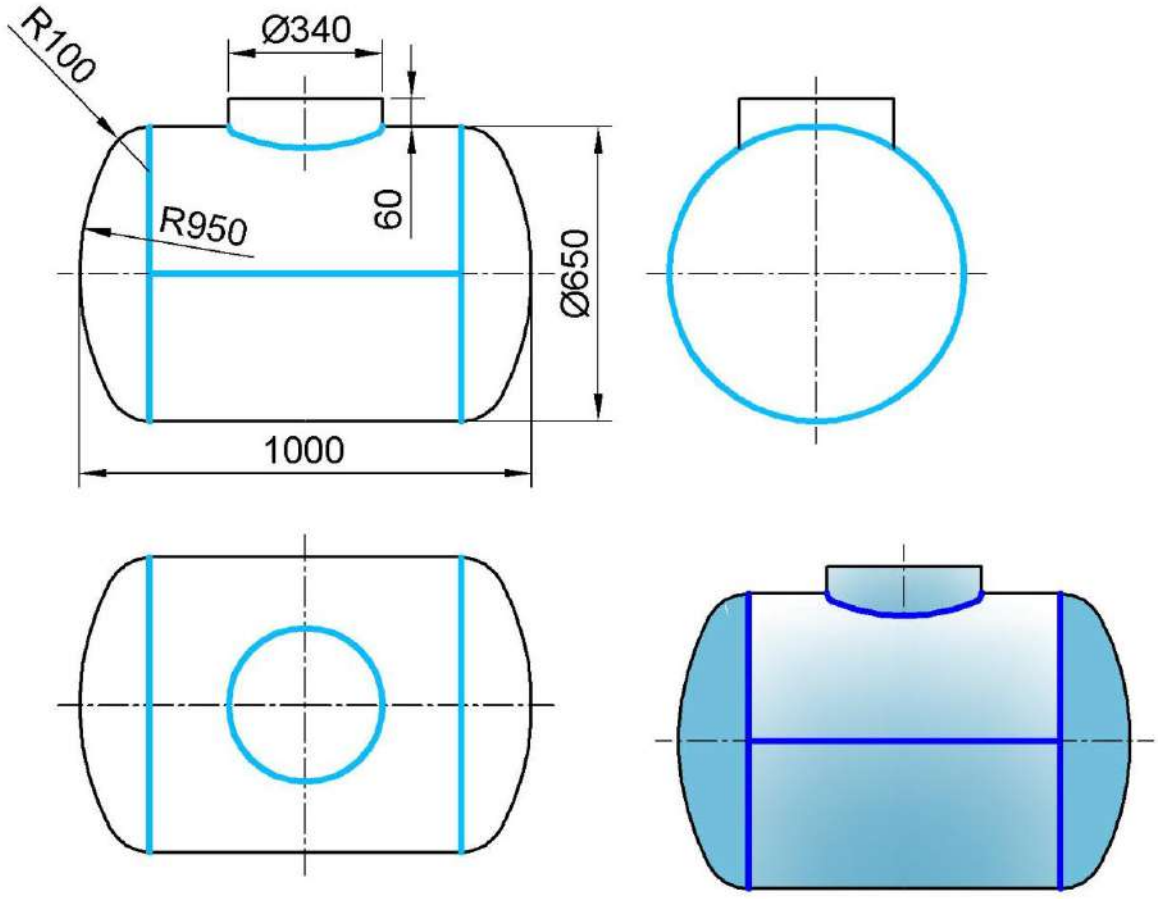
2- وضع رموز اللحام على الرسم وفق ما يأتي :

- الجزء 1 على الجزء 2 – لحام عدل (سمك خط اللحام = 5 mm) .
- الجزء 3 والجزء 5 على الجزئين 1- 2- لحام مقبب (سمك خط اللحام = 5 mm).
- الجزء 4 على الجزء 1- لحام مجوف دائري (سمك خط اللحام = 5 mm).



الشكل 3-8 المساقط الثلاثة لمقطورة

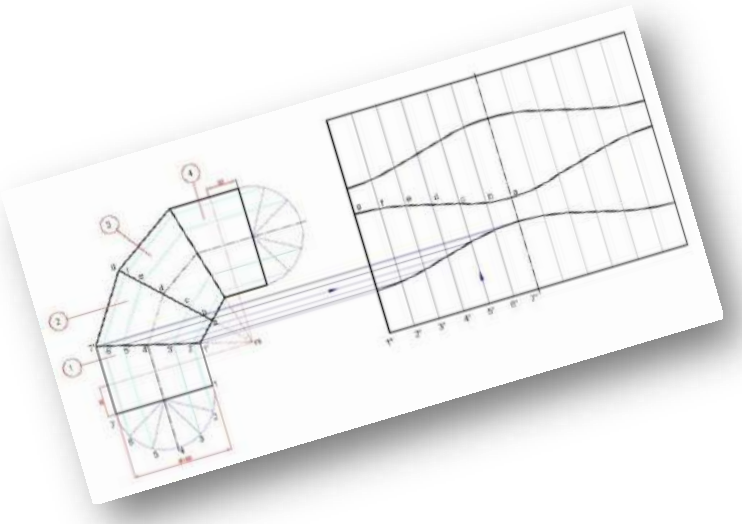
تمرين 3: الشكل (3-9) يبين المساقط الثلاثة لمقطورة موضحة أبعادها على الرسم , مصنوعة من صفيح سمكه (3 mm), تم انجازها باللحام ,المطلوب بمقياس رسم (10:1) رسم المساقط الثلاثة مع وضع رموز اللحام على الرسم علما أنَّ سمك مقطع اللحام (5 mm) .



شكل 3-9 خزان اسطواني الشكل أفقي (مقطورة)

الفصل الرابع

الانفرادات Developments



الأهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على أن :

1. يرسم انفراد الاسطوانة المقطوعة
2. يرسم انفراد المخروط الكامل القائم .
3. يرسم الهرم الثلاثي الكامل
4. يرسم انفراد المنشور السداسي الكامل والمقطوع.
5. يرسم انفراد المرفق (الكوع) القائم .

1-4 انفراد الأجسام أو الأجزاء

1-1-4 مفهوم الانفراد Development Concept

عملية بسط سطوح الأجسام (قد تكون أجزاء لمنتجات معينة) في مستوي واحد.

2-1-4 طرائق الانفراد Developments Methods

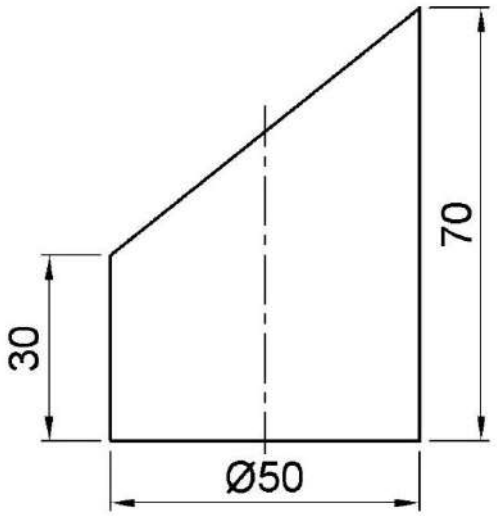
- **طريقة الخط المستقيم: تستعمل للأجزاء التي تحتوي على سطوح مستوية ومتوازية والمقاس الحقيقي لكل سطح معروف, توضع السطوح بالتعاقب مع بعضها لتكّون انفراد الجزء المطلوب.**
- **طريقة الخطوط المتوازية: وتستعمل للأجزاء والأشكال ذات السطوح المتوازية مثل: المكعب ومتوازي المستطيلات والأسطوانة.**
- **طريقة الخطوط الشعاعية: وتستعمل للأجزاء والأشكال ذات السطوح المائلة مثل المخروط والهرم وغيرها.**
- **طريقة المثلثات: وتستعمل للسطوح غير القابلة للانفراد.**

3-1-4 استخدام الانفرادات Developments Uses

تستخدم تطبيقات الانفراد في أعمال تشكيل الصفائح المعدنية ، التي تستخدم بكثرة في معظم التطبيقات الصناعية والتجارية والمنزلية مثل تمديدات الشبكات المختلفة ومجاري توزيع الهواء في منظومات تكييف الهواء وصوامع الحبوب ومصانع الإسمنت والغزل والنسيج وشبكات الأنابيب في مصافي البترول وغيرها.

4 - 2 أمثلـــــــة

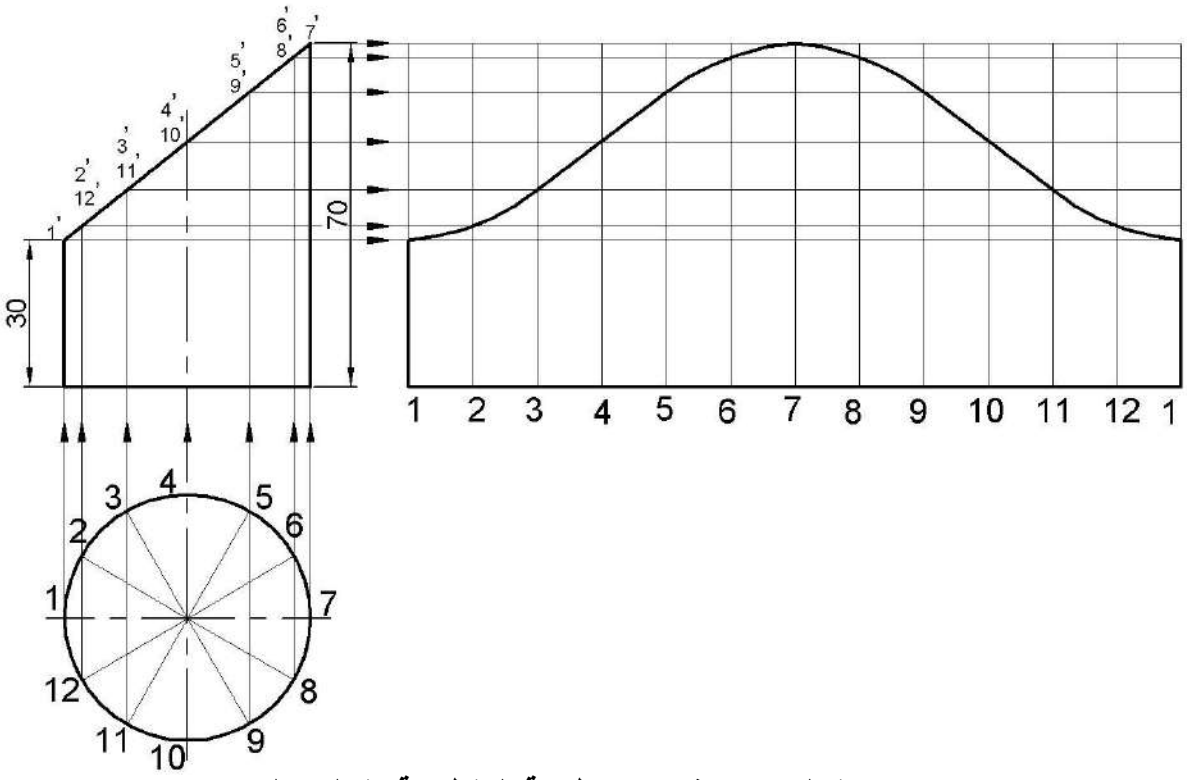
مثال (1): الشكل (4- 1) يبين المسقط الأمامي لاسطوانة ارتفاعها (70mm) وقطرها (50mm) مقطوعة بمستوى مائل مع القاعدة, المطلوب : رسم انفراد السطح الجانبي للاسطوانة مع القاعدة السفلى لها .



شكل 4- 1 المسقط الأمامي لاسطوانة مقطوعة

خطوات الرسم:

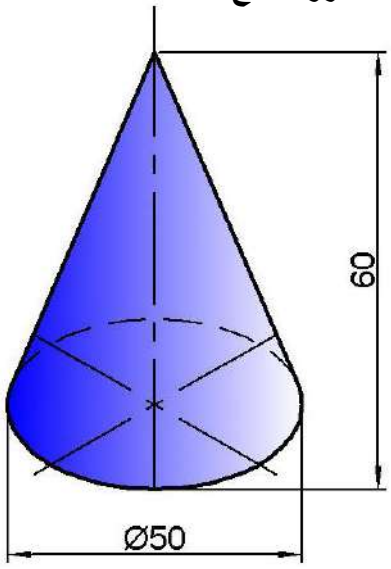
1- نرسم المسقطين الأفقي والأمامي بحسب الأبعاد المعطاة .
2- نقسم الدائرة (المسقط الأفقي)إلى عدد من الأقسام المتساوية ولتكن 12 جزءاً متساوياً ونرقم هذه التقسيمات .
3- من نقاط تقسم الدائرة في المسقط الأفقي نقيم أعمدة تمتد وتقطع السطح المائل للمسقط الأمامي
1. في النقاط (1',2'12',3'11',4'10,5'9',6'8',7').
4- من قاعدة الاسطوانة في المسقط الأمامي ، نرسم خط الانفراد الأساسي بطول يساوي محيط الاسطوانة (157 mm =50x3.14) .
5- نقسم خط الانفراد الأساسي إلى نفس عدد أقسام الدائرة ونرقم نقاط التقسيم ونقيم منها أعمدة .
6- من كل نقطة من نقاط التقسيم في المسقط الأمامي نرسم خطوطاً أفقية تتقاطع مع الأعمدة المرسومة في الخطوة السابقة لنحصل على النقاط بالتسلسل ابتداء من (1 1', 11 3', 10 4', 77', 44', 33', 11') .
7- نصل بين نقاط التقاطع الناتجة بأقواس صغيرة فنحصل على السطح الجانبي للاسطوانة ، ويكون خط الوصل بعد لف السطح الناتج عند الانفراد هو الخط الواصل بين النقطتين (1,1' - 1,1').
8- في النقطة 7 نرسم دائرة بقطر (50mm) لتمثل قاعدة الأسطوانة ، وبذلك نحصل على الانفراد المطلوب كما في الشكل (4-2) .



شكل 4-2 انفراد الاسطوانة المقطوعة بشكل مائل

مثال (2): الشكل (4- 3) يبين مخروطاً كاملاً قائماً قاعدته 50mm وارتفاعه 60mm .

المطلوب : رسم انفراد السطح الجانبي للمخروط مع قاعدته.



شكل 4- 3 مخروط كامل قائم

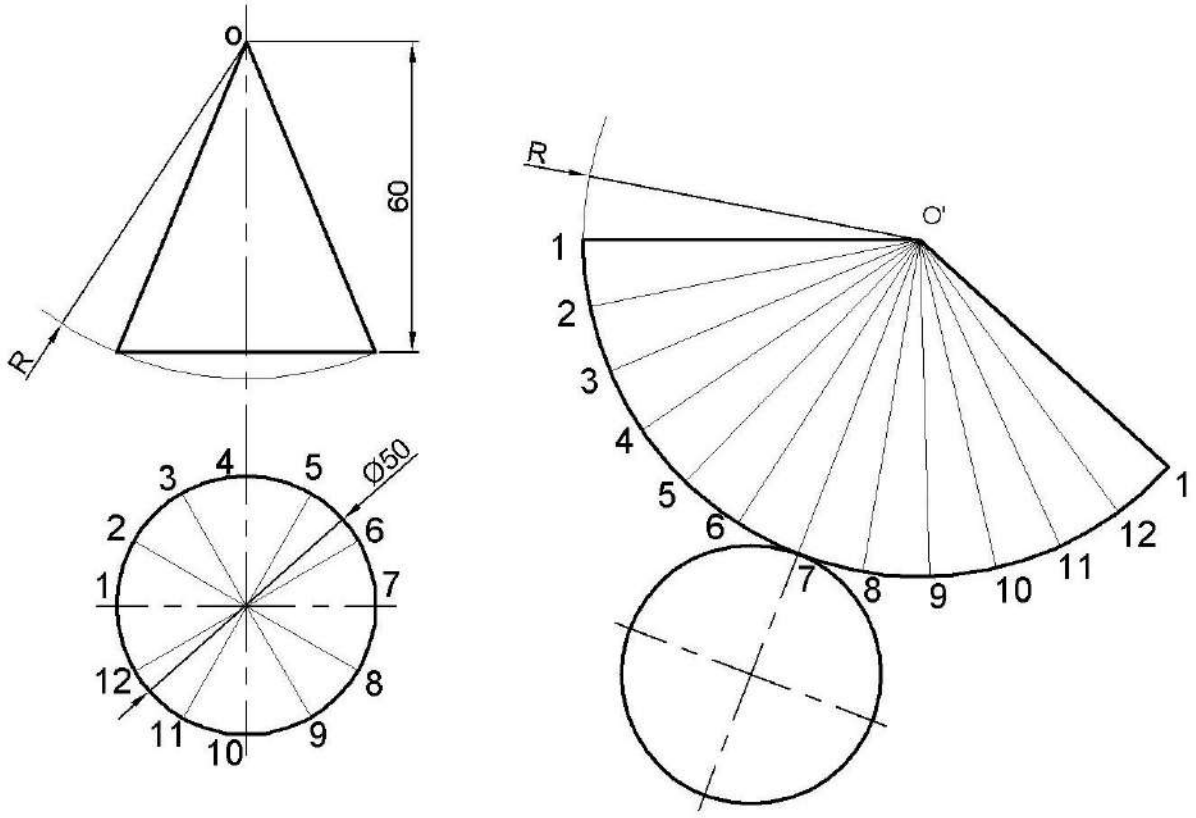
خطوات الرسم:

1- نرسم المسقطين الرأسي و الأفقي .

2- نقسم الدائرة (المسقط الأفقي) إلى عدد من الأقسام المتساوية ولتكن 12 جزءاً متساوياً ثم نرقم هذه التقسيمات .

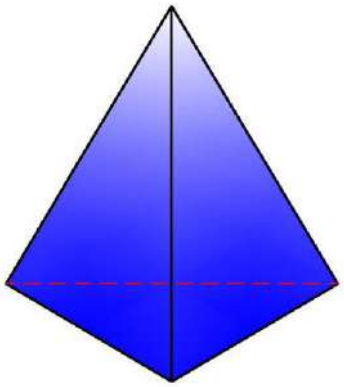
3- نختار مكان مناسب ونحدد النقطة o' . لنركز فيها الفرجال وبفتحة مقدارها طول الراسم R نرسم قوساً ثم نحدد عليه وقرب احد طرفيه النقطة (1) ونصلها مع (o') . بعد ذلك نقسم القوس إلى 12 جزءاً ابتداءً برقم (1) وانتهاءً ايضاً برقم (1) وكل جزء يساوي جزءاً من تقسيمات الدائرة في المسقط الأفقي فيكون الشكل (1 o' 1) هو انفراد السطح الجانبي للمخروط .

4- نرسم دائرة قطرها (50mm) عند النقطة 7 لتكون قاعدة المخروط التي يلف حولها السطح المخروطي لإنتاج المخروط المذكور كما في الشكل (4- 4) .



شكل 4- 4 انفراد المخروط القائم الكامل

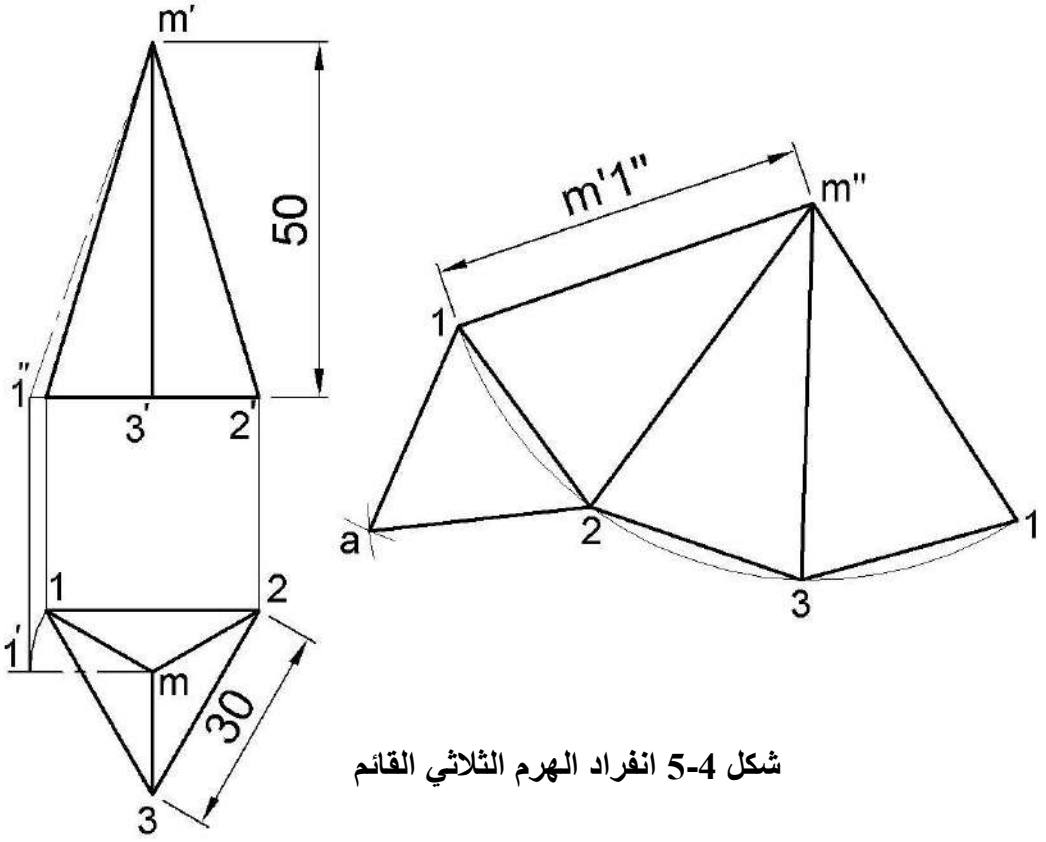
مثال (3): الشكل (4- 4) يبين هرماً ثلاثياً قائماً، طول ضلع قاعدته (30 mm) وارتفاعه (50 mm),
المطلوب : رسم انفراد الأسطح الجانبية والقاعدة .



شكل 4- 4 هرم ثلاثي قائم

خطوات الرسم:

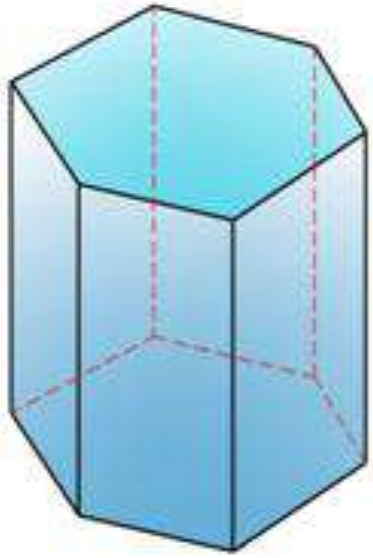
1. **يُرسم المسقطان الرأسي والأفقي للهرم.**
2. **إيجاد الطول الحقيقي للضلع (m-1) إذ يُفتح الفرجال فتحة مقدارها (1-m) ويُرسم قوس يقطع خط المحور في '1.**
3. **من نقطة '1 يُرسم شعاع عمودي يقطع امتداد القاعدة في المسقط الأمامي في نقطة ''1 وتوصل هذه النقطة بالقمة 'm فيكون الطول الحقيقي لهذا الضلع هو ('m- ''1)ومساوياً للبعد المذكور في رسم الانفراد للشكل.**
4. **لرسم الانفراد يتم اختيار أية نقطة مثل (''m) ويركز الفرجال فيها ويُرسم قوسٌ نصف قطره يساوي (m'-1'').**
5. **تحدد النقطة (1) على القوس وتوصل مع النقطة (''m) ثم تُحدد أضلاع القاعدة على القوس بنقل أبعاد المثلث من المسقط الأفقي وترقيمها (1- 2, 2-3, 3-1)، ثم توصل هذه النقاط مع (''m).**
6. **يوصل بين النقاط (1،2،3،1) بخطوط مستقيمة للحصول على انفراد الأسطح الجانبية للهرم الثلاثي.**
7. **لرسم انفراد القاعدة، يُركز الفرجال في (1) وبفتحة مقدارها (1-2) يُرسم قوساً ثم يُركز في (2) وبالفتحة نفسها يُرسم قوسٌ يقطع الأول في النقطة (a)، يُوصل بين (a ، 1) و (a ، 2) ليتم الحصول على انفراد القاعدة.**
8. **تُحدد خطوط الثني وهي (3-''m)، (2-''m)، (1-2) كما في الشكل (4-5) .**



شكل 4-5 انفراد الهرم الثلاثي القائم

مثال (4): **الشكل (4-6) يبين منشوراً سداسياً قائماً,طول ضلع قاعدته (25 mm) وارتفاعه (60 mm).**

المطلوب : رسم انفراد المنشور .



شكل 4-6 منشور سداسي قائم

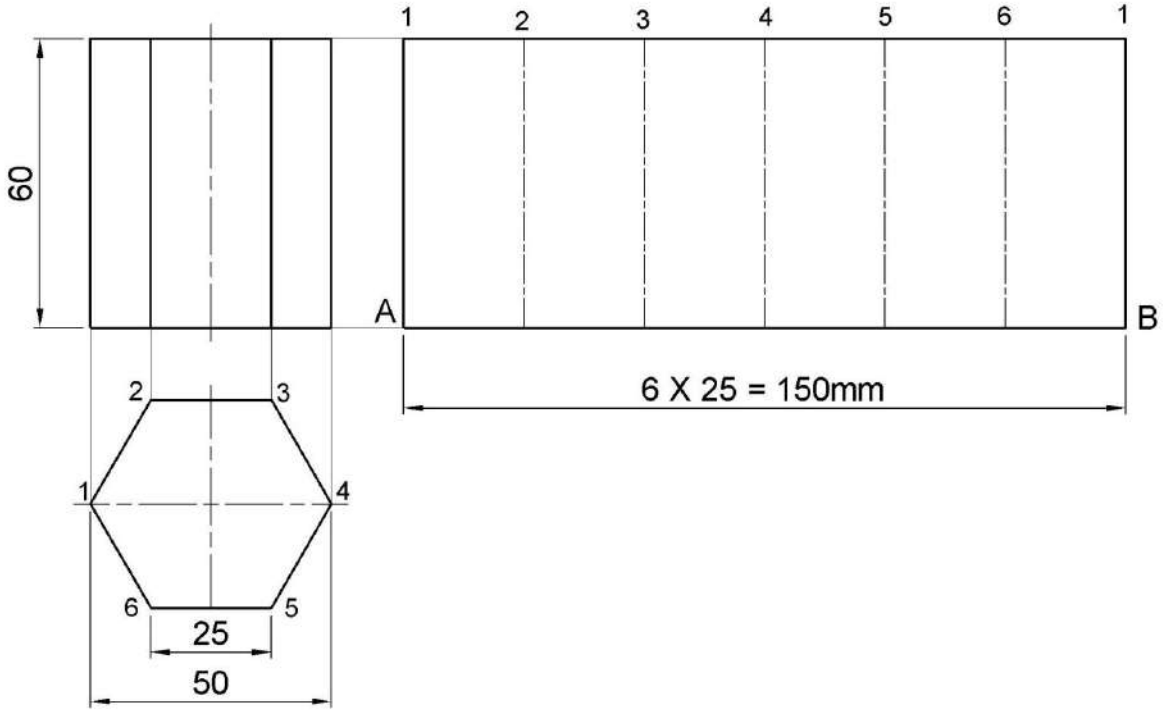
خطوات الرسم :

1. يُرسم المسقطان الأفقي والأمامي.

2. على امتداد المسقط الأمامي يُرسم خطٌ أفقيٌّ AB طوله يساوي محيط القاعدة (6x25=150 mm) ويقسم إلى ستة أقسام متساوية.

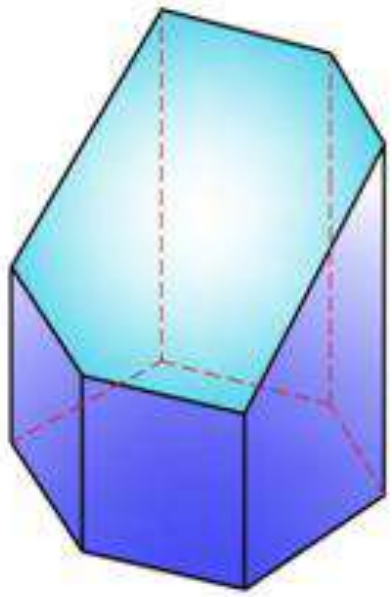
3. من نقاط التقسيم تقام أعمدة على الخط الأفقي المرسوم من ارتفاع المسقط الأمامي لنحصل على النقاط 1,6,5,4,3,2,1

4- يُوصل بين النقاط 1,6,5,4,3,2,1 ,A, B فيكون الشكل الناتج هو الانفراد المطلوب ، الشكل (4-7).



شكل 4-7 انفراد المنشور السداسي القائم الكامل

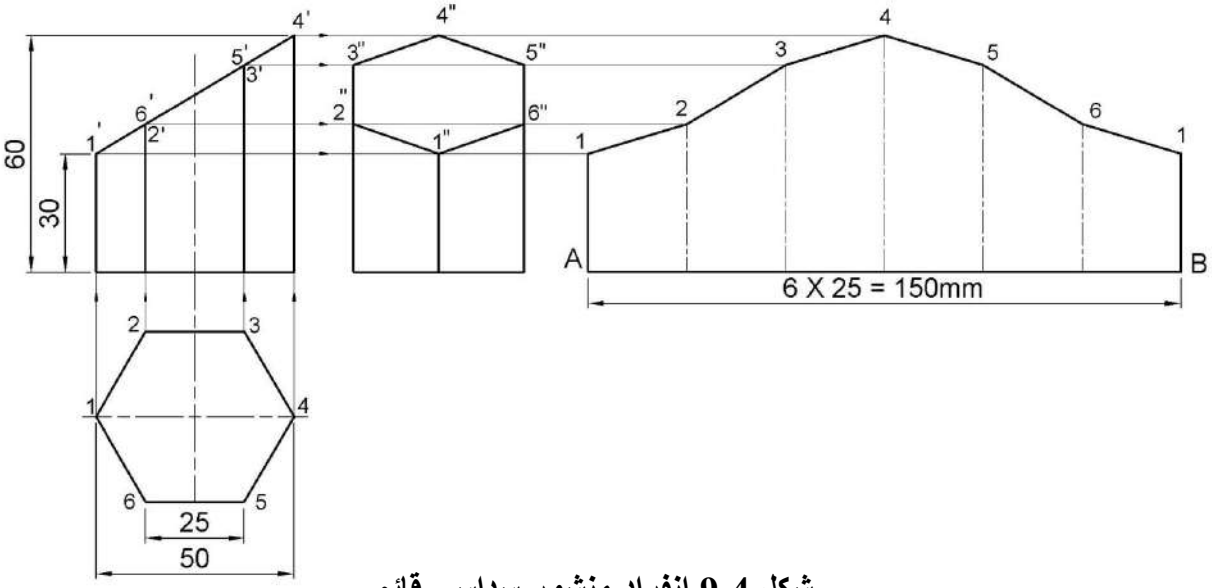
مثال (5): الشكل (4-8) يبين منشوراً سداسياً قائماً طول ضلع قاعدته (25 mm) مقطوعاً بمستوى مائل, وارتفاع المنشور من إحدى الجهتين (60 mm) ومن الجهة الأخرى (30 mm).



شكل 4-8 منشور سداسي قائم مقطوع

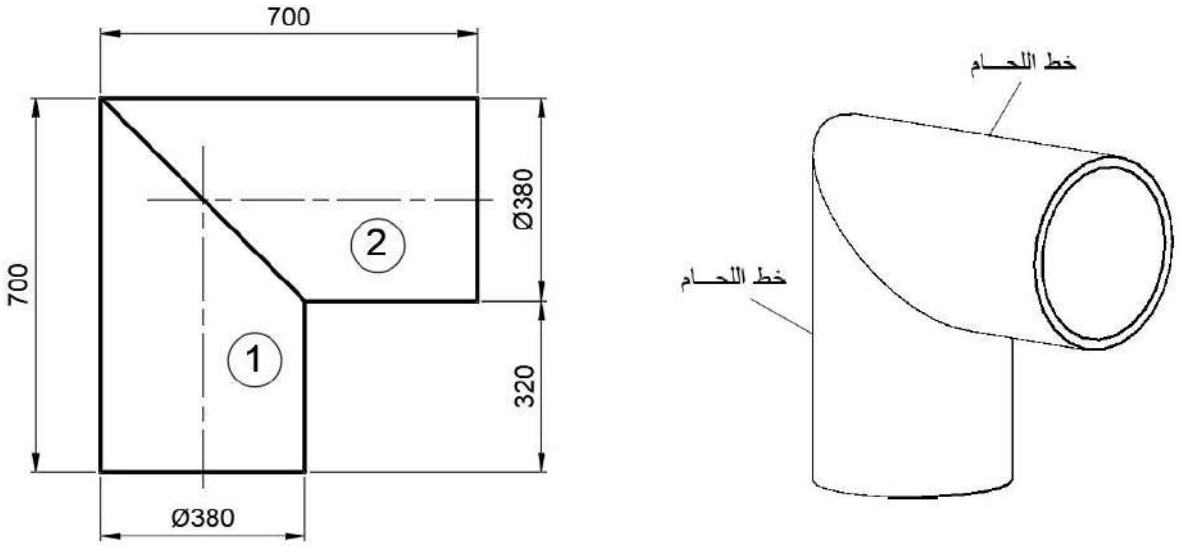
خطوات الرسم :

1. **تُرسم المساقط الثلاثة للمنشور وتُرقم النقاط المبينة لأركان المنشور .**
2. **على امتداد المسقط الأمامي يُرسم الخط الأفقي AB بطول يساوي محيط المنشور (6X25 =150 mm) ويُقسم على ستة أقسام.**
3. **من نقاط التقسيم تُقام أعمدة على الخط الأفقي المرسوم من ارتفاع المسقط الجانبي ويُؤخذ عليها أبعادٌ تساوي ارتفاع كل حرف من أحرف المنشور عن طريق رسم خطوط أفقية من نقاط نهايات الأحرف في المسقط الأمامي لتتقاطع مع الأعمدة المرسومة من نقاط التقسيم لنحصل على النقاط 1,6,5,4,3,2,1 وبذلك نحصل على شكل الانفراد المطلوب ، الشكل (4- 9).**



شكل 4-9 انفراد منشور سداسي قائم

مثال (6): مثال 6: الشكل (4-10) يبين مرفقا" (كوعا") قائما" مكونا" من أسطوانتين من الصاج قطر كل منهما (380mm) وبطول (700mm) ويصنع زاوية قائمة لخط اللحام بينهما ، المطلوب : رسم أنفراد المرفق بمقياس رسم (10:1)



الشكل (4-10)

خطوات الرسم :

1- يرسم المسقط الأمامي للأسطوانتين بألأبعاد المعطاة بالرسم بعد تدوير الأسطوانة رقم (2) بزاوية 90 درجة كما موضح في الشكل (4-11)

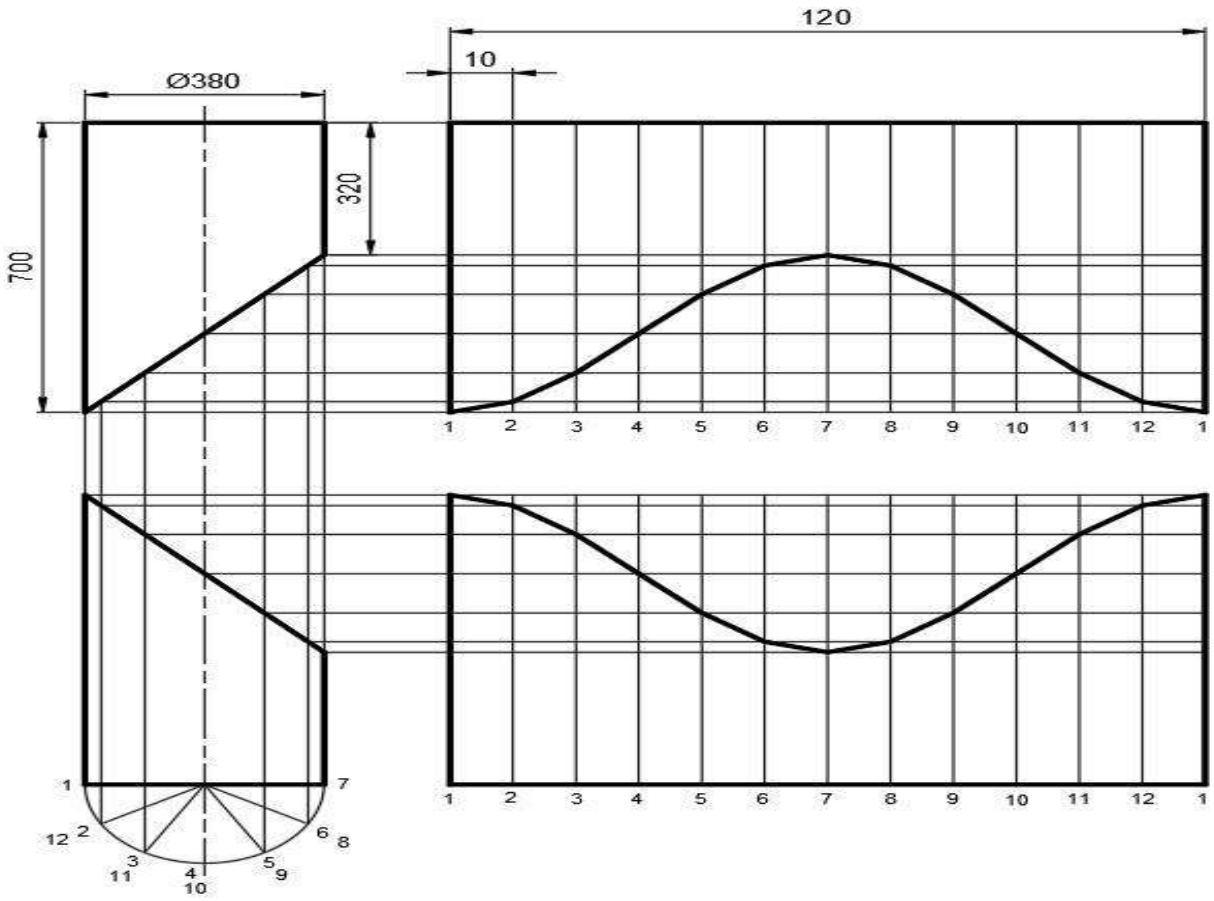
2- أسفل المسقط الأمامي للأسطوانة رقم (1) نرسم نصف دائرة وتقسم الى 12 جزء متساوي

3- من نقاط التقسيم نرسم مستقيمات عمودية تقطع الخط المائل للأسطوانتين

4- على أمتداد المسقط الأمامي (70mmأرتفاع) نرسم خط الأنفراد الأساسي بطول مساوي لمحيط الأسطوانة 119.32mm تقرب الى 120mm وتقسم وترقم الى 12 قسم بطول 10mm

5- من هذه النقاط تقام أعمدة بأرتفاع 70mm

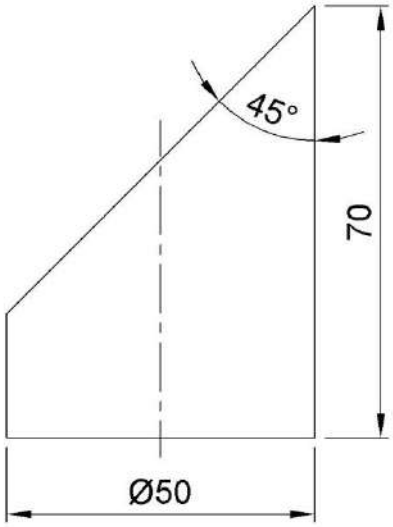
6- نرسم خطوط أفقية من النقاط على الخط المائل في المسقط الأمامي تقطع الأعمدة المرسومة في الخطوة السابقة ثم تعين نقاط التقاطع مع الأرقام المماثلة وعند توصيل هذه النقاط نحصل على الأنفراد المطلوب



شكل (4-11) أنفراد المرفق القائم

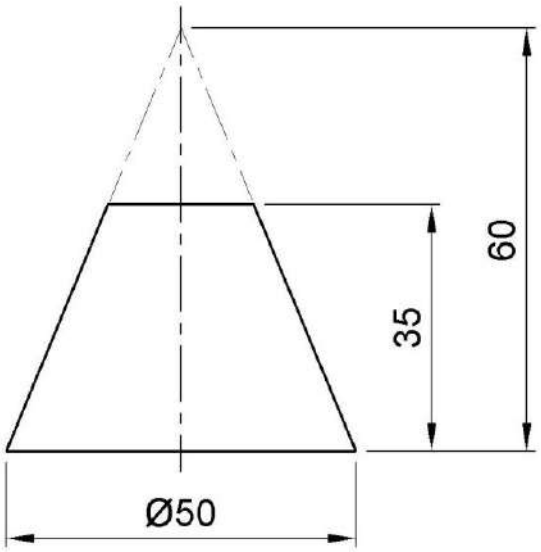
3-4 تمـــــارين

تمرين (1) : ارسم انفراد السطح الخارجي للاسطوانة المقطوعة بزاوية 45° والموضح مسقطها الأمامي وأبعادها في الشكل(4- 12) .



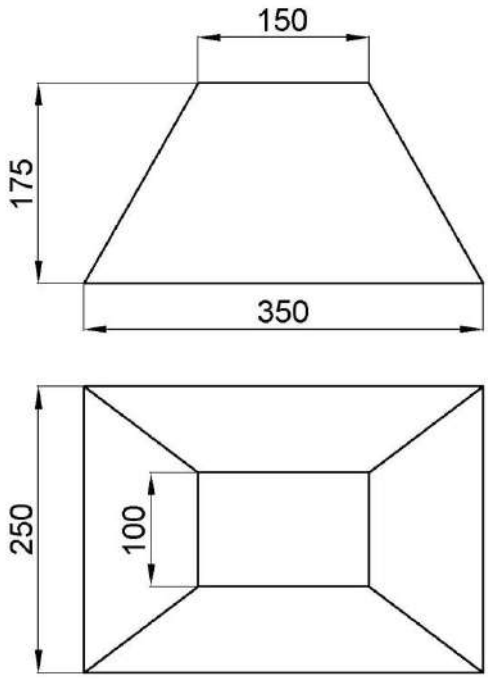
شكل 4-12 اسطوانة مقطوعة بزاوية 45°

تمرين (2) : ارسم انفراد المخروط القائم المقطوع الموضحة أبعاده في الشكل(4-13).



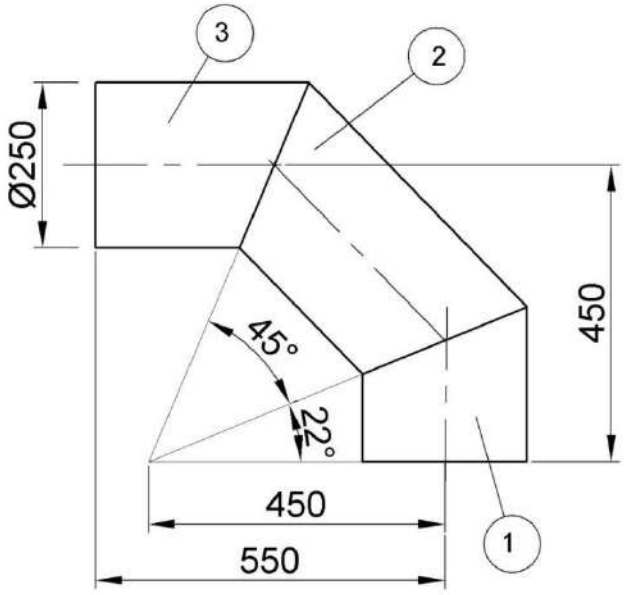
شكل 4-13 مخروط قائم مقطوع

تمرين (3) : ارسم بمقياس رسم (5:1) انفراد الهرم المقطوع المبينة أبعاده في الشكل (4- 14).



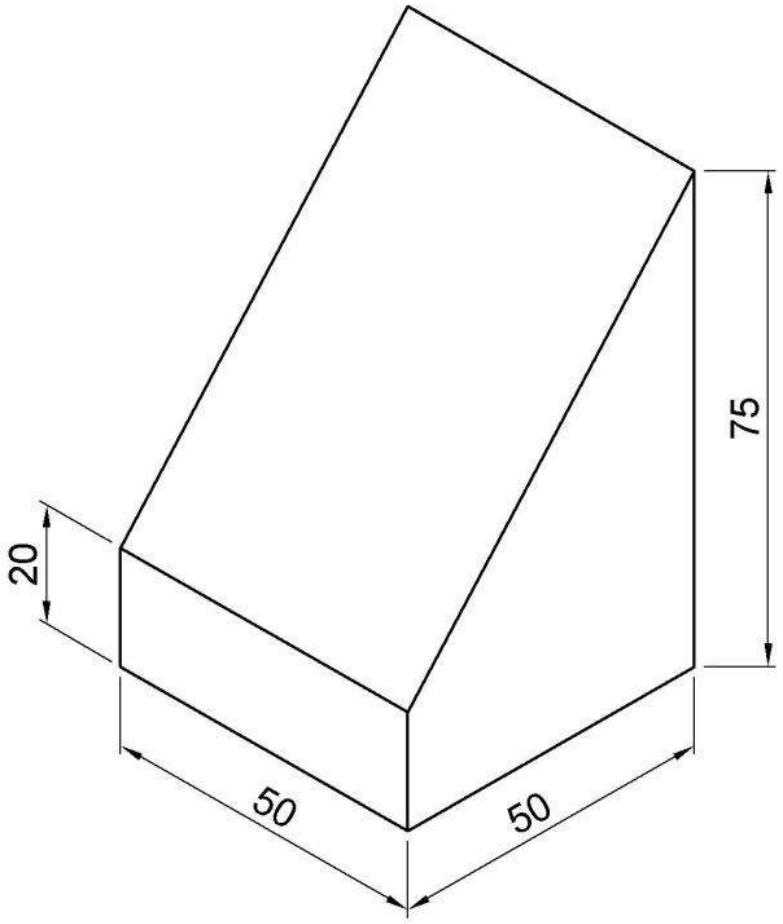
شكل 4- 14 هرم مقطوع

تمرين (4) : إرسم انفراد المرفق القائم المزدوج الموضحة أبعاده في الشكل (4-15).



شكل 4-15 المرفق القائم المزدوج

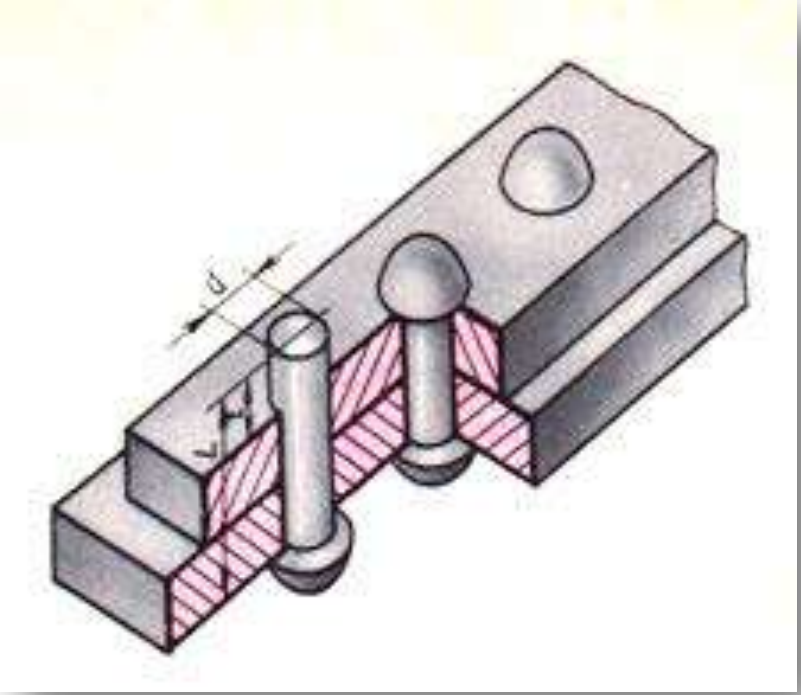
تمـــرين (5) : إرســـم انفـــراد المنشـــور الربـــاعي القـــائم المقطـــوع بشـــكل مائـــل والموضـــحة أبعاده في الشكل (4-16).



شكل 4-16 منشور رباعي قائم

الفصل الخامس

البرشام Rivet



الأهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على أن :

1. يعرف عملية البرشام .
2. يعرف أنواع مسامير البرشام .
3. يعرف الرموز والمصطلحات الخاصة بمسامير البرشام .
4. يرسم وصلات الربط بالبرشام.
5. يرسم مساقط الأشكال المجمعة بالبرشام وقطاعاتها.

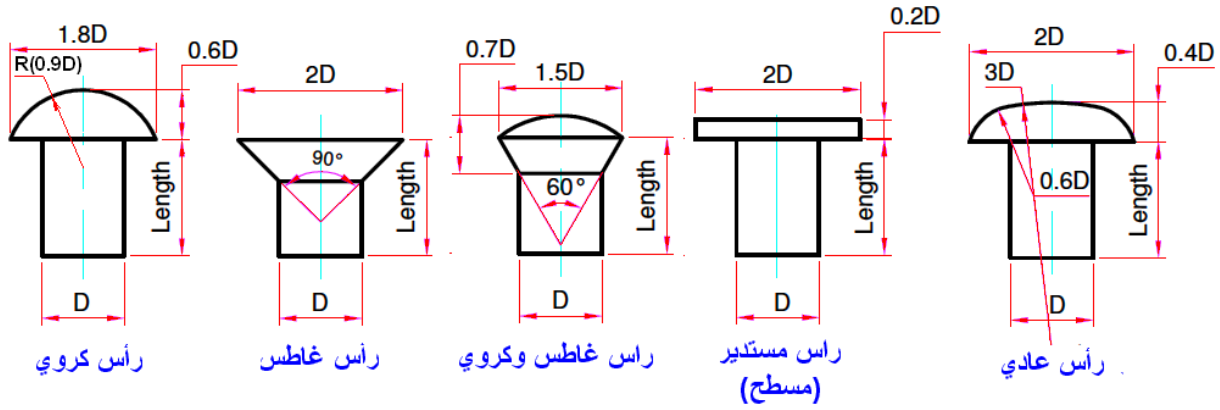
5-1 البرشام Rivet

الربط بالبرشام هو احد أنواع الربط الدائم ,أي ربط الأجزاء مع بعضها بصورة دائمة غير قابلة للفتح .
ويمكن تقسيم الربط بالبرشام على ثلاثة أقسام :

1- ربط متين عديم التسرب (برشام المراجل) .
2- ربط متين (برشام الهياكل الحديدية والجسور) .
3- ربط عديم التسرب (الخزانات بمختلف أنواعها) .

5- 2 انواع مسامير البرشام Kind of Rivets

إن أنواع مسامير البرشام وأشكالها تختلف باختلاف استعمالاتها ,وهذه المسامير ترسم بحسب شكل رأسها وقطر المسمار D الذي يعرف بالبعد الأساسي أما بقية الأبعاد فترسم كنسبة معينة من القطر الأساسي, بينما الطول Length فيتغير بحسب الحاجة، ويبين الشكل (5-1) أنواع مسامير البرشام شائعة الاستعمال وأبعادها الهندسية.

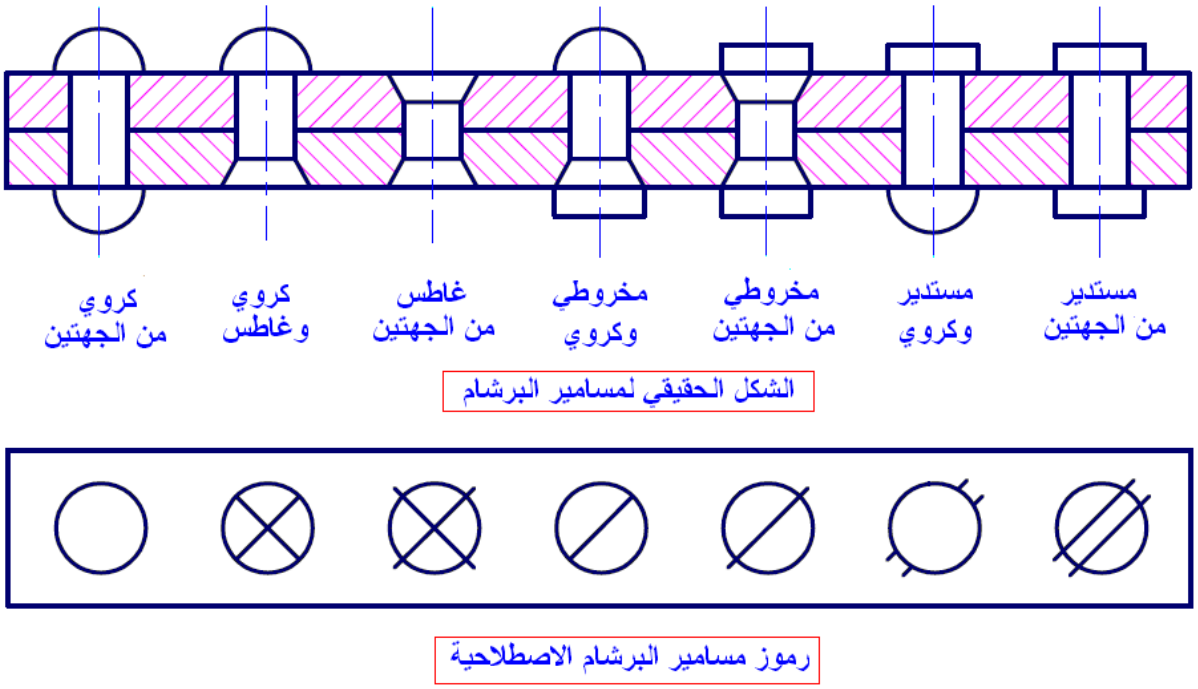


شكل 5-1 أبعاد مسامير البرشام

3-5 رموز البرشام واصطلاحاته Riveting Symbols

تستعمل أعداد كبيرة من مسامير البرشام في توصيل وربط الهياكل والمنشآت الفولاذية ,وهذه الأعداد تجعل مهمة الرسام والمنفذ أمام عملية صعبة وتحتاج لوقت كبير لبيان هذه المسامير على الرسم التنفيذي الذي غالبا ما يرسم بمقياس رسم صغير يجعل مقاسات مسمار البرشام غير واضحة مما يزيد من صعوبة الرسم وقراءته .

ويمثل الشكل (2-5) الشكل الحقيقي لمسامير البرشام ورموزها الاصطلاحية.



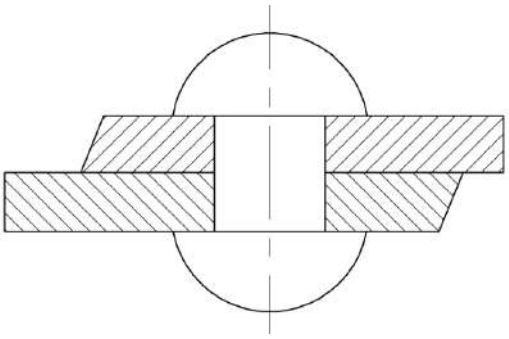
شكل 5-2 أشكال مسامير البرشام الحقيقية واصطلاحاتها

4-5 تمثيل وصلات البرشام بالرسم

هناك ثلاثة أنواع للوصلات هي :

1- الوصلة الانطباقية Lap Joint

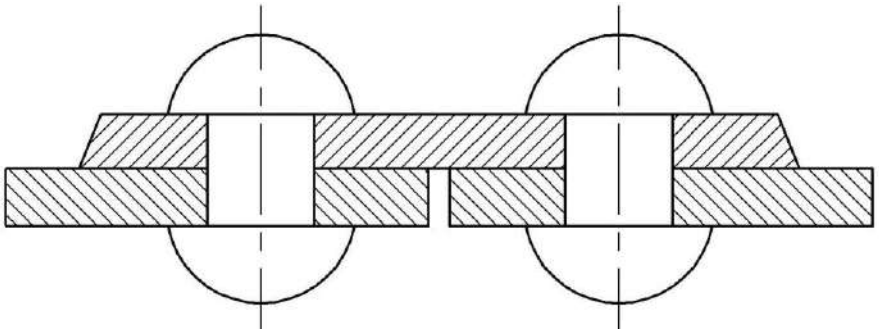
في هذه الوصلة توضع القطعتان إحداهما فوق الأخرى وتوصل بوساطة مسامير كما في الشكل (5- 3) .



شكل 5- 3 الوصلة الانطباقية

2- الوصلة التناكبية المفردة Single Butt Joint

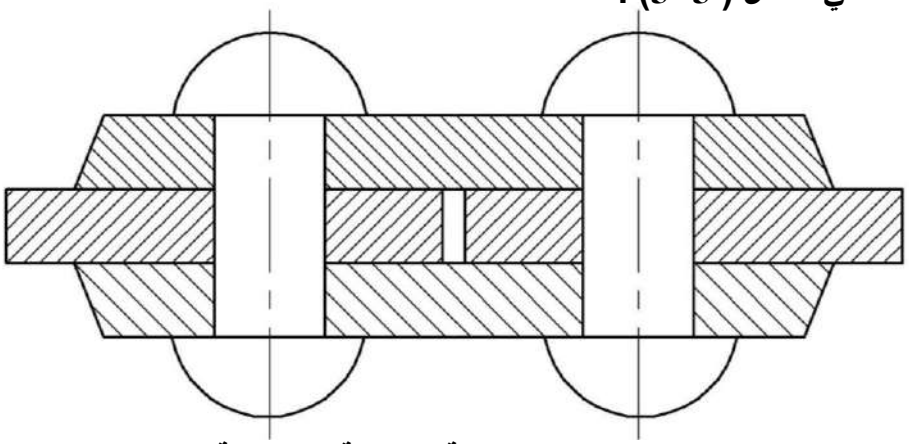
في هذه الوصلة توضع القطعتان إحداهما بجانب الأخرى , وتوضع قطعة ثالثة فوقهما كما في الشكل (4-5).



شكل 5- 4 الوصلة الانطباقية

3- الوصلة التناكبية المزدوجة Double Butt Joint

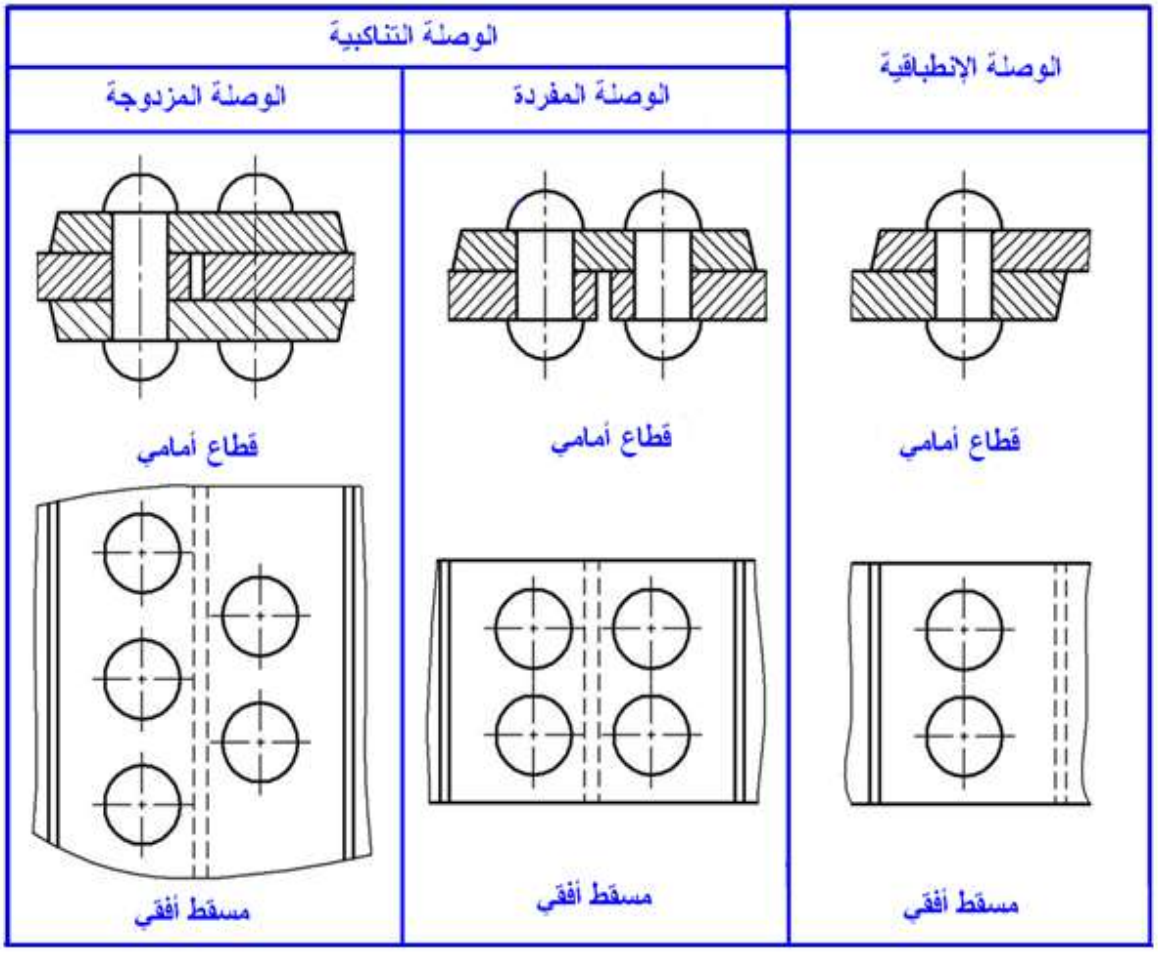
توضع القطعتان في هذه الوصلة بحيث تكون إحداهما بجانب الأخرى , ثم توضع قطعة ثالثة فوقهما ورابعة تحتهما كما في الشكل (5- 5) .



شكل 5- 5 الوصلة التناكبية المزدوجة

ويمثل الجدول (5-1) وصلات الربط بالبرشام بالرسم .

الجدول 5-1 : تمثيل وصلات الربط بالبرشام بالرسم

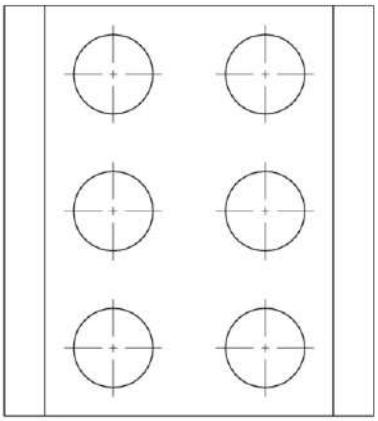


5-5 طرق ترتيب مسامير البرشام

ترتب مسامير البرشام بطرق وبأشكال مختلفة وأكثر هذه الطرق شيوعا هي :

1- طريقة الصفوف Lines & Columns

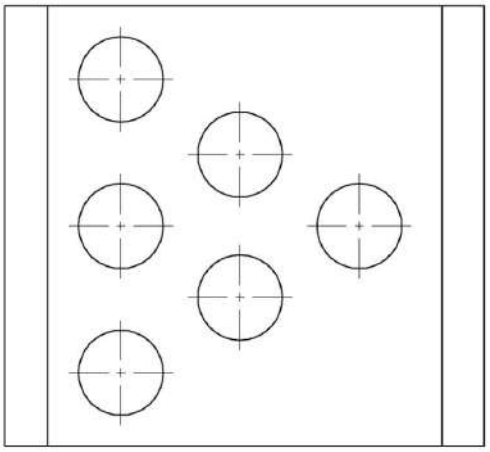
إذ ترتب المسامير في صفوف ذات عدد متساو منها كما في الشكل (5- 6) .



شكل 5- 6 طريقة الصفوف

2- الطريقة الهرمية Staggered

في هذه الطريقة لا يكون عدد المسامير في كل صف ثابتا , ويكون الشكل العام للمسامير هرميا او مثلثا كما في الشكل (5-7) .

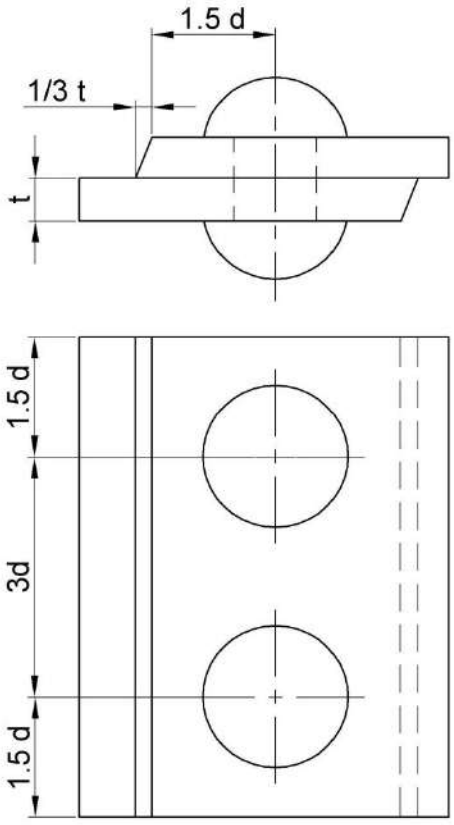


شكل 5- 7 الطريقة الهرمية

ملاحظة

من اجل توزيع مسامير البرشام بشكل صحيح تعتمد الأبعاد التي تستخرج اعتمادا على قطر مسمار البرشام , وكما موضح في الشكل (5-8).

t - تعني سمك اللوح المعدني .



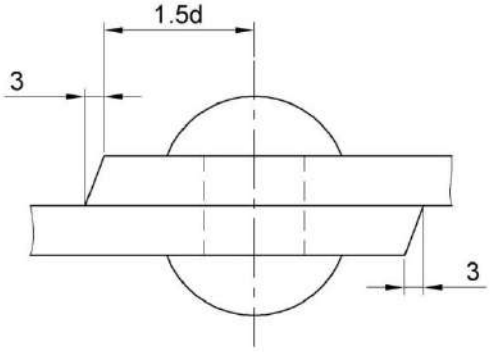
شكل 5- 8 توزيع مسامير البرشام

6-5 أمثلة

مثال 1: الشكل (5- 9) يبين المسقط الأمامي لوصلة انطباقية مكونة من لوحين معدنيين سمك كل منها (9 mm) وقد ربطتا بوساطة مسماري برشام كروويين ,القطر الاسمي لكل منهما (D) (16 mm) مرتبة بصف واحد ، <u>المطلوب</u> : بمقياس رسم (1:1) رسم ما يأتي :

1- القطاع الأمامي

2- المسقط الأفقي



شكل 5- 9 المسقط الأمامي لوصلة انطباقية

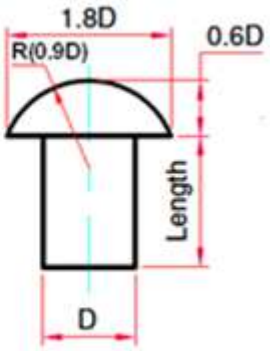
الحـل : يبين الشكل (5-10) القطاع الرأسي والمسقط الأفقي للوصلة مع توضيح أبعاد مسمار البرشام وطريقة رسمه ويعد الرسم كاملاً بعد إتمام وضع الأبعاد.

1- نحسب أبعاد المسمار استنادا إلى القطر D = 16 mm

1.8D=1.8 X16 =28 mm

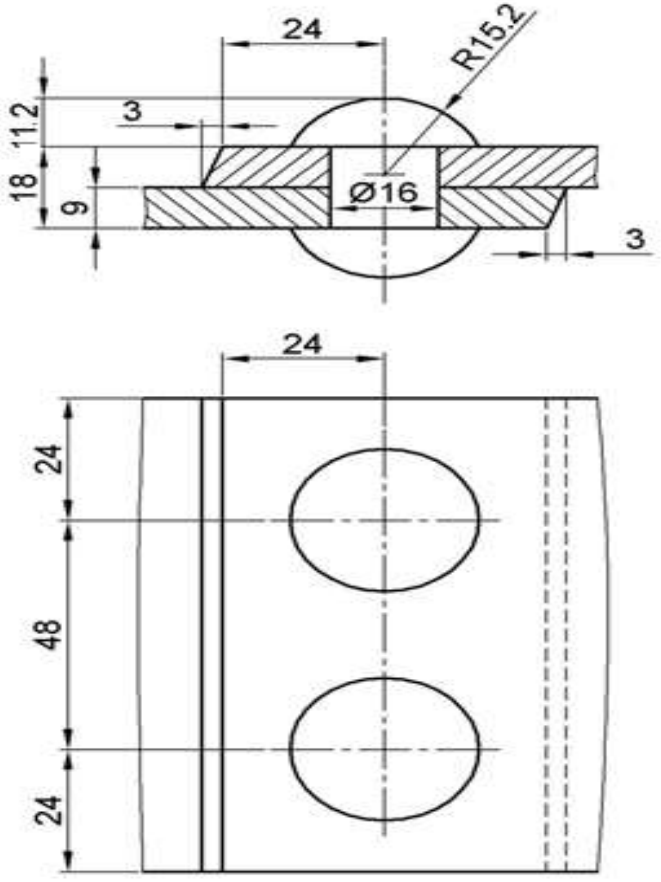
R 0.9 D = 0.9 X 16 = 14.4 mm

0.6 D = 0.6 X 16 = 9.6 mm



2- نرسم القطاع الأمامي والمسقط الأفقي للوصلة .

3- نضع الأبعاد على الرسم وبذلك نحصل على الشكل المطلوب كما في الشكل (5-10) .

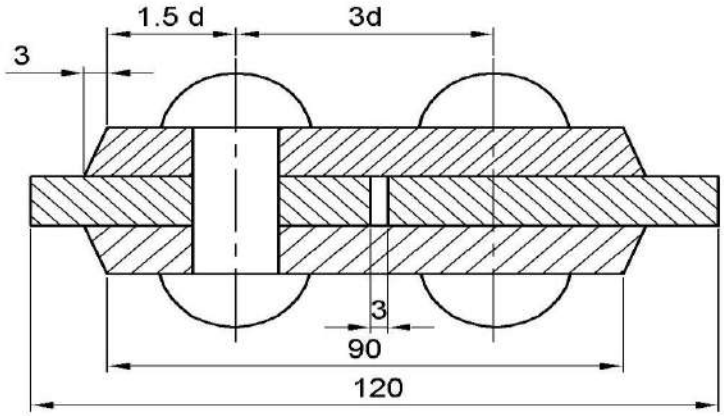


الشكل 5-10 القطاع الرأسي والمسقط الأفقي للوصلة

مثال 2: الشكل (5- 11) يوضح القطاع الأمامي لوصلة تناكبية مزدوجة مكونة من أربع قطع من الحديد المنبسط سمك كل منها (9 mm) ومربوطة بخطين متناوبين عن طريق خمسة مسامير برشام كروية قطر (D) (15 mm)، ارسم ما يأتي للوصلة بعد تجميعها:

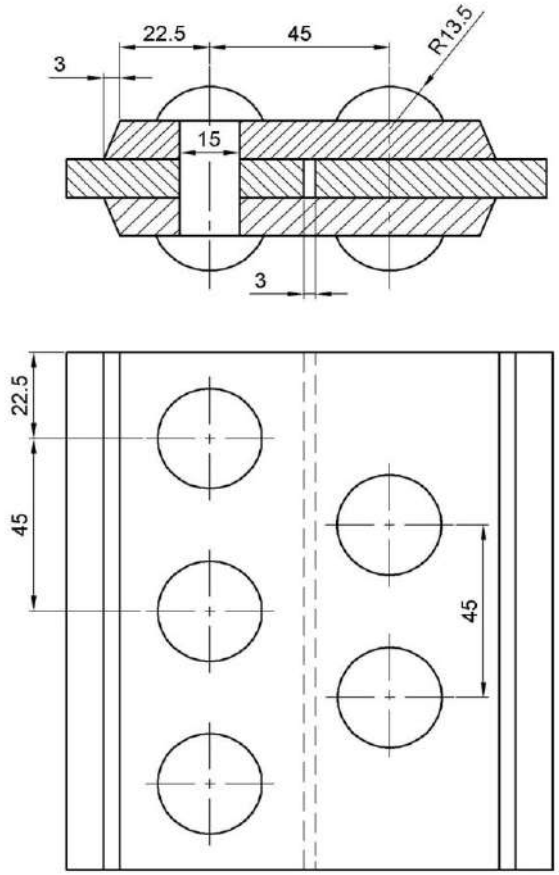
1- القطاع الأمامي

2- المسقط الأفقي .



شكل 5- 11 القطاع الأمامي لوصلة تناكبية مزدوجة

الحـل : نتبع الخطوات نفسها الواردة في المثال السابق لنحصل على المطلوب كما في الشكل (5-12) .

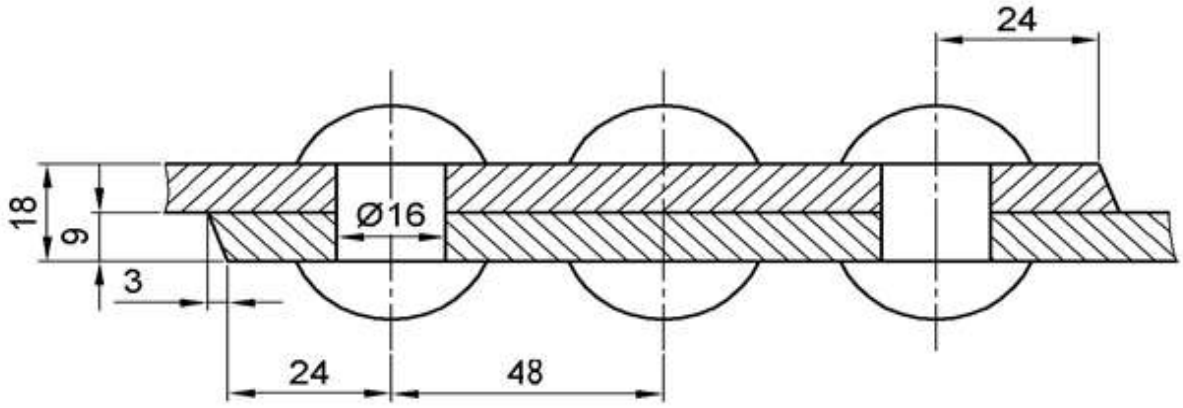


شكل 5-12 القطاع الأمامي والمسقط الأفقي للوصلة

مثال 3: الشكل (5- 13) يبين المسقط الأمامي لوصلة انطباقية مكونة من لوحين معدنيين سمك كل منها (9 mm) وقد ربطتا بواسطة ثلاث خطوط من (8) ثمان مسامير برشام كروية ,القطر الاسمي لكل منهما (D) (16mm) المطلوب : بمقياس رسم (1:1) رسم ما يأتي :

1- المقطع الأمامي

2- المسقط الأفقي



شكل 5- 13 المسقط الأمامي لوصلة انطباقية

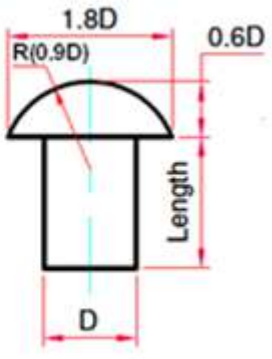
الحـل : يبين الشكل (5-14) القطاع الرأسي والمسقط الأفقي للوصلة مع توضيح أبعاد مسمار البرشام وطريقة رسمه ويعد الرسم كاملاً بعد إتمام وضع الأبعاد.

1- نحسب أبعاد المسمار استنادا إلى القطر D=16 mm

1.8D=1.8 X16 =28 mm

R 0.9 D = 0.9 X 16 = 14.4 mm

0.6 D = 0.6 X 16 = 9.6 mm

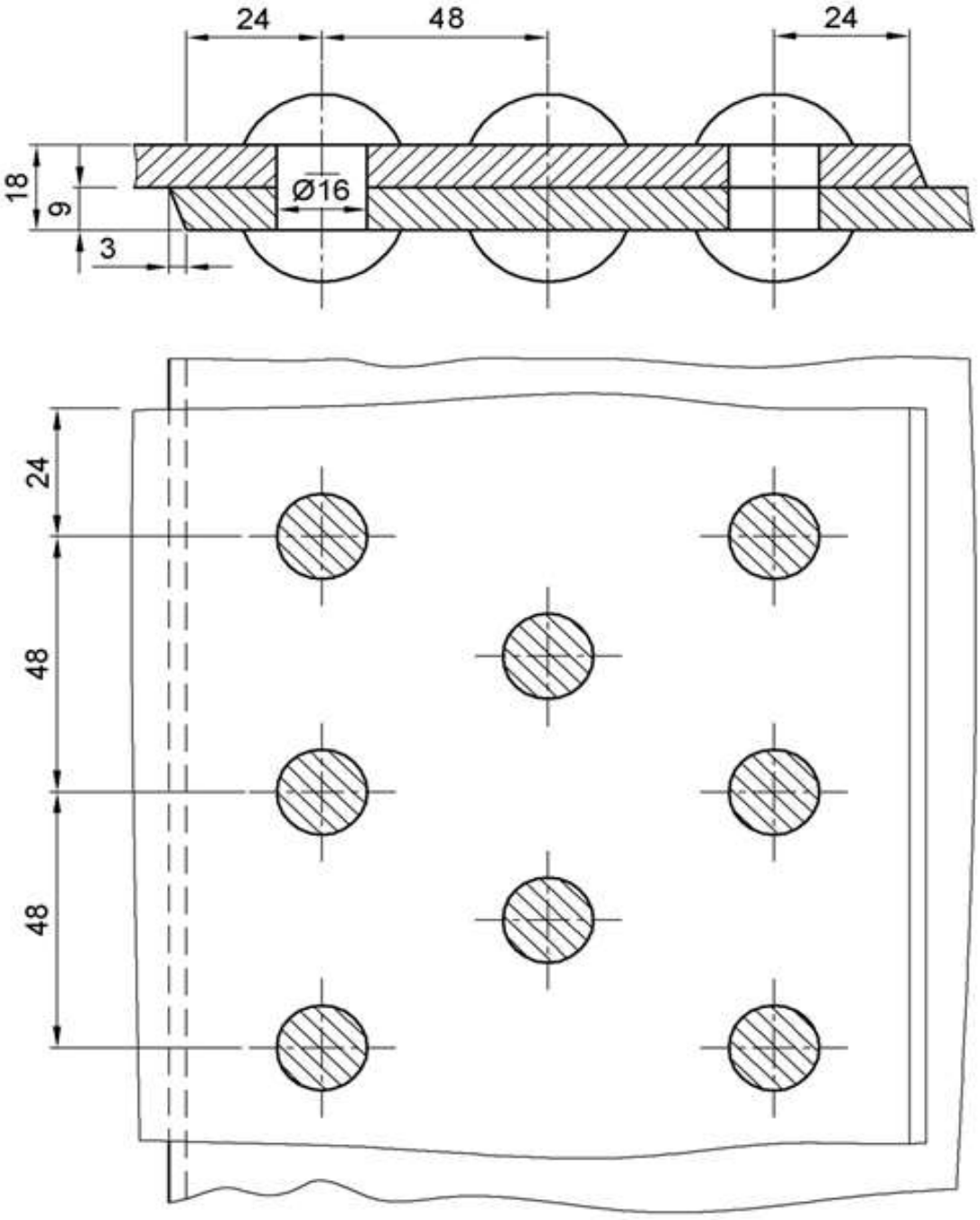


2- نرسم القطاع الأمامي والمسقط الأفقي للوصلة .

3- نضع الأبعاد على الرسم وبذلك نحصل على الشكل المطلوب كما في الشكل (5-14) .

ملاحظة

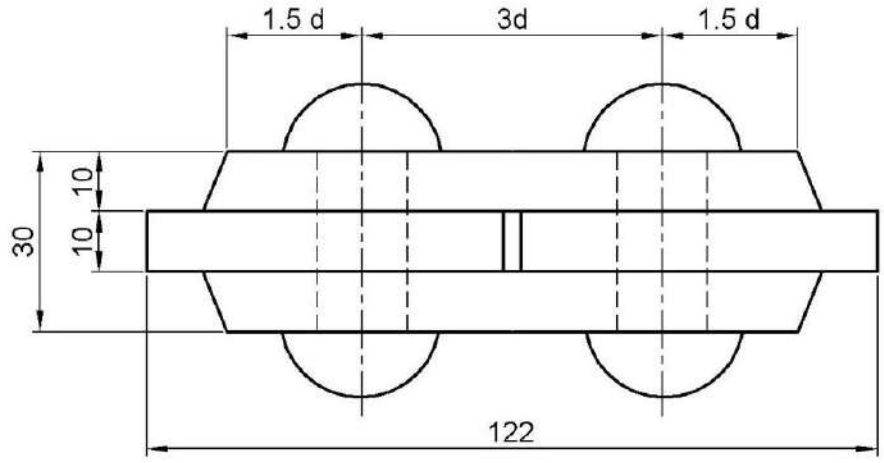
يمكن أحيانا أن نقوم بتهشير القطر الخاص بمسمار البرشام كما في المسقط الافقي المرسوم أدناه .



شكل 14-5 القطاع الأمامي والمسقط الأفقي للوصلة

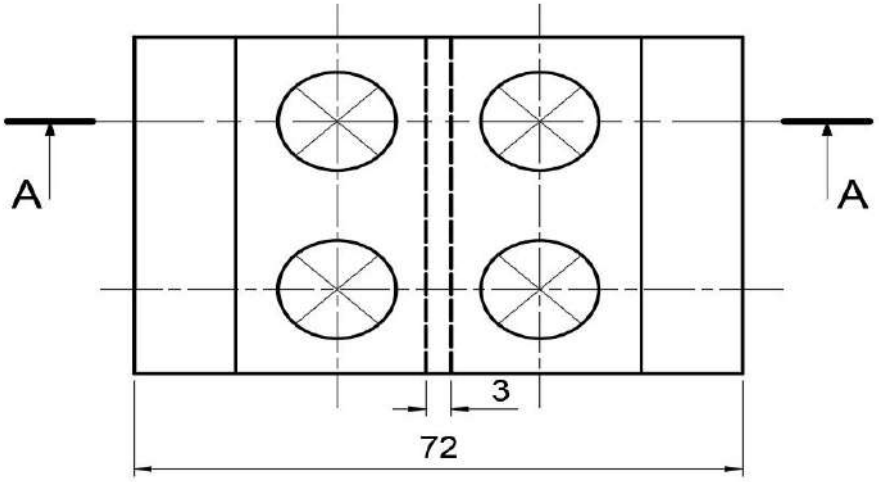
7-5 تمارين

تمرين 1 : الشكل (5- 15) يوضح وصلة تناكبية مزدوجة مكونة من أربع قطع من الحديد المنبسط سمك كل منها 10 mm ومربوطة عن طريق ستة مسامير برشام كروية D16، والمسافة بين القطعتين في الوسط 3 mm، ارسم للوصلة بمقياس رسم مناسب القطاع الأمامي والمسقط الأفقي.



شكل 5-15 وصلة تناكبية مزدوجة

تمرين 2: الشكل (5-16) يمثل المسقط الأفقي لوصلة برشام فيها نموذج لأستعمال الرموز في البرشمة متكونة من ثلاث قطع بسمك (10mm) وقطر البرشام (8mm) المطلوب : رسم المقطع الأمامي (A-A) والمسقط الأفقي للوصلة .



شكل 5-16 وصلة برشام

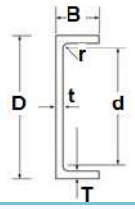
تمرين اثرائي :الشكل (5-17) يبين جزءاً من جسر معدني مركب من مقاطع فولاذية حرف U وصفائح،

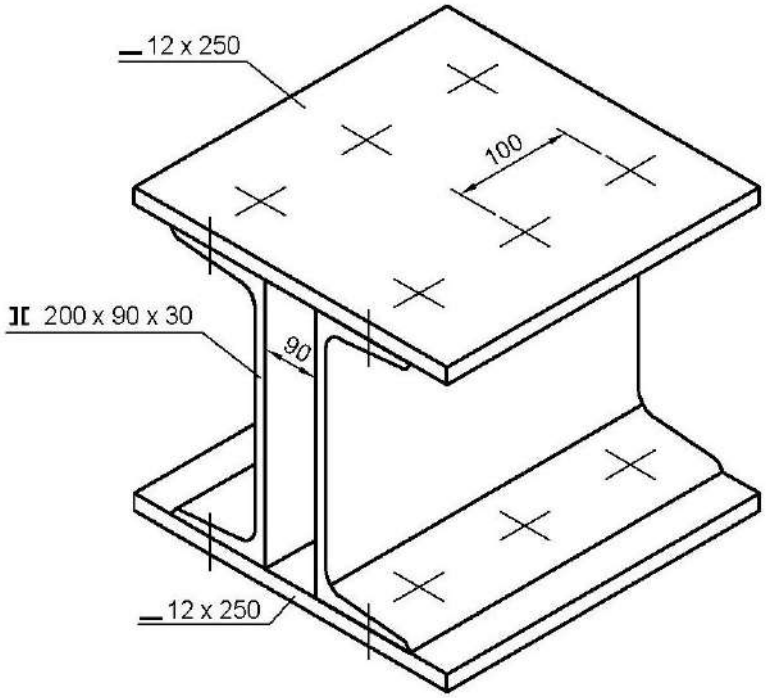
المطلوب :رسم ما يأتي بمقياس رسم (1 :5) علماً بأن وسيلة الربط هي مسامير برشام قطر (14 mm).

1- القطاع الأمامي

2- المسقط الأفقي

- **استخرج جميع الأبعاد الاسمية الخاصة بالمقطع U بالاستعانة بالجدول أدناه .**

	كتلة/ طول	عمق المقطع	عرض المقطع	السمك		قوس الجذر	طول الساق	مساحة المقطع
				الساق	الشفة			
	m	D	B	t	T	R	d	
	kg/m	mm	mm	mm	mm	Mm	mm	cm^2
200×90×30	29.70	200	90	7.00	14.00	12	148.0	37.9



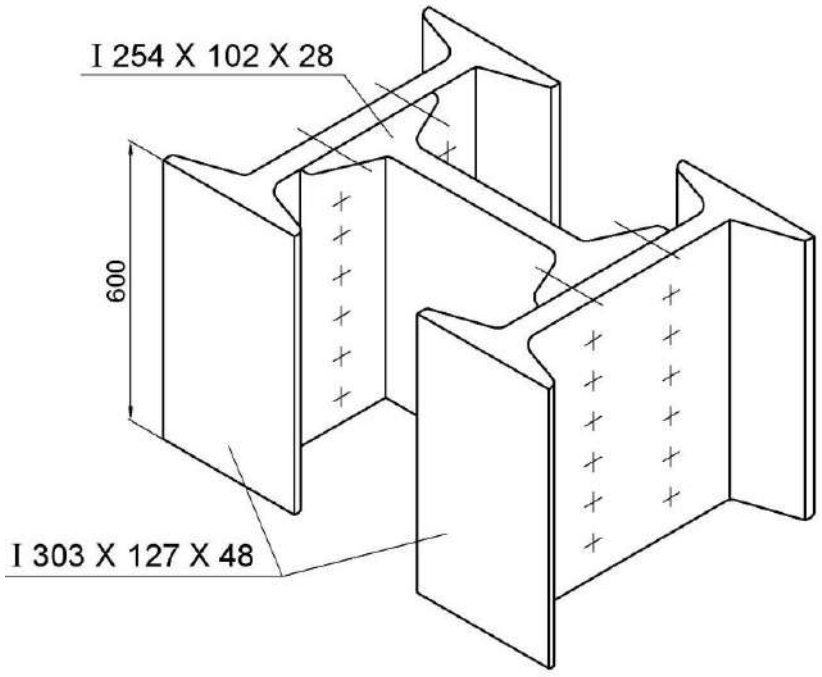
شكل 5-17 جزء من جسر معدني

تمرين اثرائي : الشكل (5-18) يبين جزءاً من عمود معدني مركب من مقاطع حرف I مربوطة بمسامير برشام قطر (8 mm) .المطلوب : رسم ما يأتي بمقياس رسم (10:1)

1- المسقط الأمامي
2- القطاع الجانبي

- **استخرج جميع الأبعاد الاسمية الخاصة بالمقاطع حرف (I) (شيلمان) بالاستعانة بالجدول أدناه.**

	كتلة/ طول	عمق المقطع	عرض المقطع	السمك		قوس الجذر	طول الساق
				الساق	الشفة		
	m	h	b	S	T	R	d
	kg/m	mm	mm	mm	mm	Mm	mm
254×102×28	28.3	260.4	102.2	6.3	10.0	7.6	225.2
303×127×48	48.1	311.0	125.3	9.0	14.0	8.9	265.2



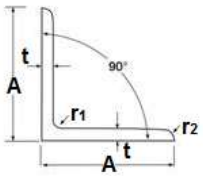
الشكل 5-18 جزء من عمود معدني مركب من مقاطع حرف I

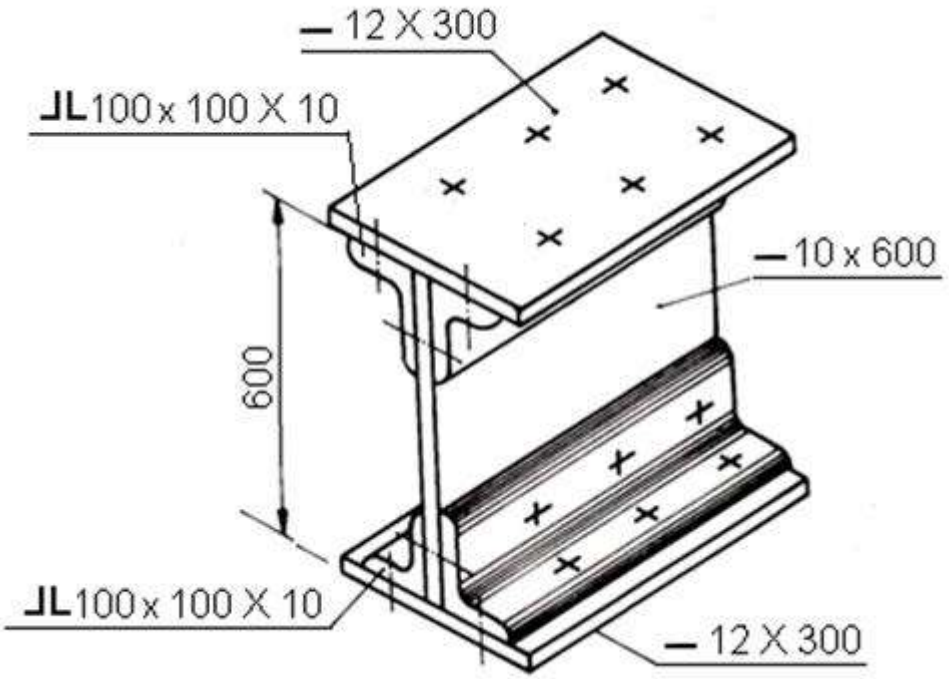
تمرين اثرائي : الشكل (5-19) يبين جزءاً من جسر معدني مركب من ألواح وزوايا مربوط بمسامير برشام قطر (16 mm) ، المطلوب رسم ما يأتي بمقياس رسم (10:1) .

1- القطاع الأمامي

2- المسقط الأفقي

- **استخرج جميع الأبعاد الاسمية الخاصة بالمقطع (زاوية) بالاستعانة بالجدول أدناه .**

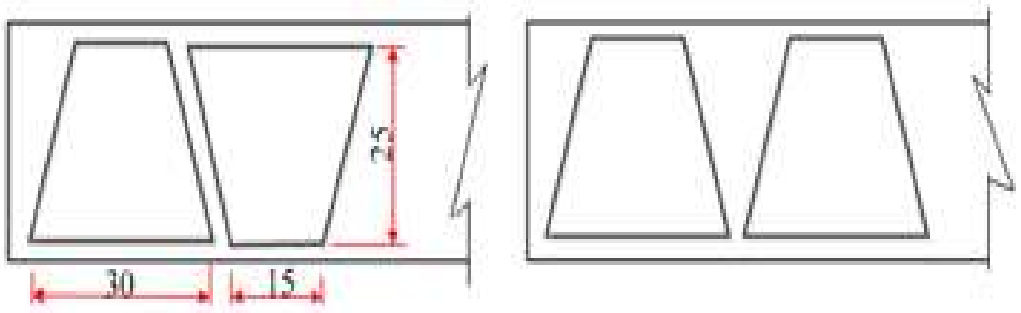
	كتلة / طول	قطر قوس الجذر	قطر قوس الحافة	مساحة المقطع
أبعاد المقطع (A×A×t) mm	m kg/m	r_1 mm	r_2 mm	cm^2
100×100×10	15.0	12	6.0	19.2



الشكل 5-19 جزء من جسر معدني مركب من زوايا وألواح

الفصل السادس

رسم عمليات التشكيل
Drawing of Forming Processes



الأهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادرا على أن :

1. يرسم عمليات التشكيل المختلفة.
2. يرسم مساقط ومقاطع عملية الدرفلة ومنتجاتها.
3. يرسم مساقط ومقاطع عمليات التشكيل بالحدادة
4. يرسم عمليات التشكيل بالبثق ومساقطها ومقاطعها.
5. يرسم عمليات التشكيل بالسحب ومساقطها ومقاطعها.
6. يرسم عمليات تشكيل الصفائح المعدنية.
7. يرسم عمليات قطع الصفائح المعدنية.
8. يرسم عمليات ثني الصفائح المعدنية.
9. يرسم عمليات سحب الصفائح المعدنية

1-6 رسم عمليات التشكيل Drawing of Forming Processes

تستخدم طرائق التشكيل بأنواعها المختلفة لغرض الحصول على قطع أو منتجات بمقاسات ذات دقة عالية وبأشكال مختلفة قد تكون معقدة بعض الشيء ولها خواص ميكانيكية جيدة وإمكانية تعزيز هذه الخواص ضمن أتجاه معين للقطعة المشكّلة. ويتم تحقيق ذلك من خلال حصر قطع العمل الأولية بقوالب التشكيل التي تم تصنيعها بدقة متناهية، وبالتالي تطويع القطعة المعدنية ضمن قوالب مكائن التشكيل لتأخذ الشكل والقياس المطلوب للإيفاء بالغرض الذي صممت من أجله مع ***احتفاظ قطعة العمل بحجمها***.

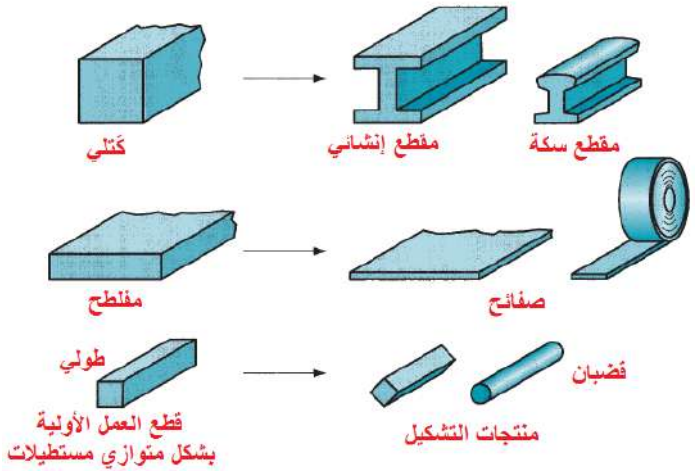
تُصنف عمليات التشكيل اعتماداً على شكل قطعة العمل (نسبة المساحة السطحية للحجم) إلى مجموعتين هما:

- التشكيل الكتلوي (أي المعدن المستخدم يكون بشكل كتلة) (Bulk Metal Forming)
- تشكيل الصفائح (Sheet Metal Forming)

المجموعة الأولى (التشكيل الأولي) تكون فيها نسبة المساحة السطحية للحجم صغيرة، في حين أن هذه النسبة كبيرة جداً في المجموعة الثانية (تشكيل الصفائح). تتضمن عمليات التشكيل الكتلوي: الدرفلة، الحدادة، البثق، والسحب. أما تشكيل الصفائح فيتضمن: القطع، الثني، والسحب.

2-6 رسم عمليات التشكيل الكتلوي Drawing of Bulk Forming Processes

تحدث في عمليات التشكيل الكتلوي تغيرات جوهرية لأشكال قطع العمل والتي كانت أشكالها الأولية (قبل التشكيل) عبارة عن أشكال هندسية بسيطة مثل الأسطوانة بشكل قضبان أو المتوازي المستطيلات (المفلطح Slab والطولي Billet والكتلي Bloom) وغيرها من الأشكال الهندسية المشابهة، كما موضح في الشكل (6-1).



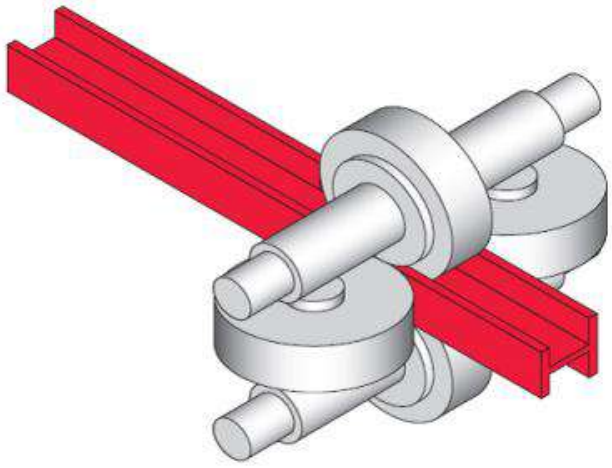
شكل 6-1 بعض قطع العمل الأولية وبعض منتجات عمليات التشكيل

تمرين 4-1:

ارسم المنظور المتقايس Isometric والمسقط الامامي Front View لقطعة عمل أولية عبارة عن متوازي مستطيلات (الشكل الكتلي) أبعادها: $(300\ mm \times 300\ mm \times 600\ mm)$.

6-2-1 رسم عمليات التشكيل بالدرفلة Drawing of Rolling Forming Processes

تتم بوساطة ضغط (عصر) قطعة العمل بين أسطوانتين تسمى كلٍ منهما بالدرفيل (Roller), حيث تدار هاتين الأسطوانتين باتجاهين متعاكسين لسحب قطعة العمل مع الضغط بالتزامن، وتكون أقل مسافة بين الدرفيلين مساوية لسمك المنتج النهائي المطلوب. علماً أن هنالك عمليات درفلة مستوية وأخرى غير مستوية يتم فيها تشكيل مقاطع وأشكال معينة مثل المقاطع الإنشائية، ويأخذ المنتج فيها شكل الفراغ بين الدرافيل المستخدمة بوساطة الحفر بشكل مجرى أو بأشكال خاصة بحسب الشكل المطلوب، كما هو مبين في الشكل (6-2). إذ يتم زيادة طول المقطع على حساب سمكه ليبقى الحجم ثابتاً ولا يتغير في أثناء عملية الدرفلة كما في باقي عمليات التشكيل الأخرى.



شكل 6-2 عملية درفلة المقاطع الإنشائية

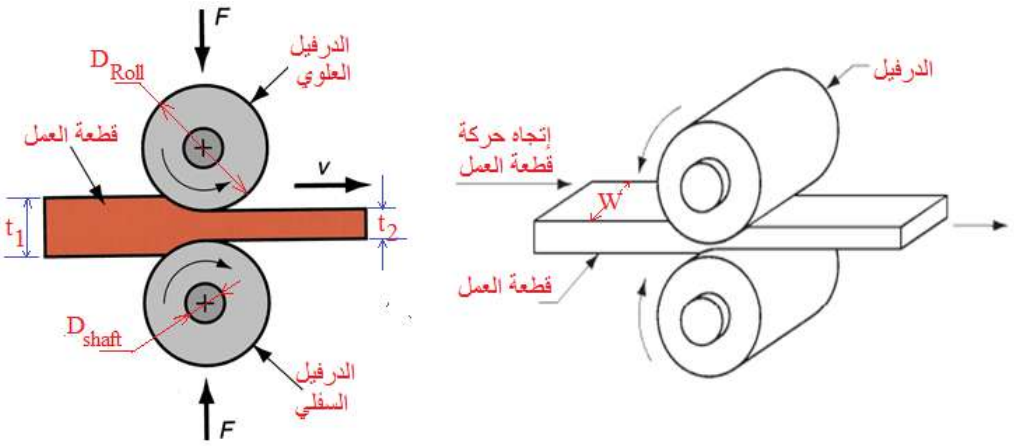
تمرين 4-2:

يوضح الشكل (6-3) عملية درفلة مستوية لتقليل سمك صفيحة معدنية لزيادة طولها مع الحفاظ على قياس عرض الصفيحة، الرسم على اليمين يمثل المنظور لمخطط العملية، والرسم على اليسار يمثل المقطع الامامي لها، الرموز F و v تعني قوة الضغط المطلوبة لتنفيذ العملية وسرعة التشكيل.

المطلوب: رسم المسقط الامامي وبمقياس مناسب لعملية درفلة مستوية لصفيحة بحسب الإبعاد الآتية:

$$t_1 = 25\ mm \qquad t_2 = 20\ mm \qquad W = 150\ mm \qquad l = 500\ mm$$

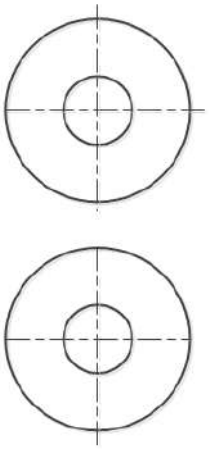
$$D_{roll} = 80\ mm \qquad D_{shaft} = 30\ mm$$



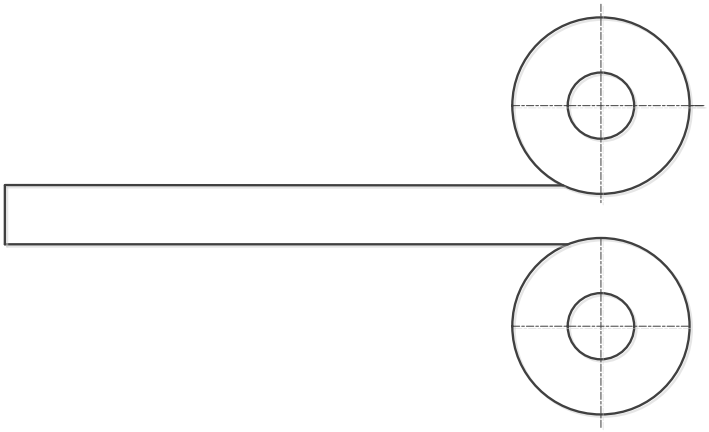
الشكل 6-3 عملية درفلة مستوية

خطوات الرسم:

1. **ارسم محاور الدرفيلين في وسط لوحة الرسم، ثم ارسم دائرتي الدرفيلين بحيث تكون المسافة فيما بينهما مساوية إلى سمك الصفيحة بعد التشكيل (t_2) وهي 20 mm**



2. **ارسم نصف طول الصفيحة من اليسار (l = 250 mm) بسمك قطعة العمل قبل التشكيل (t_1) وهي 25 mm**

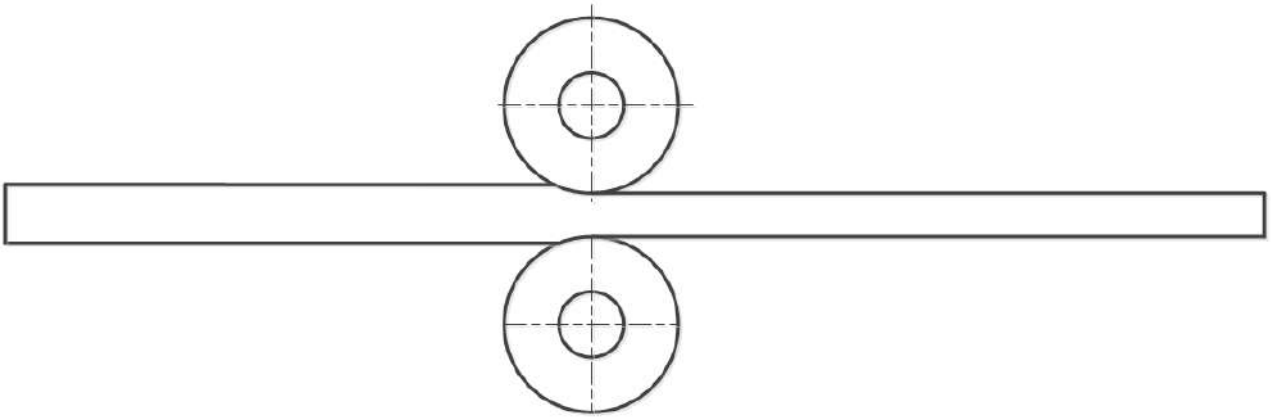


3. احسب نصف الطول الحقيقي (الأيمن) بعد عملية التشكيل من خلال المعادلة الآتية:

$$V = t_1 \times \frac{l_1}{2} \times W = t_2 \times \frac{l_2}{2} \times W \text{ ,} \qquad W = \text{ثابت}$$

$$l_2 = \frac{t_1 \times l_1}{t_2} = \frac{25 \times \frac{500}{2}}{20} = 312.5\ mm$$

4. ارسم نصف الطول الأيمن المحسوب (312.5 mm) وبسمك 20 mm وكما في الشكل أدناه.



6-2-2 رسم عمليات التشكيل بالحدادة Drawing of Forging Forming Processes

تشكل قطع العمل بالحدادة بضغطها بين قالبي الحدادة باستخدام ضغط تدريجي أو مفاجئ لتشكيل المطروقة.

إحدى تصنيفات أنواع طرائق الحدادة تعتمد على درجة حرية تقييد انسياب المعدن بين قالبي الحدادة، إذ إن هنالك ثلاث أنواع من عمليات الحدادة تتضمن:

1. القوالب المفتوحة Open-Die Forging
2. قوالب الضبعة Impression-Die Forging
3. القوالب المغلقة كلياً Flash less Forging

تمرين 4-3:

ارسم أنواع قوالب الحدادة النوع المفتوح، والضبعة، والمغلق كلياً (بدون زوائد) كمسقط رأسي، كما هو موضح في الشكل (6-4)، إذا علمت أن القياسات هي كالآتي:

أ- القالب المفتوح:

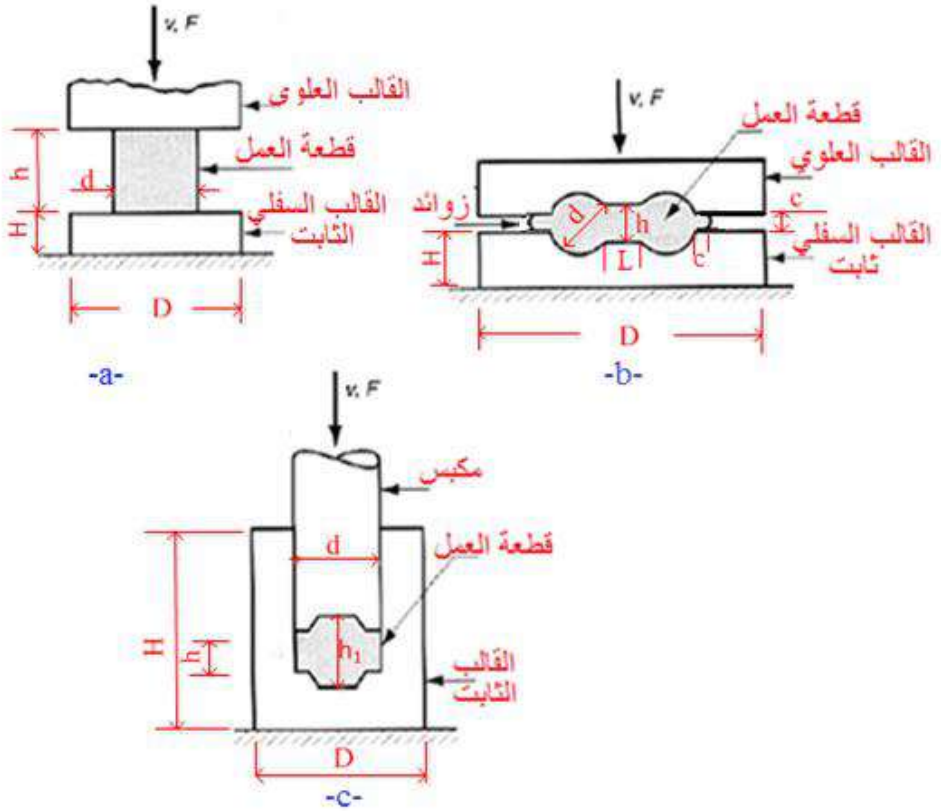
$$D = 100\ mm, \quad d = 50\ mm, \quad H = 30\ mm, \quad h = 80\ mm$$

ب- قالب الضبعة:

$$D = 150\ mm, \ d = 40\ mm, \quad H = 50\ mm, \quad h = 30\ mm, \quad L = 20\ mm, \quad c = 4\ mm$$

ج- قالب مغلق كلياً (بدون زوائد):

$$D = 100\ mm, \quad d = 50\ mm, \quad H = 120\ mm, \quad h = 30\ mm, \quad h_1 = 50\ mm$$



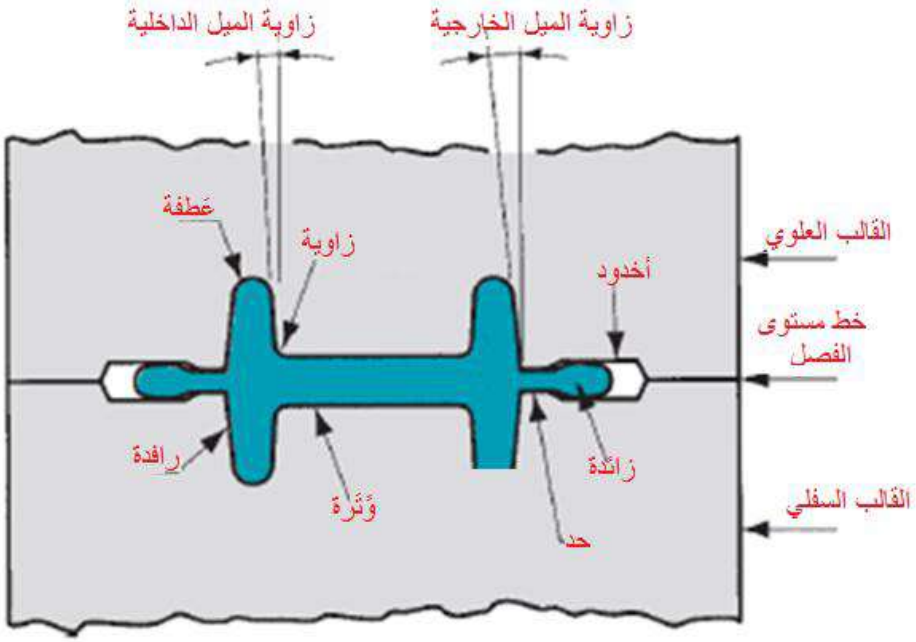
شكل 6-4 أنواع القوالب في الحدادة

ملاحظة

من الجدير بالذكر التنويه عن بعض التفاصيل التي تتضمنها المرتسمات الخاصة بعمليات الحدادة أو المنتجات النهائية (المطروقات) وكما هو موضح في الشكل (6-5)، وهي:

الخط الفاصل Parting Line: وهو عبارة عن المستوي الفاصل بين أجزاء القالب (العلوي والسفلي) والذي يصمم بعناية فائقة من قبل المصمم لاعتبارات مهمة منها التغير في مقدار سمك قطعة العمل ومساحتها لتوزيع قوى الضغط بشكل متجانس.

زاوية الميل Draft Angle: وهي زاوية ميل السطح الجانبي للمطروقة (Taper) التي تساعد على إخراج (طرد) المطروقة من القالب بعد انتهاء عملية التشكيل بسهولة وهي بحدود (3-7°) اعتماداً على نوع المعدن وحجم المطروقة.



شكل 6-5 مصطلحات قالب الضبعة مبين فيه خط مستوى الفصل وزاوية الميل

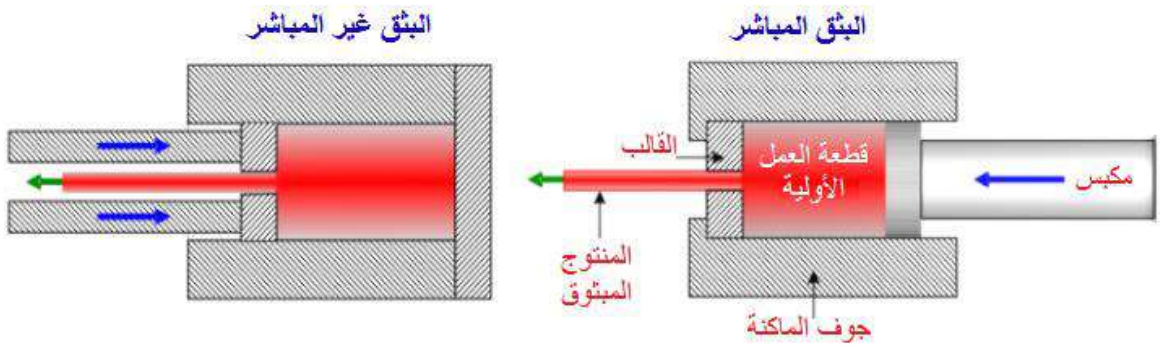
6-2-3 رسم عمليات التشكيل بالبثق Drawing of Extrusion Forming Processes

البثق إحدى عمليات التشكيل بالضغط التي يتم فيها ضغط (عصر) المعدن (قطعة العمل الأولية) ودفعها من خلال فتحة القالب ليأخذ المنتوج المبثوق شكل تجويف (فتحة) القالب، وغالباً ما تجرى عملية البثق على الساخن، وتستخدم عملية البثق بشكل واسع للمعادن والسبائك الحديدية وغير الحديدية في إنتاج الأعمدة والأنابيب والمقاطع المعقدة المستخدمة في صناعة الطائرات والمركبات والمقاطع الإنشائية وغيرها من التطبيقات الصناعية المختلفة.

هنالك ثلاث أنواع من عمليات البثق: وهي البثق المباشر وغير المباشر والبثق الصدمي. سيتم في هذه الفقرة توضيح الاختلافات بين البثق المباشر وغير المباشر من خلال الرسومات الآتية:

تمرين 4-4:

ارسم بمقياس رسم 1/2 الشكل (6-6) الذي يبين عمليات البثق المباشر وغير المباشر، تؤخذ الأبعاد من الرسم.



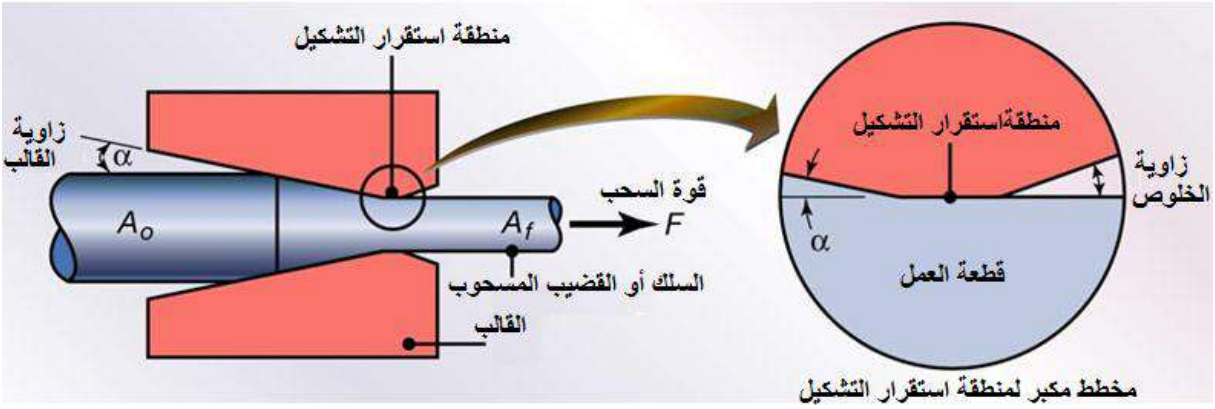
شكل 6-6 عملية البثق المباشر وغير المباشر

6-2-4 رسم عمليات التشكيل بالسحب Drawing of Drawing Forming Processes

تُعد عملية التشكيل بالسحب مشابهة جداً لعملية التشكيل بالبثق، إلا أن في عملية البثق تدفع المادة الأولية وتنساب من خلال تجويف القالب، أما في عملية السحب فتسحب المادة الأولية من خلال تجويف القالب، وكذلك أن عمليات التشكيل بالسحب تتم غالباً على البارد وليس على الساخن كما في عمليات البثق. تنتج بهذه الطريقة من التشكيل الأسلاك والقضبان والأنابيب الرقيقة، ولا يمكن الوصول للمقاطع المطلوبة إلا من خلال تعدد مراحل التشكيل وتخمير (تليين) المعدن خلال هذه المراحل.

تمرين 4-5:

ارسم المقطع الأمامي والمسقط الجانبي لقالب سحب القضبان، إذا علمت أن قطر قطعة العمل الأولية يساوي (18 mm)، وقطر القالب وتجويفه يساوي (50 mm) و (8 mm) على التوالي، أما طوله فيساوي (55 mm)، وزاوية α وزاوية الخلوص تساوي (15°) و (30°) على التوالي. وطول منطقة استقرار التشكيل Bearing Surface (Land) تساوي (5 mm). علماً أن في تطبيقات عمليات سحب الأسلاك قد تصل أقطارها المبثوقة إلى (0.03 mm).



شكل 6-7 عملية سحب الأسلاك والقضبان

3-6 رسم عمليات تشكيل الصفائح Drawing of Sheet Forming Processes

تنتج الصفائح المعدنية بطريقة الدرفلة المستوية وتقسم إلى ثلاثة أقسام من حيث سمك الصفيحة، فالصفائح التي يزيد سمكها عن (6 mm) تدرج ضمن الصفائح السميكة Plates والتي يتراوح سمكها ما بين (0.4-6 mm) تُعد بالصفائح النحيفة Sheet، في حين تدعى الصفائح المعدنية التي سمكها أقل من (0.4 mm) بالرقائق Foils.

تتضمن أعمال الصفائح المعدنية الرئيسة كل من القطع والثني والسحب، ولكل من هذه الأعمال طرائق عمل متنوعة تعتمد على اعتبارات عديدة منها نوع المعدن المستخدم وخصائصه، مساحة الصفائح المنتجة وسمكها، وتطبيقاتها، الطاقات المتوفرة والمكائن والمعدات والأدوات، فضلاً على الاعتبارات الاقتصادية.

1-3-6 رسم عمليات قطع الصفائح Drawing of Sheet Cutting Processes

تتضمن عمليات قطع الصفائح المعدنية طرائق متعددة كـأن تكون القطع بالمنشار أو القطع بالشعلة أو بالأقراص الاحتكاكية أو الطرائق غير التقليدية مثل القطع بالليزر، القطع أو التخريم بالمحاليل الكيمياوية، أو بنفث الماء،ومن الأمور الواجب مراعاتها أثناء عمليات قطع أو قص الصفائح المعدنية هو الجانب الاقتصادي، إذ من الضروري أن تتم العملية بأقل خسارة أو تلفيات للصفائح لتقليل كلف الإنتاج، فضلاً على المساهمة في الحفاظ على البيئة وتطبيق المعايير البيئية المطلوبة. سيتم التركيز في هذه الفقرة على موضوع القص الاقتصادي لتقليل التلفيات من خلال توزيع أشكال الصفائح المطلوب قصها وتهيئتها

للعمليات التالية (الثني أو السحب وغيرها) بشكل متجانس ومنتظم لتحقيق أقل خسارة في الصفائح وبالتالي الاستفادة المثلى من المادة. وعليه يجب أن تتداخل الأجزاء في أنماط معينة للحد من الضائعات للصفائح (السكراب)، كما هو موضح في الشكل (6-8)، وأن يتناسب توزيع الشكل على الصفيحة مع قياساتها مع الأخذ بنظر الاعتبار مسافة الخلوص المطلوبة للقص بين جزءٍ وآخر (c) والذي تستنتج قيمته من العلاقة التالية التي تعتمد على سمك الصفيحة (t):

$$c = 1.25\,t$$

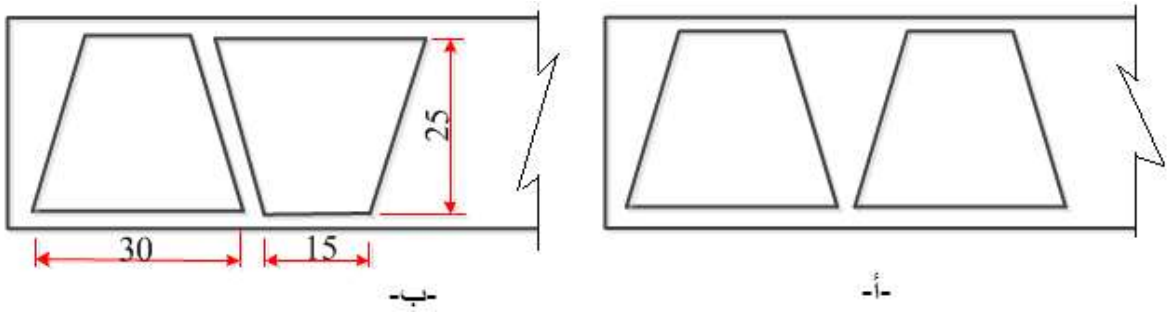
شكل 6-8 القص الاقتصادي

تمرين 6-4:

احسب اكبر عدد ممكن قصه اقتصادياً لشبه منحرف منتظم طول قاعدتيه (30, 15 mm) وارتفاعه (25 mm) من شريط صفائحي طوله (120 mm) وعرضه (30 mm) وسمكه (2 mm)، وارسم ذلك التوزيع.

خطوات الرسم:

1. **تحسب مسافة الخلوص :** $c = 1.25\,t = 1.25 \times 2 = 2.5\,mm$
2. **يتم التوزيع الأمثل للقطع على الشريط الصفائحي كما تعلمه الطالب في الفصل الثامن من كتاب العلوم الصناعية للمرحلة الثانية.**
3. **هنالك احتمالين في توزيع الأجزاء المطلوبة كما مبين أدناه:**



4. من الملاحظ من الرسم أعلاه أن القص بالتوزيع للاحتمال (ب) هو الأفضل من ناحية القص الاقتصادي، لوجود فراغات (سكراب) بين الأجزاء في الاحتمال (أ) أكثر مما هي عليه في الاحتمال (ب).
5. اكمل الرسم واحسب عدد الأجزاء التي تم يمكن قصها من هذا الشريط.

2-3-6 رسم عمليات ثني الصفائح Drawing of Sheet Bending Processes

الثني أو الحني هو أحدى العمليات المهمة في تشكيل الصفائح المعدنية ذات التطبيقات المتنوعة والكثيرة والتي لا تحتاج إلى مكائن معقدة لغرض تنفيذها لكونها ذات آلية عمل بسيطة وغالباً ما تحتاج لأدوات وقوالب أشكالها بسيطة. تتضمن عمليات الثني أيضاً ثني القضبان والأنابيب فضلاً على ثني الصفائح لاعتمادها على نفس المفهوم في التحليل الهندسي.

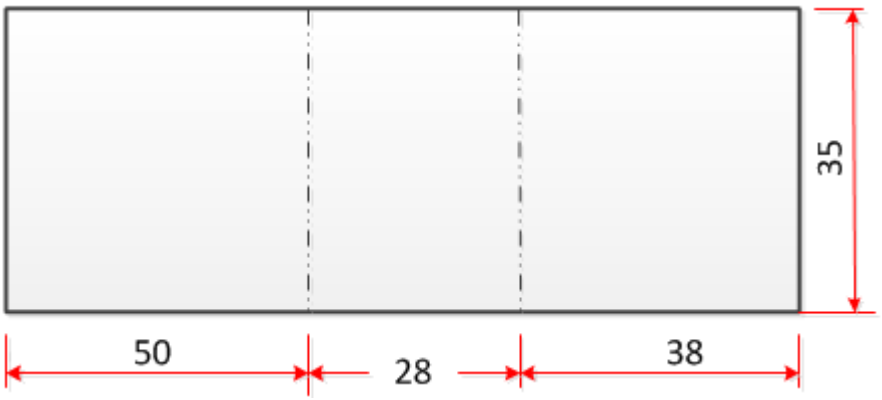
تمرين 4-7:

ارسم المسقط الامامي للصفيحة المثنية المبينة بالرسم أدناه، إذا علمت الآتي:

سمك الصفيحة: 5 mm

نصف قطر قوس الثني الداخلي: 10 mm

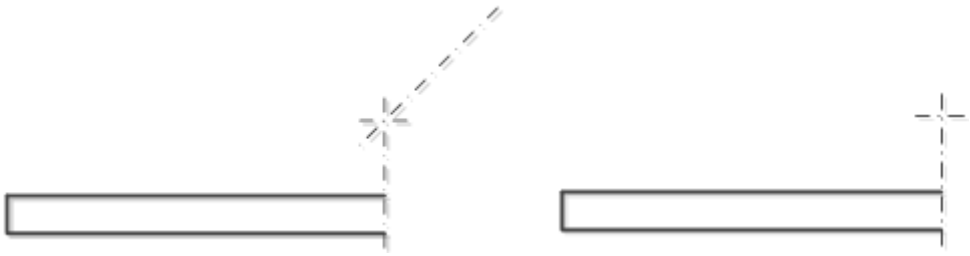
زاوية الثني: 135°



خطوات الرسم:

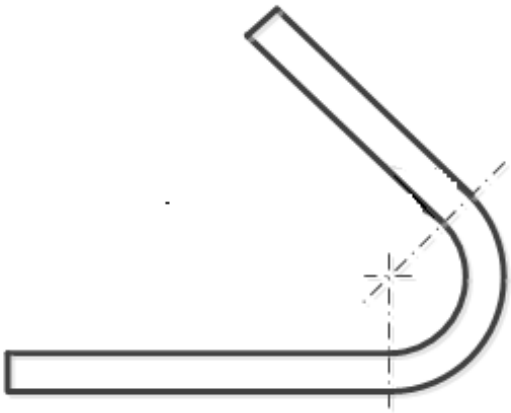
i. **ارسم خطين متوازيين المسافة بينهما هي سمك الصفيحة (5 mm) وطولهما (50 mm).**

ii. **ارسم خطاً محورياً عمودياً على الخطين وأشر مركز القوس بمسافة تبعد عن الضلع الداخلي بمقدار نصف قطر التقوس (10 mm). ثم ارسم خطاً محورياً يعمل زاوية مقدارها 135°**



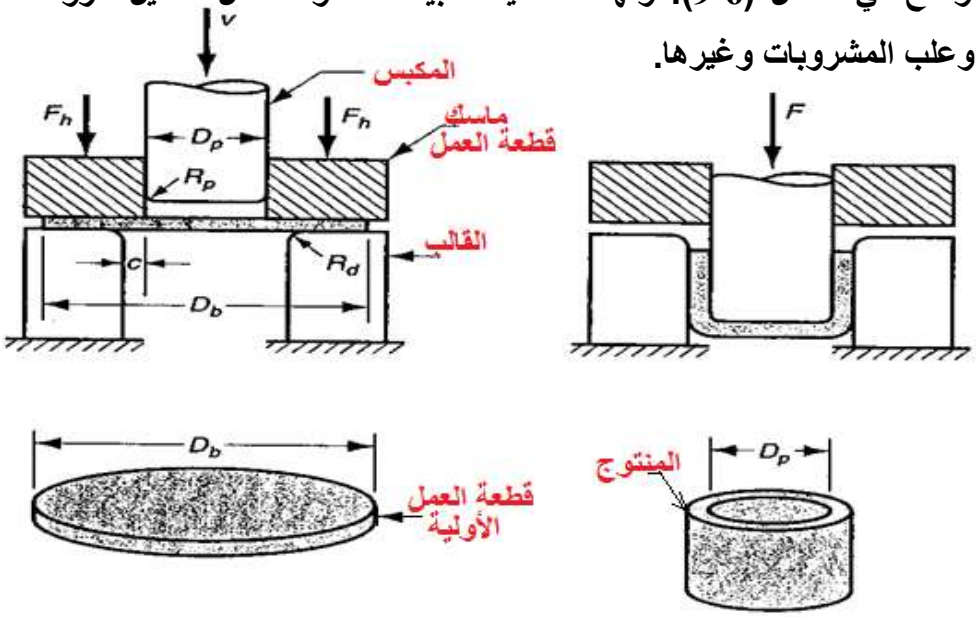
iii. **ارسم قوساً من دائرة نصف قطر (10 mm) من حافة الضلع الداخلي وينتهي في الخط المحوري المائل، ومن ثم ارسم قوساً آخراً مشابهاً ولكن بنصف قطر يساوي (5 + 10).**

iv. **ارسم ضلعين بينهما مسافة تمثل سمك الصفيحة (5 mm) مائلين بزاوية 45° وبطول (35 mm).**



6-3-3 رسم عمليات سحب الصفائح Drawing of Sheet Drawing Processes

أغلب عمليات سحب الصفائح المعدنية وأكثرها شيوعاً هي عملية السحب العميق Deep Drawing، ويتم فيها تشكيل الصفائح عن طريق وضع قطعة العمل الأولية فوق قالب فيه تجويف وسطي يأخذ شكل المنتج المطلوب تشكيله، وتثبت جوانب قطعة العمل بماسك يمنع نزول القطعة بالكامل إلى داخل تجويف القالب، ويتم كبس قطعة العمل بتسليط ضغط عن طريق مكبس شكله يناسب شكل تجويف المنتج المطلوب. كما هو موضح في الشكل (6-9). ولهذه العملية تطبيقات متنوعة مثل تشكيل ظروف الطلقات النارية والقذائف وعلب المشروبات وغيرها.



شكل 6-9 عملية السحب العميق، اليسار قبل التشكيل، اليمين بعد التشكيل

الرموز المذكورة في الشكل أعلاه تشير إلى المتغيرات الآتية:

D_b: قطر قطعة العمل الأولية، وتجدر الإشارة إلى أن حساب هذا القطر مهم جداً عند التصميم لعلاقته المباشرة بشكل وحجم المنتوج النهائي لعدم وجود تلفيات (سكراب) في هذه العملية.

D_p: قطر المكبس.

c: مسافة الخلوص بين المكبس وتجويف القالب وتحسب من العلاقة الآتية: $c = 1.1\ t$ حيث t تمثل سمك قطعة العمل.

R_D: نصف قطر قوس حافة تجويف القالب.

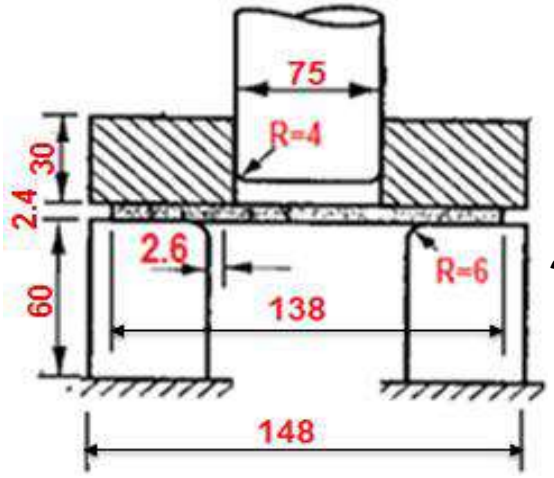
R_P: نصف قطر قوس حافة المكبس.

أما الرموز F ، v ، F_h فتعني قوة ضغط المكبس، سرعة الكبس، وقوة مسك الماسك لقطعة العمل على التوالي، وجميعها تذكر للمعلومات فقط.

تمرين 4-8:

ارسم وبمقياس رسم 2/1 المقطع الأمامي لعملية التشكيل بالسحب العميق، الموضحة في الشكل (6-9) أعلاه قبل التشكيل وبعده، إذا علمت أن مقادير المتغيرات مؤشرة في الشكل (6-10)، وأن نزول مكبس التشكيل بعد تلامسه لقطعة العمل الأولية يساوي (50 mm).

ثم أرسم المسقط الأمامي والأفقي لقطعة العمل الأولية والمنتوج بعد التشكيل.



شكل 6-10

تمرين 4-9:

ارسم وبمقياس رسم مناسب المقطع الأمامي لعملية التشكيل بالسحب العميق المبينة في الشكل (6-11)، علماً أن مقدار نزول المكبس بعد تلامسه لقطعة العمل الأولية يساوي 50 mm، وكانت مقادير المتغيرات كالآتي:

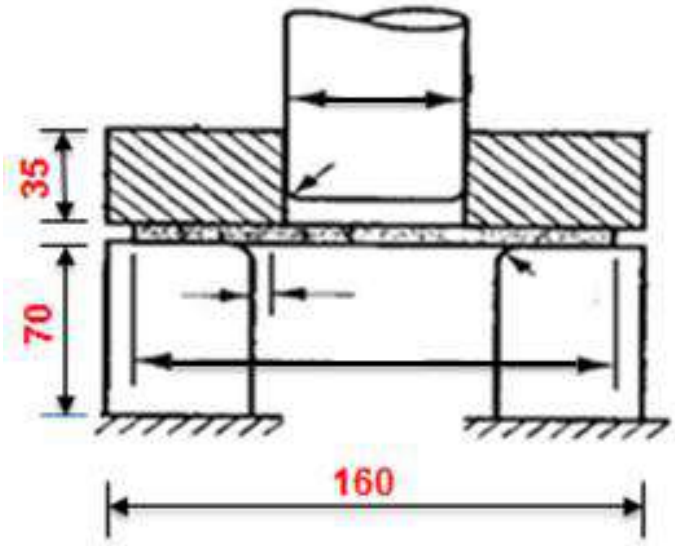
D_b: 150 mm

D_p: 80 mm

c: 3.5 mm

$R_P = R_D$ = 4 mm

وارسم المسقط الأمامي والأفقي لقطعة العمل الأولية والمنتوج المشكل.

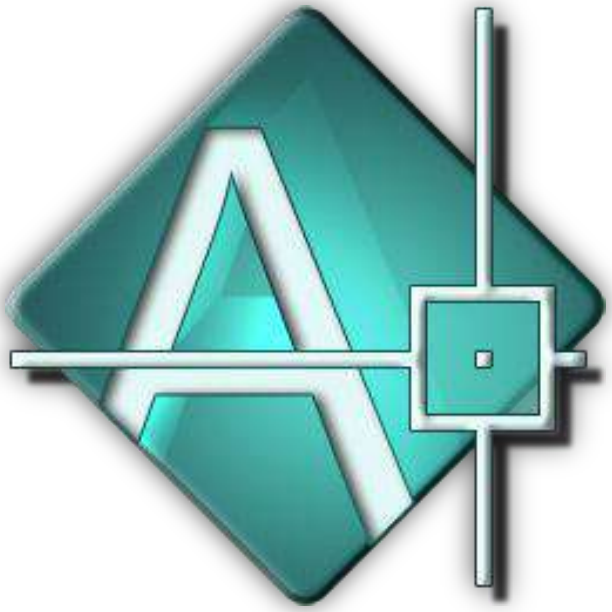


شكل 6-11

الفصل السابع

الرسم بالحاسوب ثلاثي الأبعاد

Computer Aided Drafting 3D



الأهداف

بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن:

1. يهيئ واجهة استخدام برنامج الأوتوكاد ثلاثي الأبعاد ويُعد صفحة العمل.
2. يميز بين أنواع نظم محاور الإحداثيات.
3. يتعرف على طرائق رسم المجسمات والأسطح ثلاثية الأبعاد.
4. يرسم المجسمات الأولية (بسيطة الأشكال).
5. يرسم المجسمات المركبة.

1-7 مقدمة عن الرسم في الأبعاد الثلاثة

إن عرض الرسومات باستخدام الأبعاد الثلاثة يساعد في رؤية المجسمات في شكلها الحقيقي مما يساعد في تحقيق تصميم أفضل ويمكنك من توصيل أفكارك إلى الأشخاص غير المتآلفين مع المساقط الهندسية.

ويمكن تقسيم أنواع الرسومات التي يتم تصميمها في الأبعاد الثلاثة على قسمين:

1. الرسم الآيزومتري بدون تفعيل محور Z، أي الرسم الآيزومتري في المستوى الواحد، ويطلق على هذا النوع من الرسومات $2\frac{1}{2}$ D ويستخدم في إنتاج لوحات الرسومات الهندسية فقط.

2. رسم النماذج ثلاثية الأبعاد (3D Modeling) بتفعيل محور Z، إذ يتم عرض النموذج ودورانه على الشاشة لرؤيته في مناظر ثلاثية الأبعاد 3D Views بزوايا مختلفة ومعرفة التفاصيل الهندسية واستنتاج المساقط والقطاعات، وكذلك استخدام بيانات النموذج عند التعامل مع برامج التصميم والتصنيع CAD/CAM، فضلاً على إمكانية إنتاج اللوحات الفنية للرسومات الهندسية اللازمة.

2-7 تهيئة واجهة استخدام برنامج الأوتوكاد وإعداد صفحة العمل

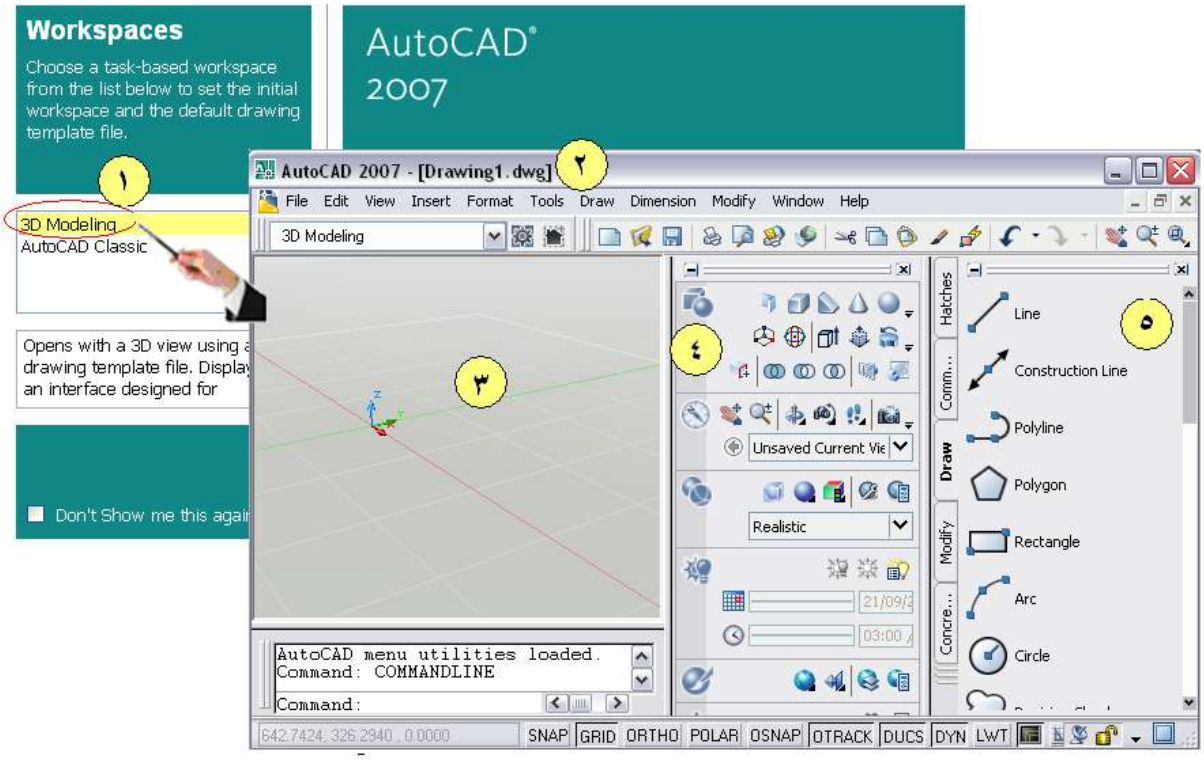
قبل البدء برسم أشكال ثلاثية الأبعاد (مجسمات) ومعرفة كيفية التعامل معها في برنامج الأوتوكاد ضرورة تهيئة واجهة استخدام البرنامج وإعداد صفحة العمل ويتم ذلك عن طريق تنفيذ الخطوات التالية:

1. الدخول إلى برنامج الأوتوكاد ويتم ذلك بالذهاب إلى قائمة:

Start → All Programs → Auto Desk → AutoCAD 2007

قد تكون هنالك إصدارات حديثة للبرنامج في الحواسيب المتوافرة لدى بعض المدارس أحدث من الإصدار المذكور، وهي غالباً لا تختلف كثيراً من حيث أساس البرنامج، وبالأخص للرسومات بسيطة الأشكال.

2. الدخول والتعرف على الشاشة الافتتاحية للبرنامج وهي كما مبينة في الشكل (7-1).



شكل 7-1 تهيئة واجهة استخدام برنامج الأوتوكاد وإعداد صفحة العمل

أ- عند فتح البرنـــامج تظهر الشاشة الافتتاحية، يتم النقـــر بالزر الأيســـر للفأرة (المـاوس) على رقم (1) 3D Modeling أي البرنامج في حالة ثلاثي الأبعاد، وعند النقر عليه أو اختياره تظهر نافذة الأوتوكاد ثلاثية الأبعاد. ويُلاحظ أسفل الاختيار AutoCAD Classic وهى تعنى ظهور نافذة الأوتوكاد بالوضع التقليدي (الكلاسيكي) المعتاد في الإصدارات السابقة.

ب- نافذة الأوتوكاد في حالة ثلاثي الأبعاد (3D Modeling).

ت- منطقة الرسم والإحداثيات في حالة 3D وهى XYZ، كما موضح برقم (3).

ث- تحتوى هذه القائمة على أدوات الرسم ثلاثي الأبعاد 3D وكذلك الانتقال بين وضع 3D ووضع 2D.

ج- تحتوى هذه القائمة على أشرطة أيقونات الرسم والتعديل، كما موضح برقم (5).

ملاحظة:

من الممكن التحكم بمواقع الأشرطة وإظهارها أو إخفاؤها بحسب الحاجة ومقدار الخبرة العملية والممارسة على استخدام البرنامج.

3-7 أنواع نظم محاور الإحداثيات

هنالك نوعان من نظم محاور الإحداثيات المستعملة في برنامج الأوتوكاد هي:

1. نظام الإحداثيات العام World Coordinate System (WCS)

وهو النظام الذي يفترض نقطة أصل ومحاور XYZ على لوحة الرسم ، التي على أساسها ونسبة إليها تُعرف إحداثيات كائنات أوتوكاد، حيث يشير المتجه المحدد بالحرف X إلى اتجاه الشرق وهو اتجاه القياس الموجب للمحور X ويشير المتجه المحدد بالحرف Y إلى اتجاه الشمال، وهو اتجاه القياس الموجب للمحور Y، في حين أن المحور الثالث لنظام الإحداثيات هو المحور Z، وهو المتجه المتعامد على مستوى الاحداثيات XY ويتم تحديد اتجاهه بتطبيق قاعدة اليد اليمنى، لاحظ الشكل (7-2).

شكل 7-2 قاعدة اليد اليمنى لتحديد إتجاه المحاور

2. نظام إحداثيات المستخدم User Coordinate System (UCS)

هو النظام الذي يحدد فيه المستخدم نقطة أصل أخرى ومحاور جديدة (تستخدم لتحديد وتغيير موقع نقطة الاصل (0,0) ومستوى الرسم), وعليه إذا كان هنالك نقطة p إحداثياتها (10,10,0) في نظام الإحداثيات العام فعند تغيير نقطة الأصل إلى الإحداثيات (10,10,0) ستكون إحداثيات النقطة p نسبة إلى نظام الإحداثيات الجديد (0,0,0).

يتم تغيير الـــ UCS بطريقتين:

أولاً: كتابة الأمر في خط الأوامر وانتقاء الاختيار المطلوب.

Command: ucs

Specify origin of UCS or

[Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis] <World>: w

ثانياً: الذهاب إلى قائمة: Tools → New UCS

وهنالك عدة أوامر لتغيير الـ UCS منها:

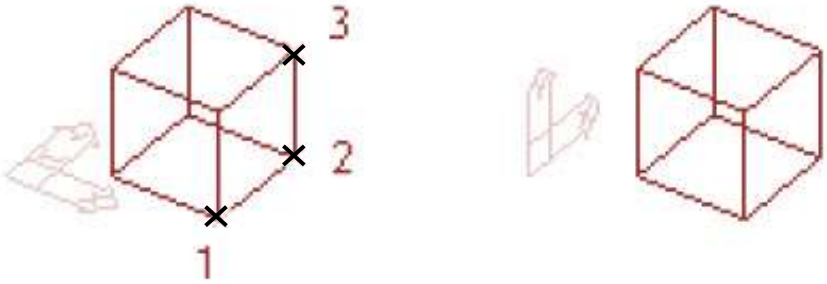
3Points: إذ عند تنشيطها يُطلب شريط الأوامر ما يلي:

Specify new origin point <0,0,0>:

Specify point on positive portion of X-axis <0,0,0 >:

Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane <0,0,0>:

يتطلب ذلك تحديد نقطة الأصل ومن ثم محوري X و Y، لاحظ الشكل (7-3).

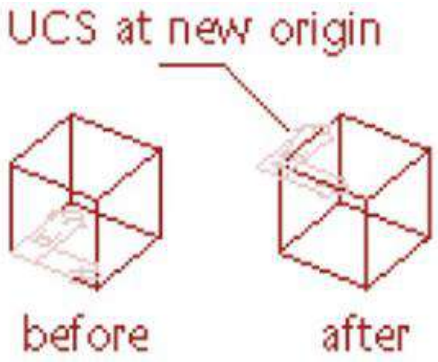


شكل 7-3 تغيير مستوى الرسم

كما يمكن تغيير مكان نقطة الأصل وذلك من خلال الأمر Origin فيطلب شريط الأوامر:

Specify new origin point <0,0,0>:

وتُحدد نقطة الأصل، كما في الشكل (7-4).



شكل 7-4 تغيير موقع نقطة الاصل

وهنالك مجموعة أوامر أخرى من UCS والتي تستخدم لتغيير نقطة الأصل أو مستوى الرسم.

4-7 طرائق رسم المجسمات والأسطح ثلاثية الأبعاد

1. رسم المجسمات الأولية مثل: (الصندوق Box، الكرة Sphere، الأسطوانة Cylinder، المخروط Cone، الأسفين Wedge، الحلقة المستديرة Torus، الهرم Pyramid/Pyr، مجسم أصَمّ Psolid).
2. رسم المجسمات المركبة عن طريق تجميع المجسمات الأولية لإنشاء مجسمات أكثر تعقيداً باستخدام العمليات المنطقية (الدمج Union، الطرح Subtract، التقاطع Intersect).
3. بثق الأشكال ثنائية البعد للحصول على مجسمات ثلاثية الأبعاد Extruding Objects.
4. مد المكونات بالإزاحة خلال مسار معين Sweeping Objects along a path
5. دوران المكونات حول محور Revolving objects around an axis
6. المد الانسيابي لمجموعة منحنيات Lofting through a set of curves
7. تشريح (تقطيع) المجسمات Slicing a solids
8. تحويل المكونات المستوية ذات السمك إلى مجسمات أو أسطح

Converting Planer objects with thickness into solids or surfaces

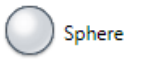
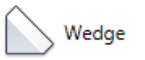
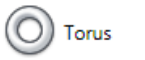
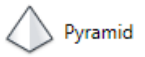
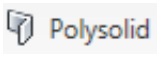
1-4-7 رسم المجسمات الأولية 3D Solid Primitives

إن برنامج الأوتوكاد يوفر بعض المجسمات الأولية ثلاثية الأبعاد، إذ يوجد ثمانية نماذج مختلفة يمكن اختيارها من قائمة Draw ثم اختيار الأمر Modeling الذي يتضمن تلك الأوامر، كما في الشكل (5-7).

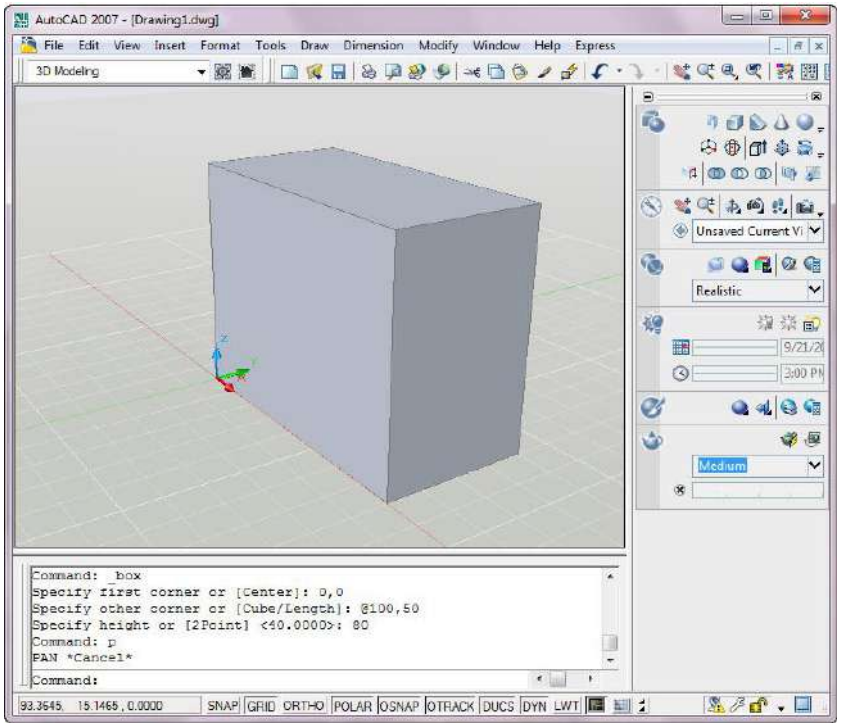
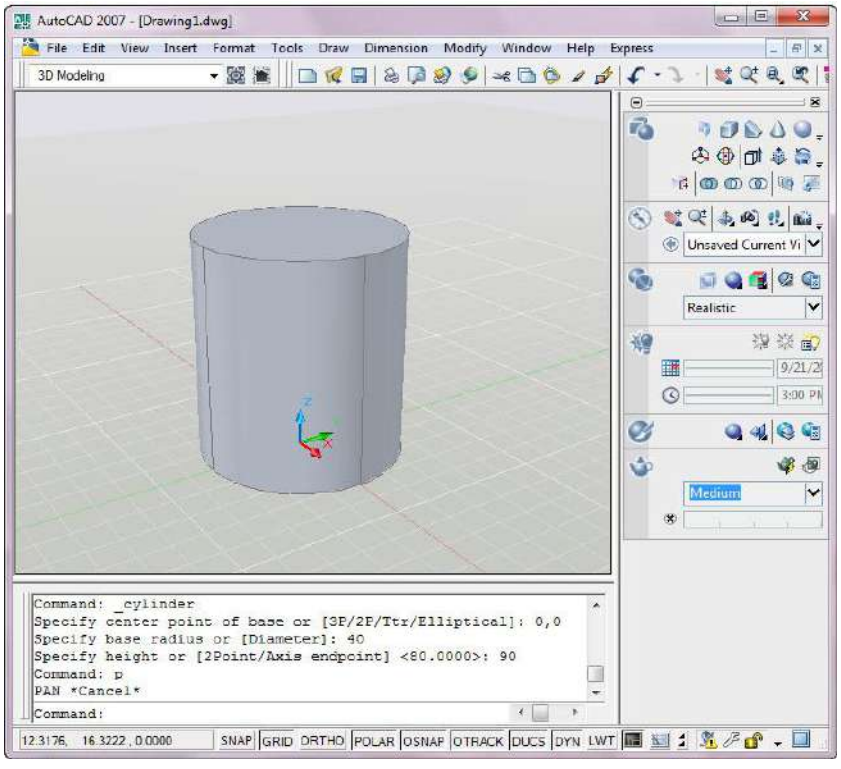
شكل 7-5 أيقونات رسم المجسمات الأولية

ويبين الجدول (7-1) تلك الأوامر وتوصيفاتها وطريقة استعمالها.

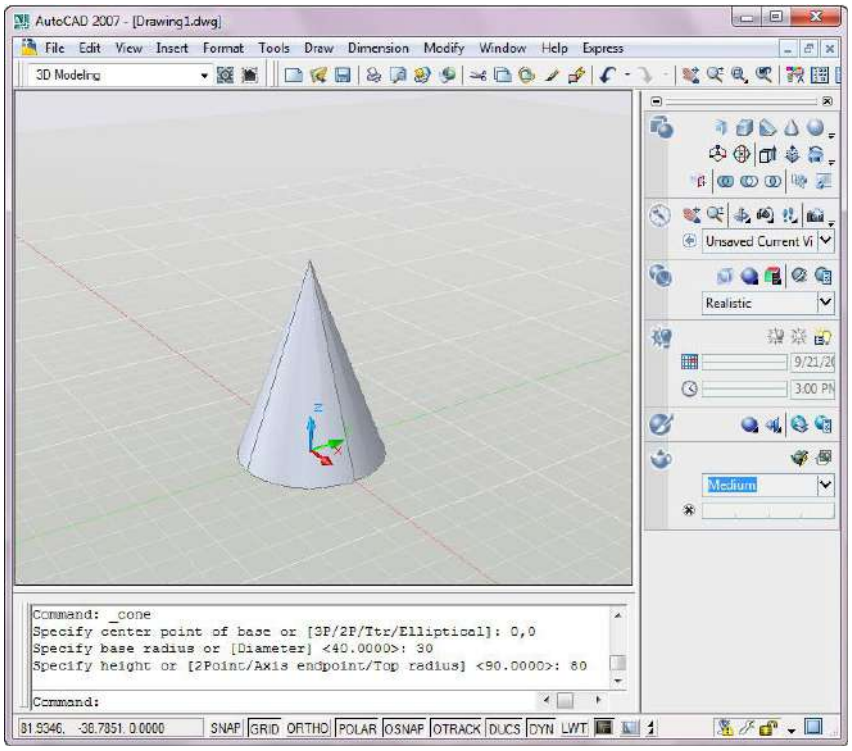
جدول 7-1 أوامر تكوين ورسم مجسمات أولية (ذات الأشكال البسيطة)

الشكل	الأمر	التوصيف	الأيقونة
صندوق	BOX	رسم مجسم على شكل صندوق عن طريق تحديد ركنين وارتفاع، أو مركز وطول أضلاع.	
كرة	SPHERE	رسم مجسم على شكل كرة عن طريق تحديد مركز ونصف قطر.	
أسطوانة	CYLINDER	رسم مجسم على شكل أسطوانة عمودية عن طريق تحديد مركز ونصف قطر وارتفاع.	
مخروط	CONE	رسم مجسم على شكل مخروط كامل عن طريق مركز ونصف قطر وارتفاع.	
أسفين	WEDGE	رسم مجسم على شكل أسفين مثلث عن طريق نقطتين متعاكستين.	
حلقة مستديرة	TORUS	رسم مجسم على شكل حلقة مستديرة باعتماد نقطة مركز ونصف قطر لكل من الحلقة وجدار الحلقة.	
هرم	PYRAMID / PYR	رسم مجسم لمضلع منتظم (3-32 وجه) اعتماداً على ارتفاع نقطة المركز.	
المجسم المتعدد	PSOLID	رسم مجسم بعرض وارتفاع كما في رسم الخط المستمر polyline	

أمثلة :

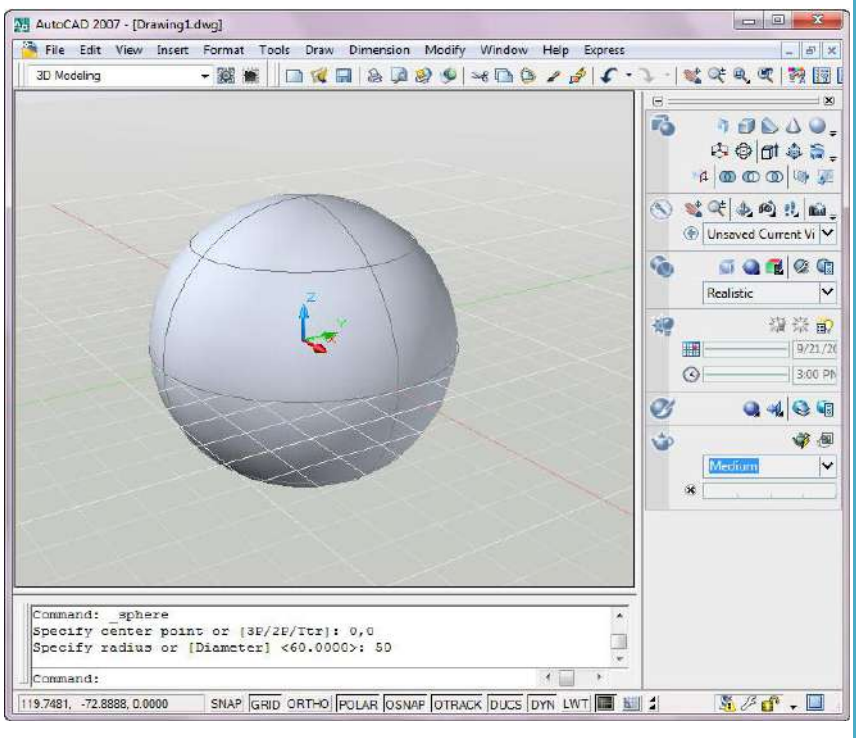
خطوات رسم المجسمات	تنفيذ الرسم على واجهة الأوتوكاد ثلاثي الأبعاد
مثال (1): رسم صندوق (متوازي مستطيلات) **1. أنقر على ايقونة رسم صندوق Box.** **2. أدخل احداثي الركن الأول (0,0) ثم Enter ، أدخل احداثي الركن الثاني (50,100)، ثم Enter** **3. أدخل ارتفاع المكعب (80)، ثم Enter**	
مثال (2): رسم أسطوانة **1. أنقر على ايقونة رسم أسطوانة Cylinder.** **2. أدخل إحداثي مركز الاسطوانة (0,0)، ثم Enter** **3. أدخل نصف قطر الأسطوانة (40)، ثم Enter** **4. أدخل ارتفاع الأسطوانة (90)، ثم Enter**	

مثال (3): رسم مخروط



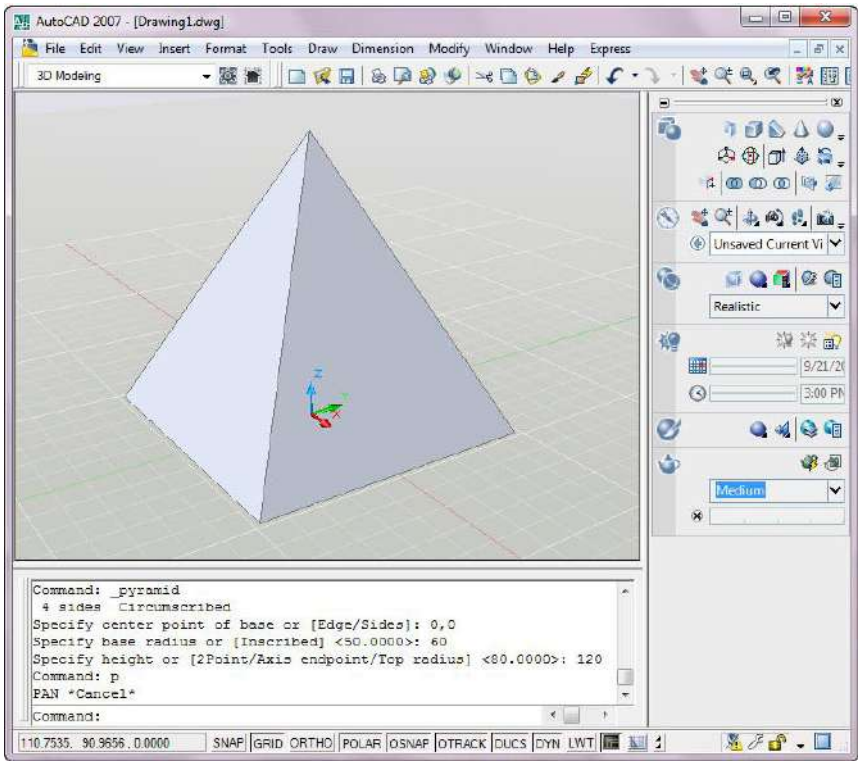
1. أنقر على أيقونة رسم مخروط Cone.
2. أدخل احداثي مركز المخروط (0,0)، ثم Enter.
3. أدخل نصف قطر قاعدة المخروط (30)، ثم Enter.
4. أدخل ارتفاع المخروط (80)، ثم Enter.

مثال (4): رسم كرة



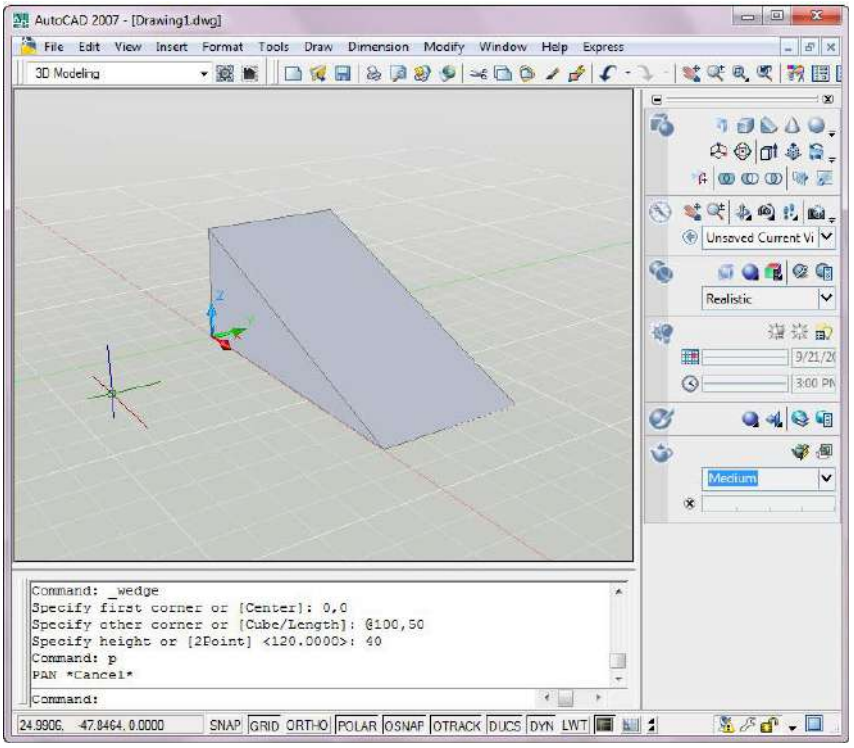
1. أنقر على أيقونة رسم كرة Sphere.
2. أدخل احداثي مركز الكرة (0,0)، ثم Enter.
3. أدخل نصف قطر الكرة (50)، ثم Enter.

مثال (5): رسم هرم



1. أنقر على أيقونة رسم هرم Pyramid.
2. أدخل احداثي مركز الهرم (0,0)، ثم Enter.
3. أدخل نصف قطر المَحوط لرسم قاعدة الهرم (60)، ثم Enter.
4. أدخل ارتفاع الهرم (120)، ثم Enter.

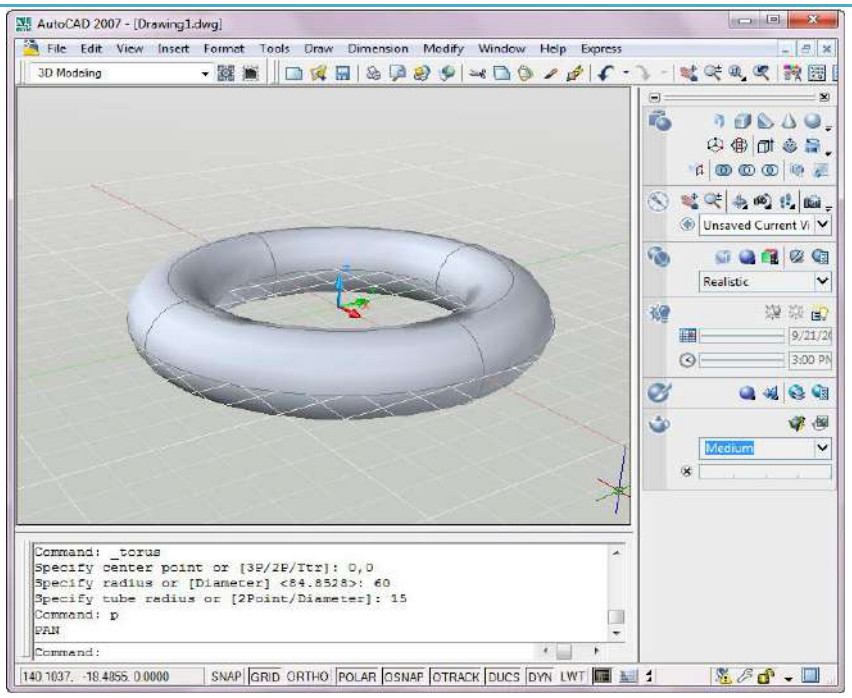
مثال (6): رسم أسفين



1. أنقر على أيقونة رسم أسفين Wedge.
2. أدخل احداثي الركن الأول (0,0)، ثم Enter.
3. أدخل احداثي الركن الثاني (100,50)، ثم Enter.
4. أدخل ارتفاع الإسفين (40)، ثم Enter.

مثال (7):رسم حلقة مستديرة

1. أنقر على أيقونة رسم حلقة Tours.
2. أدخل احداثي مركز الحلقة (0,0) ثم Enter، أدخل نصف القطر الخارجي للحلقة (60)، ثم Enter.
3. أدخل نصف قطر جدار الحلقة (15)، ثم Enter.



2-4-7 رسم المجسمات المركبة Composite Solids

وهي إحدى الطرائق الأساسية المستخدمة لرسم مجسمات ثلاثية الأبعاد، إذ تستخدم هذه الأوامر في تجميع المجسمات الأولية لإنشاء مجسمات أكثر تعقيداً باستخدام العمليات المنطقية (الاتحاد Union، الطرح Subtract، التقاطع Intersect)، ويبين الجدولين (2-7) و (3-7) تلك الأوامر وطريقة استعمالها.

جدول 2-7 أوامر رسم المجسمات المركبة

الإجراء	إدخال الأمر	التوصيف	الأيقونة
الاتحاد (منطقي)	UNION / UNI	ربط اثنين أو أكثر من المجسمات لتكوين مجسم واحد اعتماداً على الشكل الهندسي للكل.	
الطرح (منطقي)	SUBTRACT / SU	طرح واحد أو أكثر من المجسمات من تكوين آخر مستند على الجسم الهندسي الباقي.	
التقاطع (منطقي)	INTERSECT / IN	تكوين مجسم مفرد من مجسمات بالاستناد على الأجسام الهندسية المتقاطعة.	

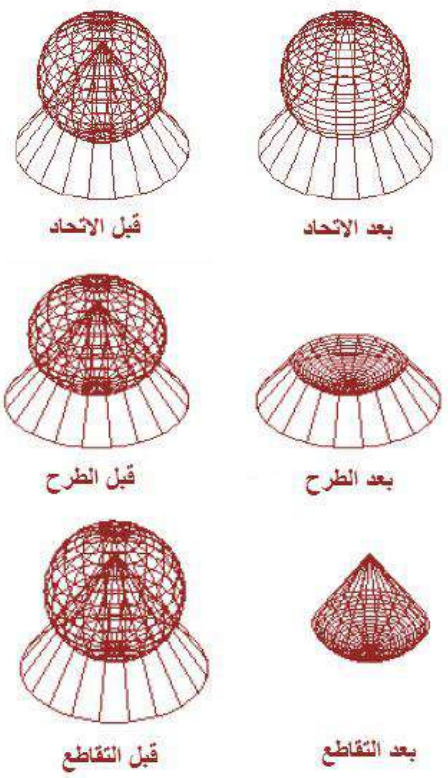
جدول 7-3 طريقة استعمال أوامر رسم المجسمات المركبة

Union	Subtract	Intersect
لدمج المجسمات	لإزالة مجسم من مجسم آخر	لإنشاء مجسم ناتج من تقاطع مجسمين أو أكثر
Modify → Solid Editing → Union	Modify → Solid Editing → Subtract	Modify → Solid Editing → Intersect
أختر المجسمات المراد تجميعها	أختر المجسم المراد إزالة جزء منه	أختر المجسمات المراد ناتج تقاطعها
أضغط زر Enter	أضغط Enter	أضغط زر Enter
	أختر المجسم المراد أزالته	
	أضغط Enter	

مثال1: كما في الشكل (7-6) ارسم ثلاثة مجسمات مركبة مكونة من مخروط وكرة باستخدام العمليات المنطقية.

الحل:

1. أنقر القائمة Draw → Modeling → Cone
2. أدخل نقطة المركز عند (160 ,260)، نصف قطر المخروط (80) والارتفاع (120).
3. أنقر القائمة Draw → Modeling → Sphere
4. أدخل نقطة مركز الكرة عند (160 ,260 ,120) ، نصف قطر الكرة (60).
5. أنسخ المخروط والكرة مرتين باستخدام الامر Copy.
6. أنقر القائمة Modify → Solid Editing → Union
7. اختر المخروط والكرة (سوية معاً) ثم اضغط Enter، سيُلاحظ تكوين المجسم الاول كناتج من استخدام أمر الاتحاد (Union).
8. أنقر القائمة Modify → Solid Editing → Subtract
9. أنقر المخروط في النسخة الثانية ثم أضغط Enter
10. أنقر الكرة في النسخة الثانية ثم أضغط Enter، سنلاحظ تكوين المجسم الثاني كناتج من استخدام أمر الطرح (Subtract).
11. أنقر القائمة Modify → Solid Editing → Intersect
12. اختر المخروط والكرة في النسخة الثالثة ثم اضغط Enter، سنلاحظ تكوين المجسم الثالث كناتج من استخدام أمر التقاطع (Intersect).



شكل 7-6 رسم المجسمات المركبة

إن تنفيذ هذا المثال على واجهة الرسم ثلاثي الأبعاد في برنامج الأوتوكاد تتم كالآتي وكما موضح في الشكل(7-7):

رسم المخروط

Command: _cone

Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: 160,260

Specify base radius or [Diameter] <80.0000>: 80

Specify height or [2Point/Axis endpoint/Top radius] <-120.0000>: 120

رسم الكرة

Command: _sphere

Specify center point or [3P/2P/Ttr]:160,260,120

Specify radius or [Diameter] <80.0000>: 60

إجراء عملية النسخ

Command: co
COPY
Select objects: Specify opposite corner: 2 found
Select objects:
Specify base point or [Displacement] <Displacement>: Specify second point or
<use first point as displacement>:
Specify second point or [Exit/Undo] <Exit>:
Specify second point or [Exit/Undo] <Exit>: *Cancel*

إجراء Union للمجسم الأول

Command: _union
Select objects: Specify opposite corner: 2 found

نقوم باختيار المخروط مع الكرة سوية بالماوس

Select objects:
Command:
Command:

إجراء Subtract للمجسم الثاني

Command: _subtract Select solids and regions to subtract from ..
Select objects: 1 found

اختيار المخروط

Select objects:
Select solids and regions to subtract.

اختيار الكرة

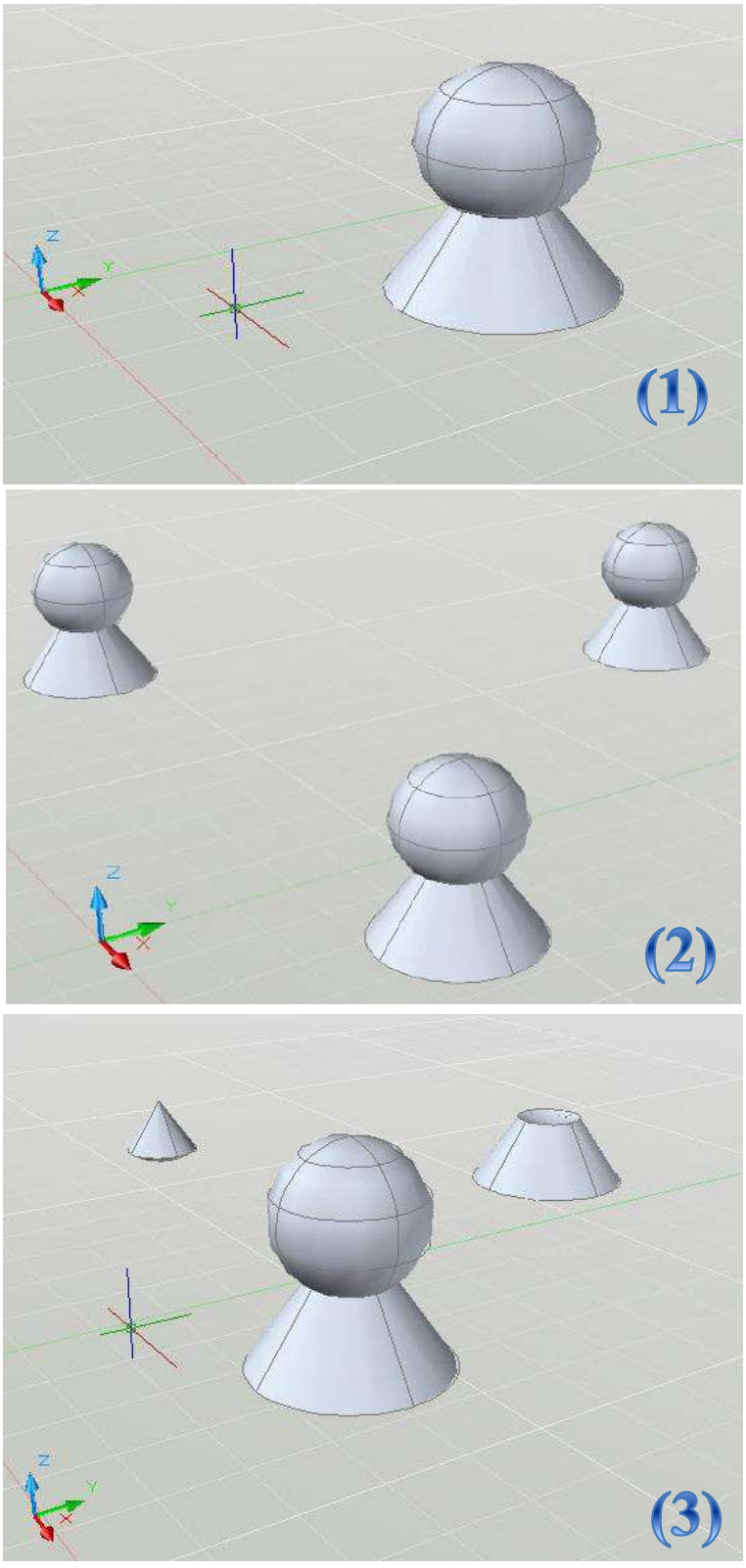
Select objects: 1 found
Select objects:
Command:
Command:

إجراء Intersect للمجسم الثالث

Command: _intersect
Select objects: Specify opposite corner: 2 found

يتم اختيار المخروط مع الكرة سوية بالفأرة (الماوس)

Select objects:



شكل 7-7 رسم المجسمات المركبة على واجهة البرنامج ثلاثي الأبعاد

مثال 2: باستخدام برنامج الأوتوكاد ارسم المجسم المبين في الشكل (7-8).

شكل 7-8 رسم مجسم بطريقة التركيب

خطوات الحل:

1. حول اتجاه المحـــاور إلى الآتي: **View → 3D View → SW Isometric**

2. نشط الأمر Box وقم بإدخال النقطة الأولى (0,0) والنقطة الثانية (60,50) والارتفاع (10).

Command: _box
Specify first corner or [Center]: 0,0
Specify other corner or [Cube/Length]: @60,50
Specify height or [2Point]: 10

3. نشط الأمرCylinder وادخل مركز الأسطوانة (10,10) ونصف قطر الأسطوانة (5) وبارتفاع (15)

Command: _cylinder
Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: 10,10
Specify base radius or [Diameter]: 5
Specify height or [2Point/Axis endpoint] <10.0000>: 15

4. نشط الأمرCylinder وادخل مركز الأسطوانة (50,10) ونصف قطر الأسطوانة (5) وبارتفاع (15)

Command: _cylinder
Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: 50,10
Specify base radius or [Diameter] <5.0000>: 5
Specify height or [2Point/Axis endpoint] <15.0000>: 15

5. أنقل مستوي الرسم UCS إلى سطح المكعب

Command: _ucs
Current ucs name: *WORLD*
Specify origin of UCS or
[Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]
<World>: _3
Specify new origin point <0,0,0>:
Specify point on positive portion of X-axis <1.0000,50.0000,10.0000>:
Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane
<1.0000,50.0000,10.0000>:

6. نشط الأمر Box وقم بإدخال النقطة الأولى (0,0) والنقطة الثانية (10,60) والارتفاع (50).

Command: _box
Specify first corner or [Center]: 0,0
Specify other corner or [Cube/Length]: @10,60
Specify height or [2Point] <15.0000>: 50

7. أنقل مستوى الرسم UCS إلى واجهة المكعب الجديد

Tools → New UCS → 3Point → اختر النقاط
Command: _ucs
Current ucs name: *NO NAME*
Specify origin of UCS or
[Face/NAmed/OBject/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]
<World>: _3
Specify new origin point <0,0,0>:
Specify point on positive portion of X-axis <1.0000,0.0000,50.0000>:
Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane
<-1.0000,0.0000,50.0000>:

8. نشط الأمرCylinder وادخل مركز الأسطوانة (30,0) ونصف قطر الأسطوانة (20) وبارتفاع (15)

Command: _cylinder
Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: 30,0
Specify base radius or [Diameter] <5.0000>: 20
Specify height or [2Point/Axis endpoint] <50.0000>: 15

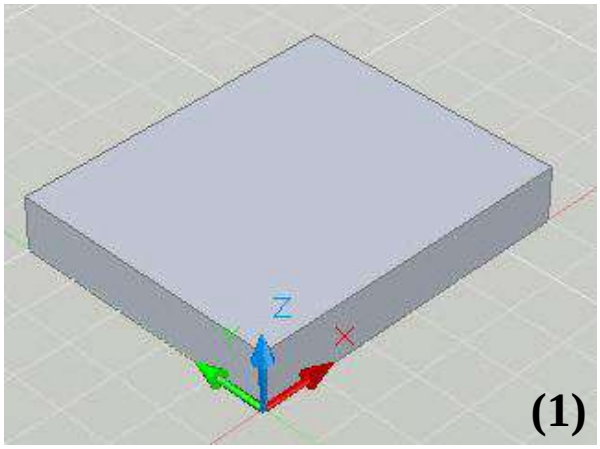
9. - نشط الأمر Subtract

- نشط المكعبين بالفأرة ثم اضغط Enter، سوف تبدو خطوط المكعبين منقطين.

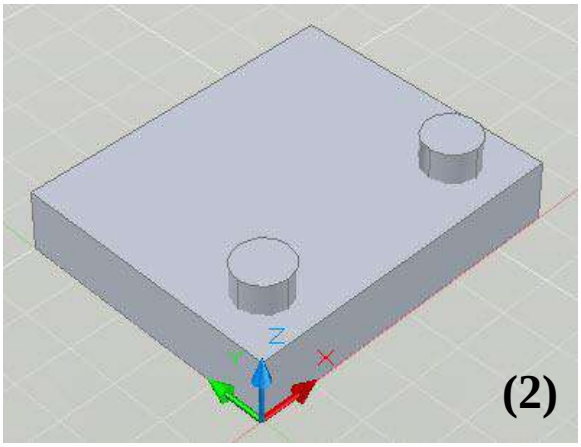
- نشط جميع الأسطوانات الثلاث، سوف تبدو خطوط الأسطوانات منقطة.

- اضغط Enter سوف يبدو الرسم بشكله النهائي، وكما في الشكل (7-9).

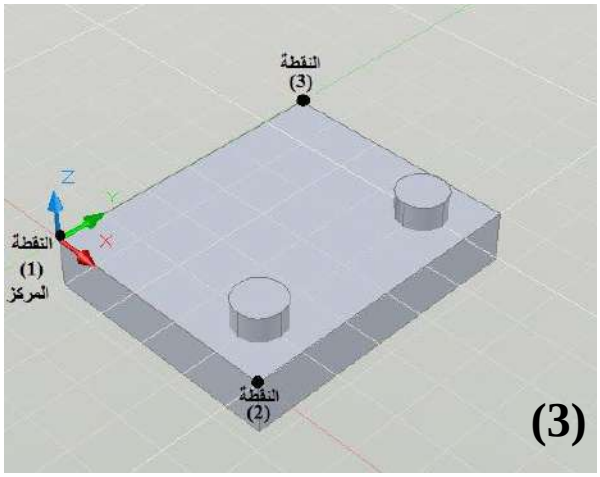
Command: _subtract Select solids and regions to subtract from.
Select objects: 1 found
Select objects: 1 found, 2 total
Select objects:
Select solids and regions to subtract:
Select objects: 1 found
Select objects: 1 found, 2 total
Select objects: 1 found, 3 total
Select objects:



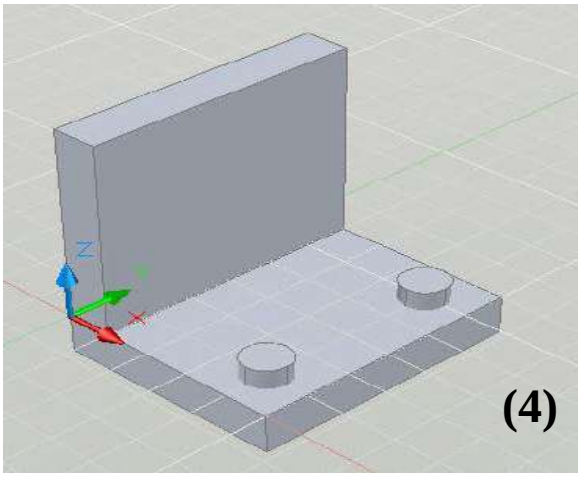
(1)



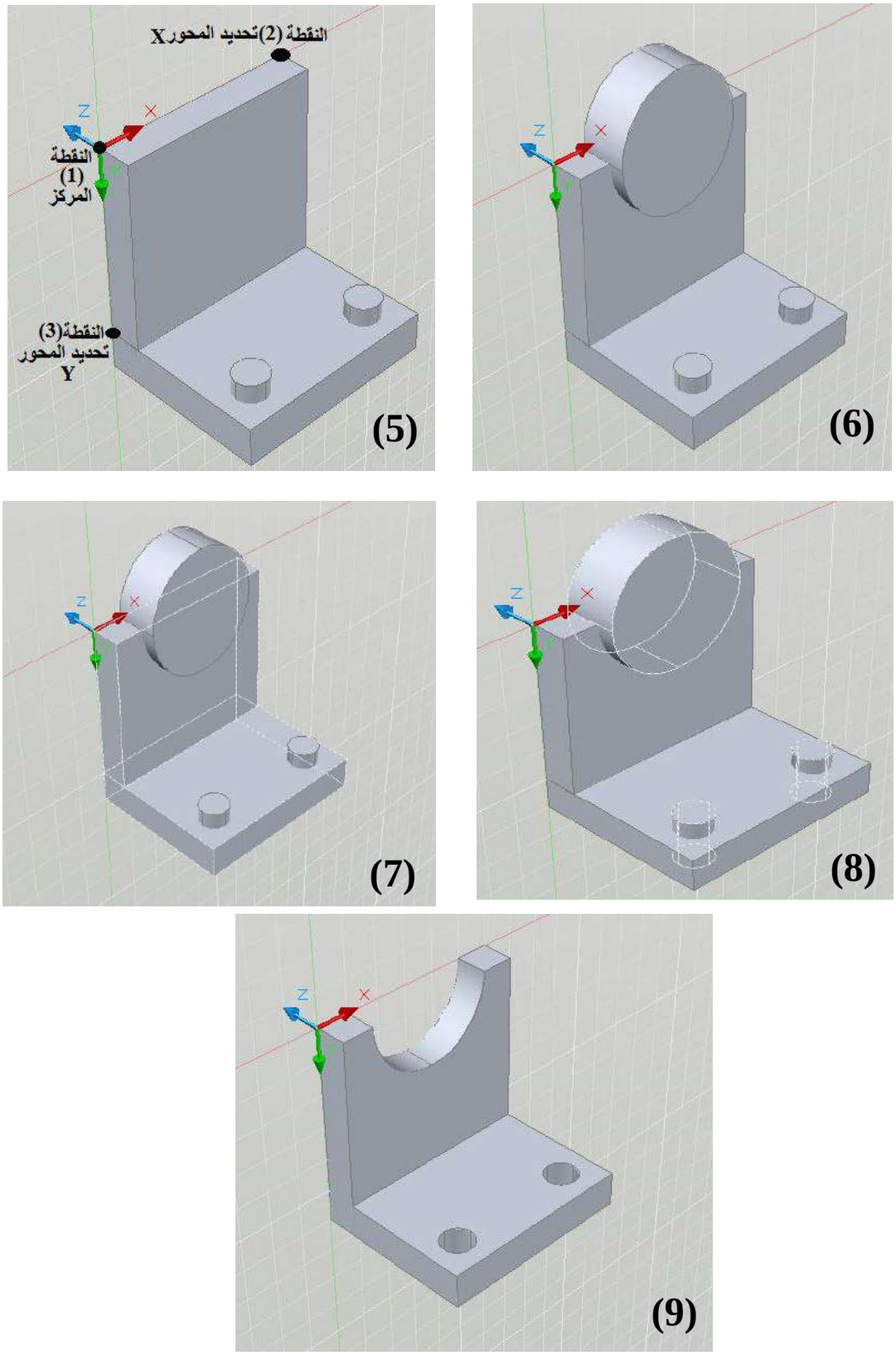
(2)



(3)



(4)



شكل 7-9 خطوات رسم المجسم بطريقة الاتحاد والطرح