ميكانيك الإنتاج

الرسم الصناعي

الصف الثاني عشر

الفصل الدراسي الأول

الفرع الصناعي

12

فريـق التأليـف

د. زبيدة حسن أبو شويمة (رئيسًا)

م. "محمد أمين" جبر أبو دوش (منسقًا)

م. عبد الرحمن محمد أبو شقير سليم خليل الشامي م. منصور تركي القضاه م. سيف الدين محمد الحراسيس

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج، استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06 - 5376262 / 235 06 - 5376266 P.O.Box : 2088 Amman 11941

@nccdjor feedback@nccd.gov.jo www.nccd.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (39/ 2022) تاريخ 6/ 7/ 2022 بدءًا من العام الدراسي 2022/ 2023م.

ISBN 978- 9923 - 41 - 394 - 4 (ردمك)

منهاجي
متعة التعليم الهادف

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2022/8/4067)

373.27

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

ميكانيك الإنتاج: الرسم الصناعي/ الصف الثاني عشر / الفصل الدراسي الأول/ المركز الوطني لتطوير المناهج – عمان: المركز، 2022

(126) ص.

ر.إ.: 2022/8/4067

الواصفات: / التعليم المهني/ / المدارس المهنية/ / المناهج/ / التعليم الثانوي/

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

الطبعة الأولى (التجريبية)
1443 هـ – 2022 م
أعيدت طباعته
1444 هـ – 2023 م

قائمة المحتويات

الفصل الدراسي الأول

المقـدمــة			4
إجراءات السَّلامة والصحة المهنيَّة والإرشادات الخاصَّة بالرسم الصِّناعيّ			5
الوحدة		**الموضوع**	**الصفحة**
الأولى: القطاعات	أولا	مفهوم القطاع وأهميته	11
	ثانيًا	خطوط مستويات القطع	15
	ثالثًا	الأجزاء الميكانيكية التي لا تقطع ولا تهشر في القطاعات	19
	رابعًا	أنواع القطاعات	24
		1 - القطاع الكامل	24
		2 - القطاع النصفي	35
		3 - القطاع المتنقل	41
		4 - قطاع المحاذاة	48
		5 - القطاع المُدار	53
		6 - القطاع المُزال	54
		7 - القطاع الجزئي	56
	تمارين الوحدة		65
الثانية: الرموز والمصطلحات الفنية لميكانيك الإنتاج	أولا	علامات التشغيل	72
	ثانيًا	التفاوت والتوافق	83
	ثالثًا	وسائل نقل الحركة والقدرة	103
مسرد المصطلحات			124
قائمة المراجع			126

منهاجي
متعة التعليم الهادف

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

الحمد لله ربّ العالمين، والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين، سيّدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد...

فانطلاقًا من الرؤية الملكية السامية، يستمرّ المركز الوطني لتطوير المناهج في أداء رسالته المتعلّقة بتطوير المناهج الدراسية؛ بغية تحقيق التعليم النوعي المتميّز. وبناءً على ذلك، جاء هذا الكتاب منسجمًا مع فلسفة التربية والتعليم، وخطّة تطوير التعليم في المملكة الأردنية الهاشمية، ومحقّقًا مضامين الإطار العام والخاص للعلوم الصناعية الخاصّة والتدريب العملي والرسم الصناعي لتخصّص ميكانيك الإنتاج، التي تتمثّل في إعداد جيل واعٍ يَقدّر المهن ويحترمها، وذي شخصية إيجابية متوازنة، ومعتزّ بانتمائه الوطني، ومدرك لأهم الركائز الداعمة للاقتصاد الوطني التي يُقاس بها تقدّم الدول وتطورها.

يُعدّ تخصّص ميكانيك الإنتاج أحد التخصّصات الأساسية التي تتداخل مع الصناعات المختلفة؛ لذا، أُولِي الاهتمام الكبير والرعاية الكاملة، وجرى العمل به بما يتواءم مع متطلّبات سوق العمل، وإعداد جيل من الطلبة يتمتّع بمهارات مهنية على أساس الكفايات وحاجات سوق العمل. وقد استند تأليف هذا الكتاب إلى المعرفة العلمية والخبرات العملية، ودمج المعرفة النظرية بالتطبيق العملي.

وبناءً على ذلك، فقد اعتُمدت دورة التعلّم الخماسي المنبثقة من النظرية البنائية التي تمنح الطلبة الدور الأكبر في العملية التعليمية التعلّمية، التي تتضمّن: انظر وتساءل، واستكشف، واقرأ وتعلّم، والإثراء والتوسّع، والقياس والتقويم. كما تضمّن الكتاب خريطة مفاهيمية تُلخّص المفاهيم المهمّة في كلّ وحدة.

لقد روعي في هذا الكتاب توظيف الكثير من الصور والرسوم التوضيحية والأشكال والجداول والأنشطة والقضايا البحثية؛ لتمكين الطالب من الحصول على المعرفة بطرائق مختلفة ومتنوّعة، إضافة إلى تضمينه ملحقًا لمسرد المصطلحات باللغة الإنجليزية؛ لتسهيل مَهمّة الطلبة والمهتمّين، وبخاصّة في عملية البحث.

ونحن إذ نُقدّم هذا الكتاب، نأمل أن ينال إعجاب أبنائنا الطلبة ومعلّميهم، ويجعل تعلّم تخصّص ميكانيك الإنتاج أكثر متعة وسهولة وفائدة. راجين تزويدنا بالملاحظات والمقترحات لتطويره وتحسينه.

المركز الوطني لتطوير المناهج

إجراءات السلامة والصّحّة المِهْنية

في ما يأتي بعض الإرشادات التي تجب مراعاتها خلال عملية الرسم:

1- أجلس بطريقة صحيحة تلافيًا لآلام الظهر، خاصّة أنّ عملية الرسم قد تستغرق وقتًا طويلًا.

2- أحرص على نظافة طاولة الرسم ولوحة الرسم وأدواته.

3- أستخدم أدوات الرسم بطريقة مناسبة؛ حرصًا على سلامتي وسلامة زملائي.

4- أتجنّب استخدام أدوات الرسم في قصّ الورق حفاظًا على استقامة أطرافها.

5- أنظّف أدوات الرسم، وأحفظها بعناية بعد الانتهاء من عملية الرسم.

6- أحافظ على ورقة الرسم نظيفة بعد الانتهاء من عملية الرسم، ولا أثنيها.

7- ألتزم تعليمات المعلم في حصّة الرسم.

إرشادات تساعد الطالب في عملية الرسم

1- أستفيد ممّا تعلّمته سابقًا من مهارات الرسم الأساسية واستخدامات أدوات الرسم، في مبحث الرسم الصناعي للصّف الحادي عشر.

2- أستخدم أدوات الرسم المناسبة للتمرين المطلوب فقط.

3- أثبّت لوحة الرسم أفقيًّا على طاولة الرسم باستخدام مسطرة (T) .

4- أرسم الخطوط الأفقية باستخدام مسطرة (T)، والخطوط العمودية باستخدام الزوايا القائمة (المثلثات) بعد تثبيت قاعدتها على مسطرة (T) .

5- لا أرسم الخطوط العمودية باستخدام مسطرة (T) بعد تدويرها °90، وتثبيت حافّتها على طاولة الرسم من الأعلى.

6- أقرأ مقاييس الرسم من اليسار إلى اليمين؛ مثال: مقياس الرسم (2 : 1) يُقرأ واحد لاثنين.

7- أحرص على تقسيم اللوحة تقسيمًا مناسبًا بعد النظر إلى ما سأرسمه، ومعرفة أبعاده.

8- أحاول التمييز بين الأبعاد التي تمثّل الأقطار أو أنصاف الأقطار على الرسومات؛ تلافيًا لوقوع الأخطاء.

9- أحرص على النظر عموديًا على المسطرة عند أخذ الأبعاد؛ لضمان دقّة القراءات.

10- أحرص عند استخدام أقلام الرصاص العادية (التي تُبرى) لرسم الخطوط والمنحنيات على مكان ملامسة القلم للأداة المستخدمة للمحاذاة؛ لأنّ قطر رأس القلم يتغيّر مع الاستخدام.

11- أحرص عند استخدام الفرجار لرسم الدوائر والمنحنيات على شدّ ذراعيه بطريقة مناسبة؛ تلافيًا لفتحه خلال الدوران، وأحرص أيضًا على مسك الفرجار من الرأسية الخاصّة لذلك فقط.

12- أحرص على رسم الخطوط التي تجب إزالتها بخطوط خفيفة؛ لأتمكن من محيها بعد الانتهاء من عملية الرسم، حتى لا تترك أثرًا بعد المحي.

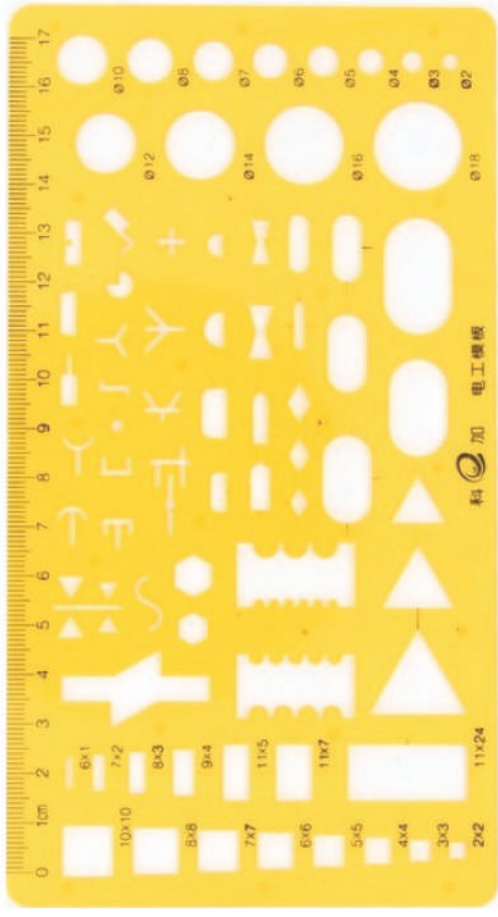
13- أحرص على إزالة أثر عمليات المحي مباشرة بقطعة قماش أو بفرشاة خاصّة؛ للمحافظة على نظافة لوحة الرسم.

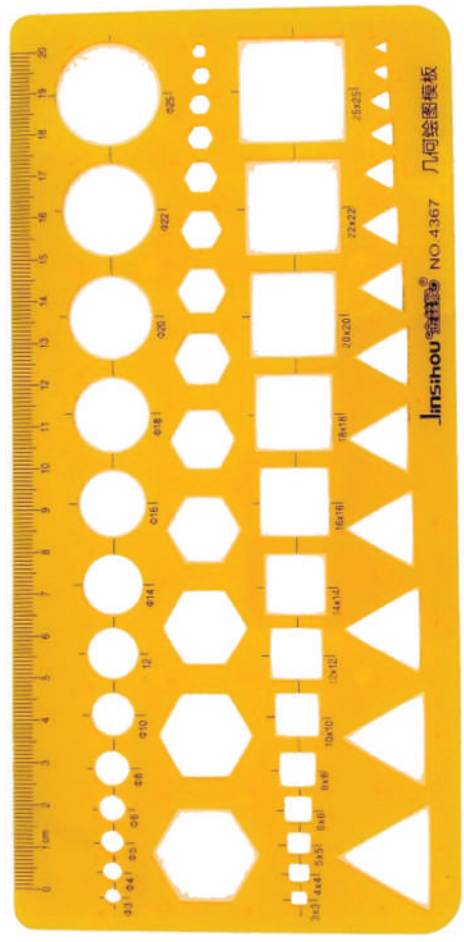
14- أستخدم الطبعات (الشبلونات) المناسبة حسب الغاية المصمّمة لها:

أ - شبلونات رسم المنحنيات التي تُستعمل لرسم الخطوط المنحنية غير المنتظمة.

ب - شبلونات رسم الدوائر الصغيرة والأقواس الدائرية والأشكال الهندسية.

جـ - شبلونات خاصّة لرسم الرموز الكهربائية والإلكترونية والميكانيكية.





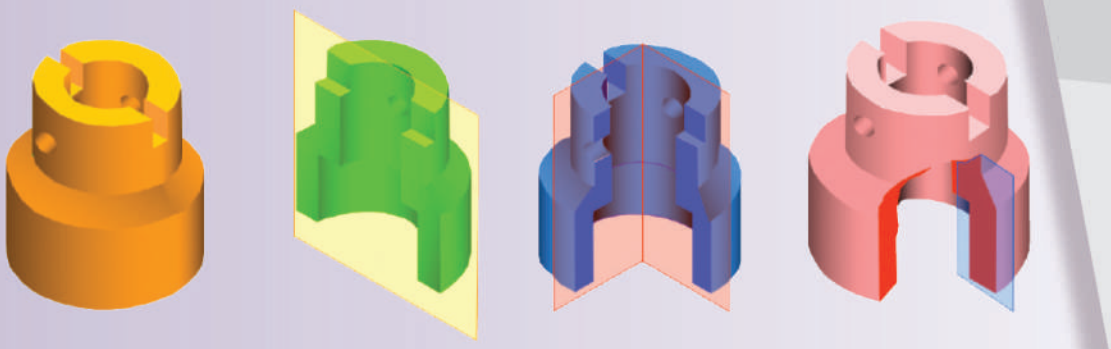
15- أكتفي عند سماح المعلم لي بمساعدة زميلي بإرشاده ومساعدته، وليس بالرسم عنه.

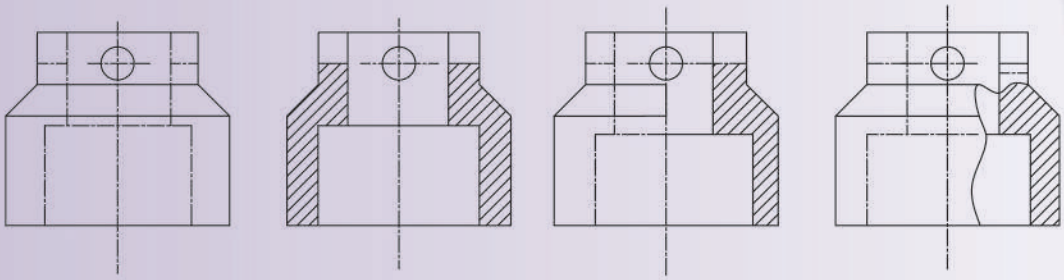
16- أحرص على التزام تعليمات المعلم وملاحظاته في أثناء عملية الرسم.

أدوات الرَّسم الهندسي

الوحدة الأولى

القطاعات
(Sections)





تبيِّن الصورة السابقة قطعة ميكانيكية قبل قطعها بطرائق مختلفة، وبعد القطع.

- بم يختلف القطاع عن المسقط؟
- ما أهمية القطاع في الرسم الصناعي؟ وما أنواع القطاعات؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف

1

تعرفت في الصف الحادي عشر على رسم المساقط المختلفة لمنظور هندسي تظهر فيه الحدود الخارجية الظاهرة للعين من الجسم على صورة خطوط واضحة مستمرة، في حين أنَّ الأجزاء الداخلية بتفصيلاتها التي لا تكون ظاهرة للعين يُعبَّر عنها بخطوط متقطعة في المساقط المختلفة.

ولكن بعض الأجسام الميكانيكية كثيرة التفاصيل إلى درجة التعقيد، وعليه، فإنَّ الخطوط المتقطعة التي تمثلها في المساقط تكون كثيرة ومتشابكة، ما يجعل الأشكال النهائية للمساقط غير واضحة، وصعبة الفهم عند تنفيذها؛ لهذا كان تخيُّل قطع الأجسام في أمكنة مناسبة وبمستويات مختلفة أمامية أو جانبية أو أفقية أو حتى مائلة أمرًا مهمًّا لإظهار التفصيلات الداخلية للجسم بوضوح وبساطة.

أما في حالة رسم القطاع، فتجب معرفة قواعد الرسم الهندسي، والإسقاط، ونوع القطاع، والتهشير في المكان المناسب، ووضع الأبعاد، بالإضافة إلى تصوُّر شكل الجسم لإخراج الرسم إخراجًا صحيحًا.

للقطاعات المستخدمة في تمثيل القطع الميكانيكية أنواع عديدة مثل:

القطاع الكامل، ونصف القطاع، والقطاع الجزئي، وقطاع المحاذاة، والقطاع المُدار، والقطاع المتنقّل، والقطاع المُزال.

وسنتعرف في هذه الوحدة الأنواع المذكورة آنفًا، ودورها في رسم قطع ميكانيكية تُستخدم في ميكانيكا الإنتاج.

انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلّم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يوضّح مفهوم القطاع.
- يبيّن أهمية القطاع في رسم المقاطع الميكانيكية.
- يميز خطوط مستويات القطع.
- يتعرَّف الأجزاء الميكانيكية التي لا تُقطع ولا تهشر.
- يميّز بين أنواع القطاعات.
- يرسم القطاعات المختلفة للقطع الميكانيكية مع المساقط الجانبي والأفقي والأمامي.

القطاعات
(Sections)

النتاجات

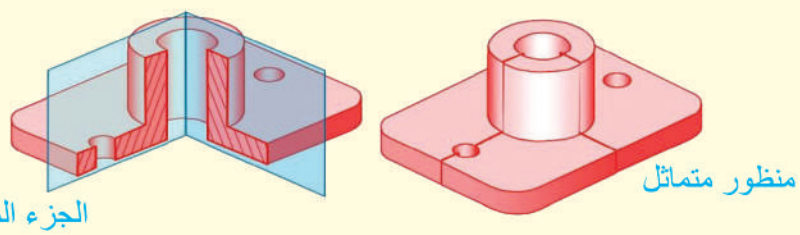
يُتوقع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرَّف مفهوم القطاع.
- يفرِّق بين القطاع والمسقط.
- يرسم خطوط مستوى القطع، ويبين دلالاتها.
- يطبِّق قواعد التهشير على القطاعات.
- يميِّز بين الأجزاء التي تُهشَّر والتي لا تُهشَّر.
- يرسم الأنواع المختلفة من القطاعات مع مساقطها الأمامية والجانبية والأفقية.

انظر وتساءل

يمثِّل الشكل أدناه منظورًا متماثلًا مقطوعًا، ويظهر فيه الجزء المتبقي من المنظور بعد القطع. برأيك،

- لماذا قُطع المنظور؟
- ما أهمية القطاعات في الرسم الصناعي؟
- ما نوع القطاع الناتج؟



الجزء المتبقي بعد القطع

منظور متماثل

استكشف

ابحث في الإنترنت أو أي مصادر أخرى متوافرة عن استخدامات القطاعات في الرسم الميكانيكي وأنواعها.

اقرأ وتعلّم

أولًا: مفهوم القطاع وأهميته

القطاع تخيُّلٌ لجسم المنظور بعد إزالة أو قطع جزء منه يُراد به بيان تفاصيل الجسم وأجزائه الداخلية التي لا تظهر للعين عند النظر إليها، وتصعب مشاهدتها، مثل: المجاري، والثقوب، والتجاويف، وفيها تُستخدم أداة قطع تمرُّ بالمنظور عند مستوًى معيَّن يُسمى مستوى القطع.

تتمثل أهمية القطاع في:

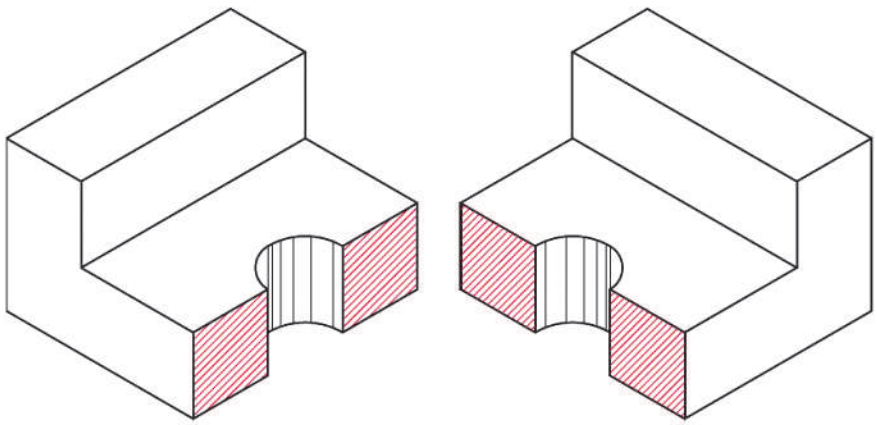
1 - تسهيل قراءة الرسوم عن طريق تقليل الخطوط المتقاطعة في المسقط الواحد.

2 - إظهار الأجزاء الداخلية للقِطع غير الظاهرة.

3 - عدم الحاجة إلى مزيد من المساقط لتوضيح جسم معين.

يفصل مستوى القطع جزءًا من المنظور ليتمكَّن الناظر من مشاهدة تفاصيل المنظور الداخلية، وينتج من ذلك آثار على سطوح الأجزاء المقطوعة تُمثَّل بخطوط التهشير التي سنوضِّحها لاحقًا.

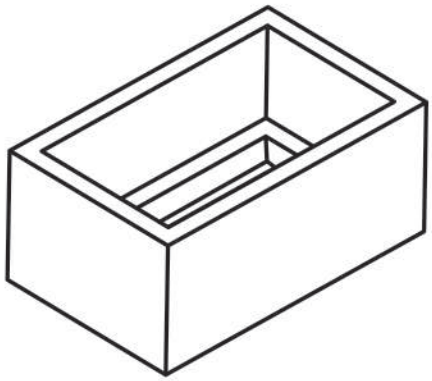
لاحظ الشكل (1)، وكيفية ظهور الأجزاء الداخلية للمنظور بعد عملية القطع.



الشكل (1)

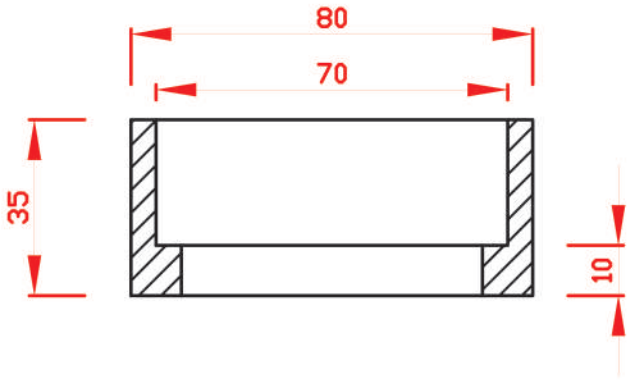
مثال (1)

يبين الشكل (2) صندوقًا مفرغًا، والطريقة المُتَّبعة في إظهار أجزائه الداخلية بعد عملية القطع.

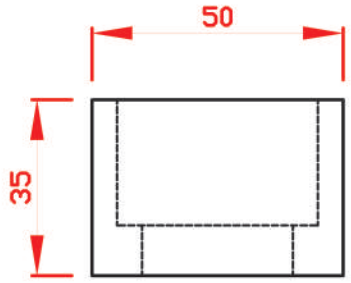


الشكل (2)

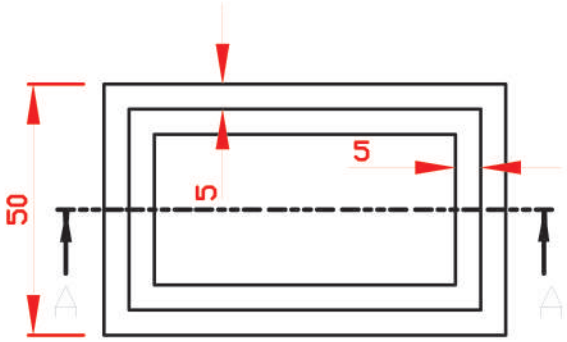
بعد قطع الصندوق سنبيِّن القطاع الأمامي، والمسقط الجانبي، والمسقط الأفقي للمنظور كما في الشكل (3).



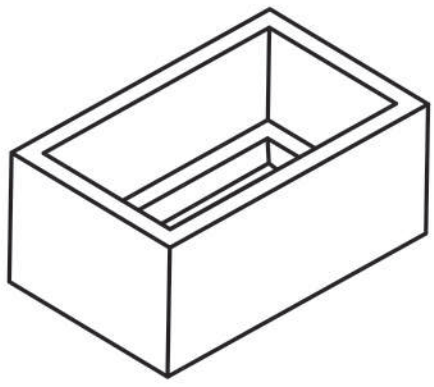
قطاع أمامي



مسقط جانبي



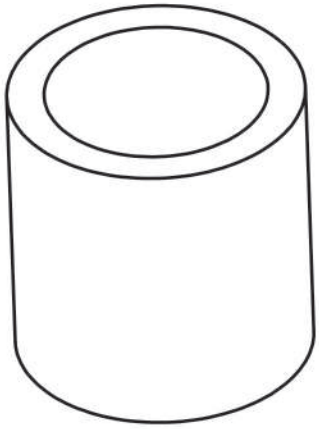
مسقط أفقي



الشكل (3)

مثال (2)

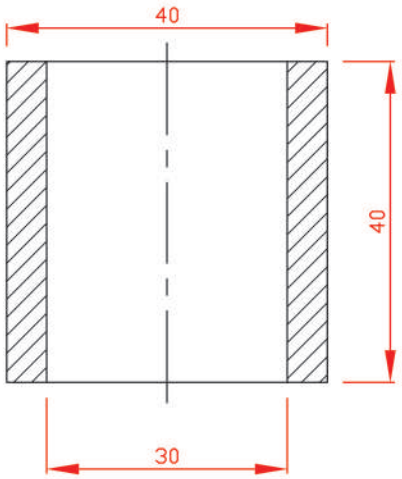
يبيِّن الشكل (4) أسطوانة مفرَّغة نصف قطرها الداخلي 15mm، ونصف قطرها الخارجي 20mm، وارتفاعها 40mm. ارسم القطاع الأمامي، والمسقطين الأفقي والجانبي لهذه الأسطوانة.



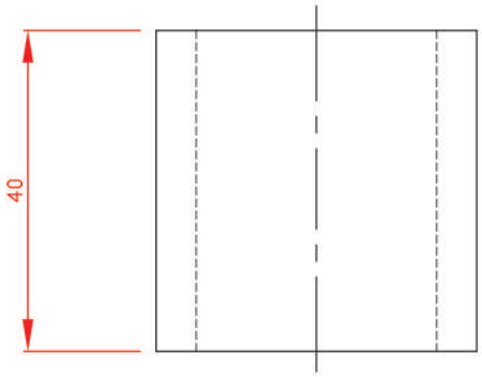
الشكل (4)

الحل:

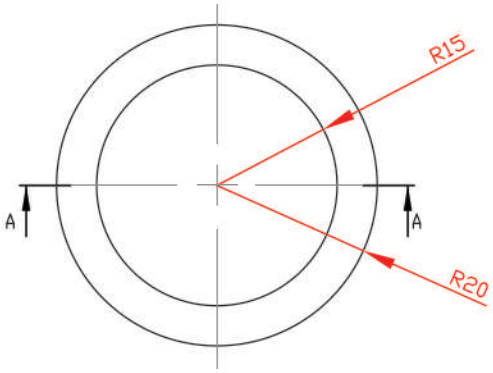
يبين الشكل (5) القطاع الأمامي، والمسقطين الأفقي والجانبي للمنظور.



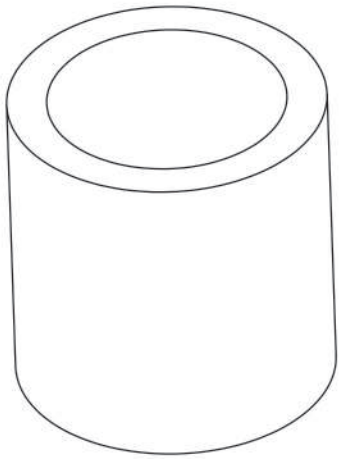
القطاع الأمامي



المسقط الجانبي



المسقط الأفقي

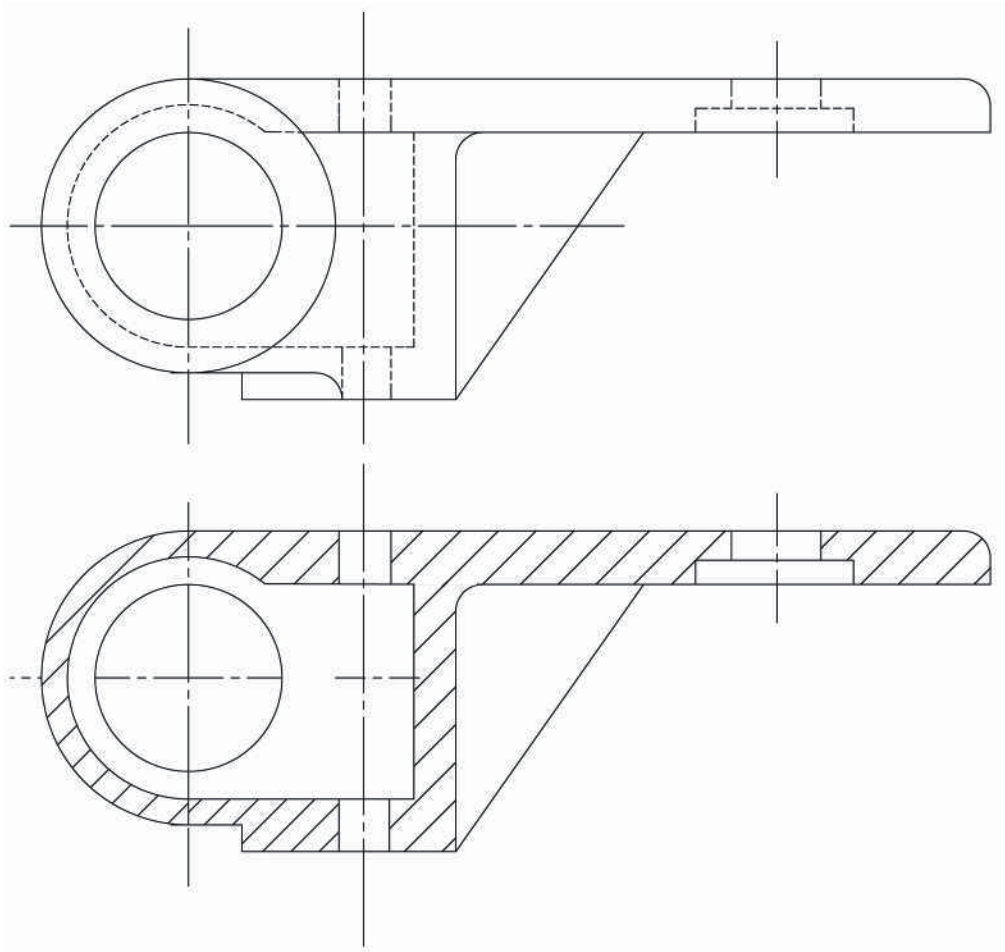


الشكل (5): القطاع والمساقط

فكّر

هل تستطيع تحديد مسار خط القطع ومستواه على المنظور؟

تعرَّفنا كيف يُسهم القطاع في إظهار التفاصيل الداخلية لجسم ما، وفي تسهيل قراءة الرسومات عن طريق التخلُّص من الخطوط المتقطِّعة والمتشابكة. لاحظ الشكل (6) الذي يمثِّل غلاف محور مسبوك يحتوي كثيرًا من التفاصيل والخطوط المتقطعة والتجاويف والتفصيلات غير الظاهرة، وكيفيَّة ظهور التفصيلات الداخلية بخطوط واضحة، وكيفيَّة التخلُّص من الخطوط المتقطعة ليبدو الرسم واضحًا وسهل الفهم والقراءة.



الشكل (6): المسقط والقطاع

تذكّر

المقياس الطبيعي (1:1) يكون فيه حجم الرسمة مطابقًا للقطعة.

مقياس التصغير يكون فيه حجم القطعة أكبر من الرسمة. مثال (1:2).

مقياس التكبير يكون فيه حجم القطعة أصغر من الرسمة. مثال (3:1)

ثانيًا: خطوط مستويات القطع

ذكرنا سابقًا أنَّ المساقط أحيانًا تحتوي على خطوط متقطعة كثيرة بسبب احتواء المجسَّم على أجزاء كثيرة غير مرئية كالثقوب والمجاري والتجاويف. وحتى نستطيع رؤية هذه التفاصيل يجب استخدام ما يُسمى القطع للأجسام المقطوعة حيث نتخيَّل وجود مستوى قطع وهمي يمرُّ بأحد المساقط، ويعمل على إزالة جزء منه، وهذا ما يسمى بالمستوى القاطع: (cutting plane)، وخط القطع: (cutting line).

1 - خط القطع

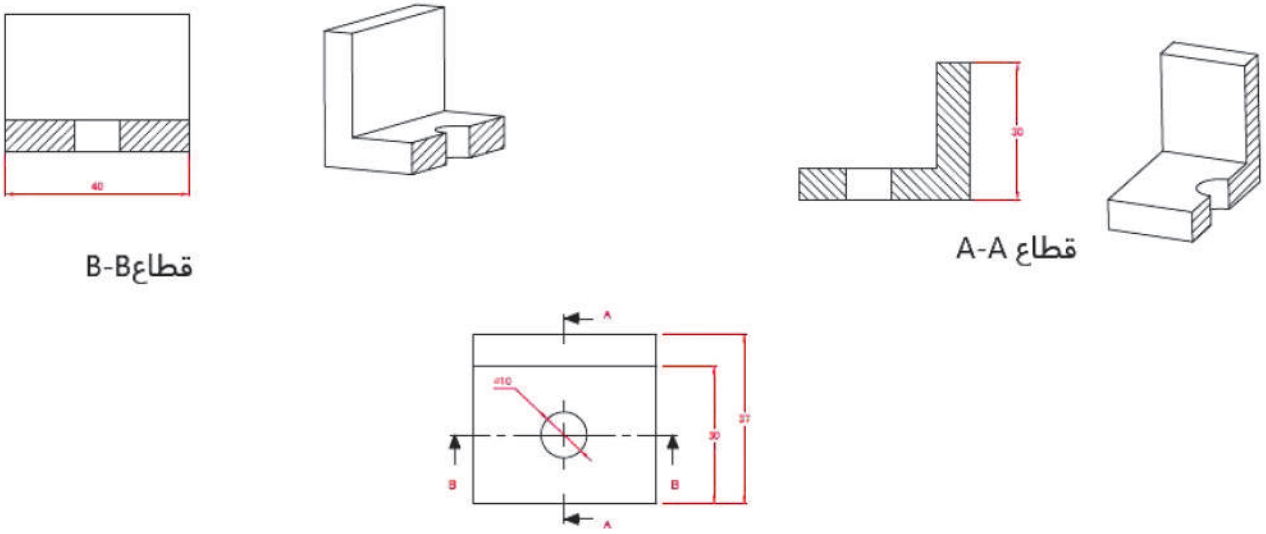
هو خط محوري ينتهي عند طرفيه بخطين سميكين، ويوضع على طرفيه سهمان يشيران إلى اتجاه النظر بعد عملية القطع، ويُسمى القطاع بحرفين متشابهين يُكتبان تحت كل سهم. انظر الشكل (7).

الشكل (7): خطوط القطع.

والأمثلة الآتية توضح خط القطع، وكيفية ظهور الجسم بعد قطعه باختلاف مكان خطوط القطع التي سنرمز إليها بالرموز (A-A) (B-B) أو أي رموز أخرى:

مثال (3)

يمثل الشكل (8) قطع ميكانيكية قُطعت بمستويات قطع مختلفة، وكيف يبدو قطاعها عند كل مستوى قطع، لاحظ شكل القطاع الناتج باختلاف مستوى القطع.



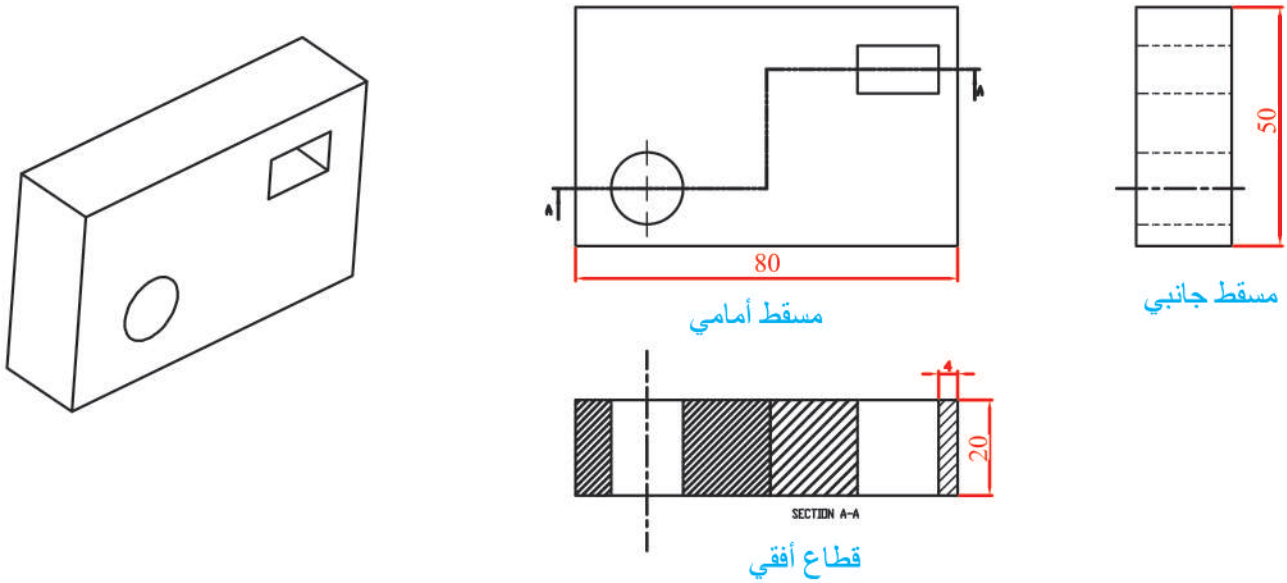
قطاع B-B

قطاع A-A

مسقط افقي

الشكل (8): القطاع عند مستويات قطع مختلفة.

ومن الممكن أيضًا أن يكون لهذه القطعة مستويا قطع متوازيان على المسقط نفسه. لاحظ الشكل (9) الذي يبيِّن القطاع الناتج والمسقطين الأفقي والجانبي للمنظور.



مسقط جانبي

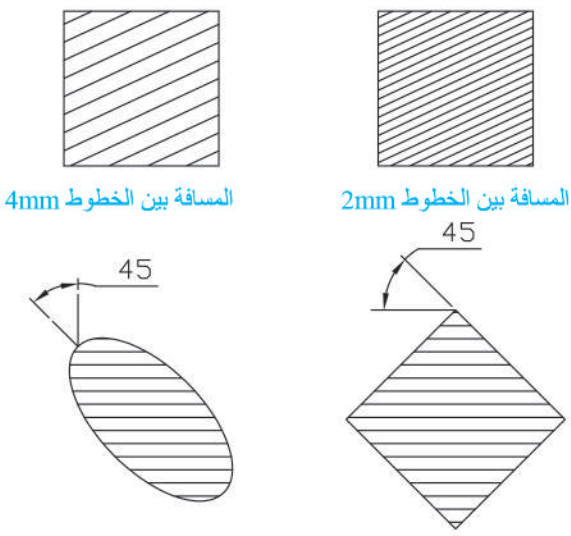
مسقط أمامي

قطاع أفقي

الشكل (9): مستويا قطع متوازيان على المسقط نفسه والقطاع الناتج.

2 - خطوط التهشير (Hatching Lines)

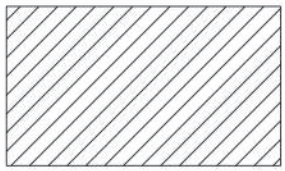
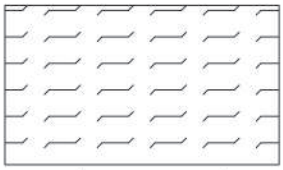
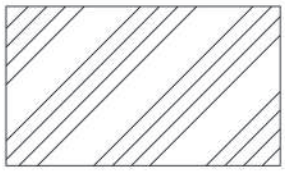
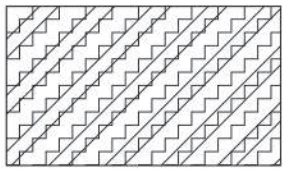
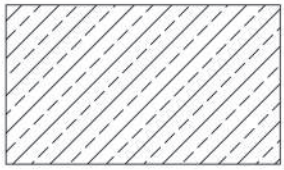
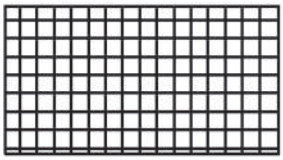
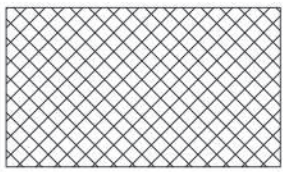
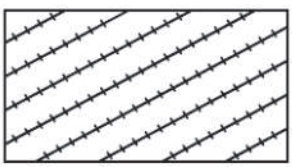
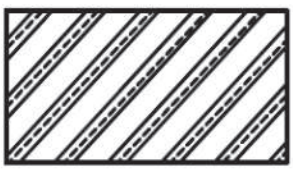
هي علامات يتركها الجسم القاطع (المستوى القاطع) في الأجزاء المصمتة، ويُعبَّر عنها بخطوط خفيفة متوازية مائلة بزاوية 45° وزوايا مختلفة بالنسبة إلى خطوط إطار الرسم، وتكون المسافات بين الخطوط متساوية تتراوح بين 2mm و4mm. لاحظ الشكل (10) الذي يمثِّل نماذج مختلفة لرسم خطوط التهشير.



الشكل (10): طرائق مختلفة لرسم خطوط التهشير.

ومن الجدير ذكره أنَّ التهشير يعتمد على نوع مادة الجسم المراد قطعه. انظر الجدول (1) الذي يبيّن مجموعة من المواد والطريقة المتّبعة في تهشيرها.

الجدول (1)

 حديد مطاوع	 فلين –فايبر -جلد	 فولاذ
 عازل حراري	 مواد صعبة الانصهار	 لفيفة أسلاك
 زنك–رصاص- سبائك	 مغنيسيوم أو ألمنيوم	 برونز - نحاس

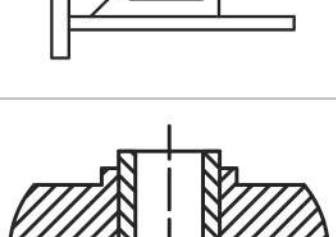
من القواعد الواجب مراعاتها في عملية التهشير:

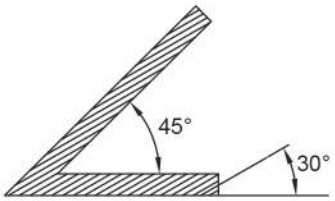
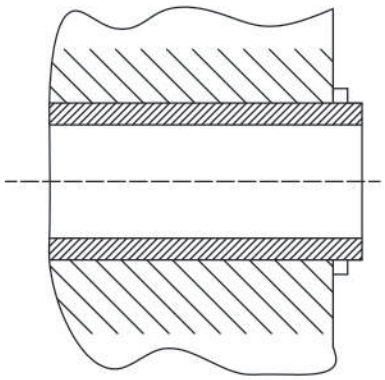
أ- تَساوي المسافات بين خطوط التهشير التي تتراوح بين 2mm و 4mm ، وأحيانًا تزيد عن ذلك تبعًا لمساحة الرسم.

ب- وجوب أن تكون حدود منطقة التهشير خطوطًا ظاهرة، وأن لا يمر خط ظاهر من خطوط الجسم الأساسية داخل منطقة التهشير، وإن حدث ذلك فيجب مسحه.

جـ - مرور خط القطع في أحد المسقطين المجاورين للمسقط المراد عمل قطاع فيه، وتنفيذ عملية التهشير في المسقط المراد قطعه. لاحظ الجدول (2).

الجدول (2): قواعد التهشير.

الرقم	القاعدة	الرسم التوضيحي
1	رسم خطوط التهشير باتجاه واحد وبزاوية 45° بصورة تتساوى فيها المسافات فيما بينها تبعًا لحجم الرسم، وذلك عندما يكون السطح المقطوع سطحًا واحدًا. وكلما كانت مساحة القطاع أكبر كانت المسافة بين خطوط التهشير أكبر، والعكس صحيح.	
2	رسم خطوط التهشير باتجاهين متعاكسين إذا كان القطاع مكوَّنًا من قطعتين أو أكثر.	
3	إذا كان القطاع عند مستويين متوازيين، فيجب تغيير المسافة بين خطوط التهشير عند الانتقال من مستوًى إلى آخر.	
4	عند كتابة البعد في مكان يحتوي على خطوط تهشير يُترك مكان البعد خاليًا من خطوط التهشير.	

5	رسم خطوط التهشير بزاوية ميل مقدارها 45° إلا في حالات خاصة تُرسم بزاوية مختلفة كما في الشكل المجاور الذي تكون فيه القطعة المراد تهشيرها مرسومة بزاوية 45°، لذا يُفضَّل هنا رسم خطوط التهشير بزاوية 30°.	
6	عند احتواء القطاع على جزء ذي مساحة كبيرة تُهشَّر حافات هذا الجزء فقط شريطة أن تكون المسافة بين خطوط التهشير أكبر منها للمساحات الصغرى.	

ثالثًا: الأجزاء الميكانيكية التي لا تُقطع ولا تُهشَّر في القطاعات

ذكرنا سابقًا أن الهدف من القطاع هو إظهار الأجزاء أو التفصيلات الداخلية للجسم، فإذا كان الجسم لا يحتوي شيئًا من ذلك فلا داعي لقطعه طالما أنه لا يُخفي شيئًا داخله. وقد اتُّفق عالميًّا على عدم قطع مجموعة من الأجزاء ولو مرَّ فيها مستوى القطع، وهي:

1 - الصواميل.

2 - أيدي الآلات.

3 - أسنان التروس والجرائد المسنَّنة.

4 - الأسافين ذات الاتجاه الطولي، وأما ذات الاتجاه العرضي فتُهشَّر.

5- أذرع الطارات.

6 - الأعمدة المصمتة ما لم تكن بها مجاري أسافين أو ثقوب مركزية فإنها عند ذلك تُقطع قطعًا جزئيًّا.

7 - البراغي.

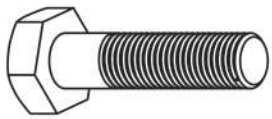
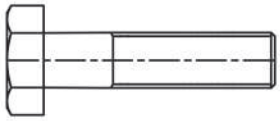
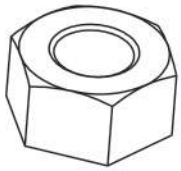
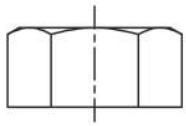
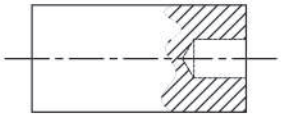
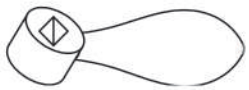
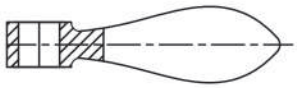
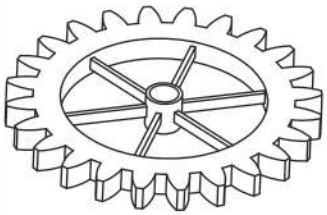
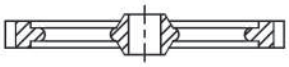
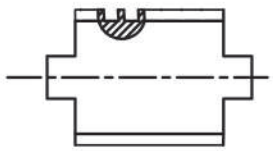
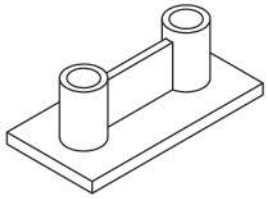
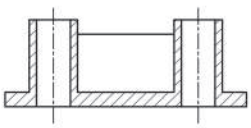
8 - مسامير التبشيم.

9 - الأعصاب إذا كان مستوى القطع فيها موازيًا لسطوحها، أما إذا كان مستوى القطع متعامدًا مع سطحها فتُهشَّر.

10 - مسامير التثبيت (البنّات).

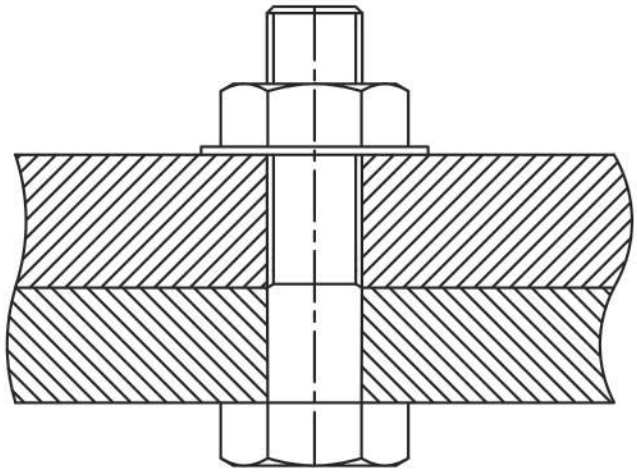
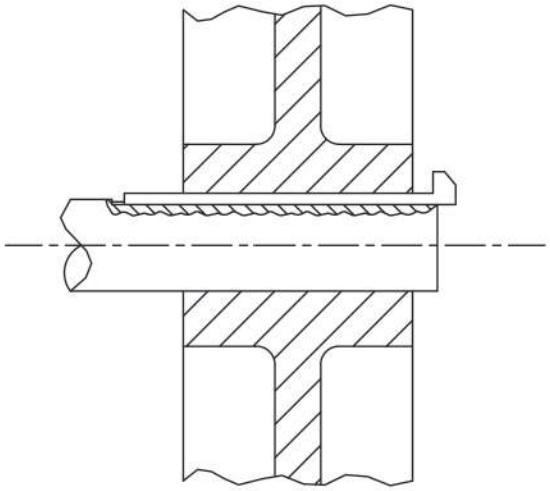
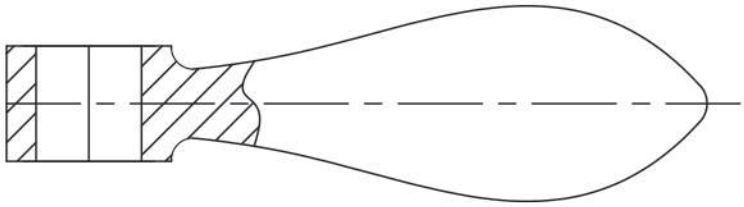
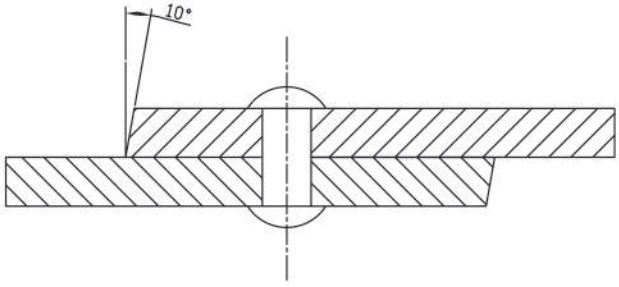
لاحظ الجدول (3) الذي يبين بعضًا من الأجزاء الميكانيكية التي لا تُقطع ولا تُهشَّر في الرسم الصناعي.

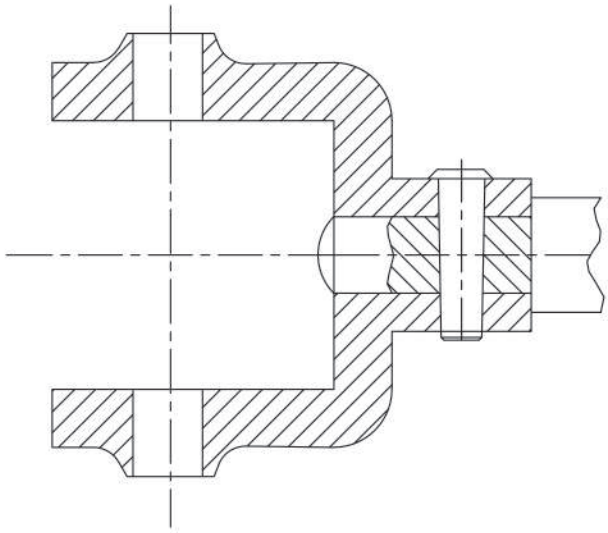
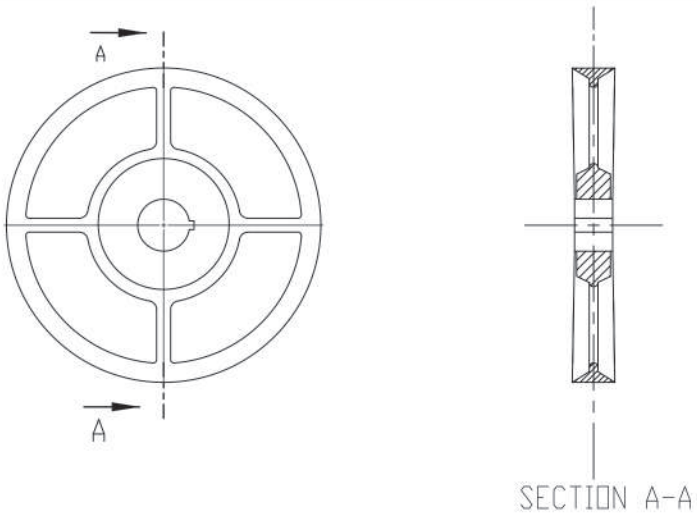
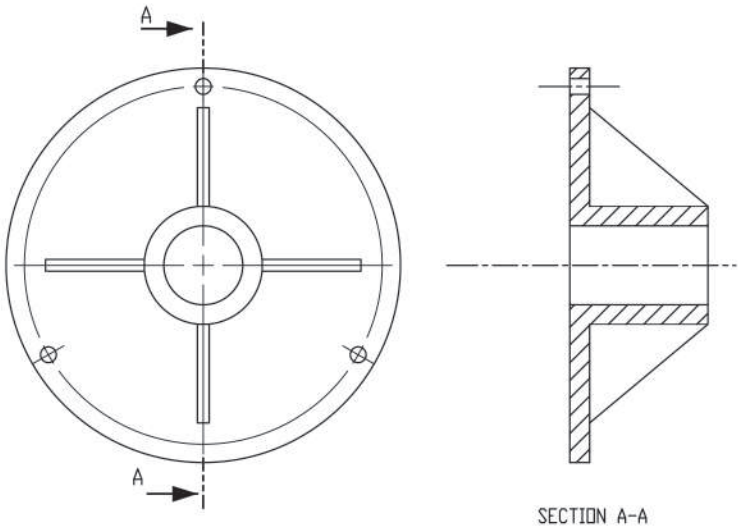
الجدول (3): الأجزاء الميكانيكية التي لا تُقطع ولا تُهشَّر في الرسم الصناعي.

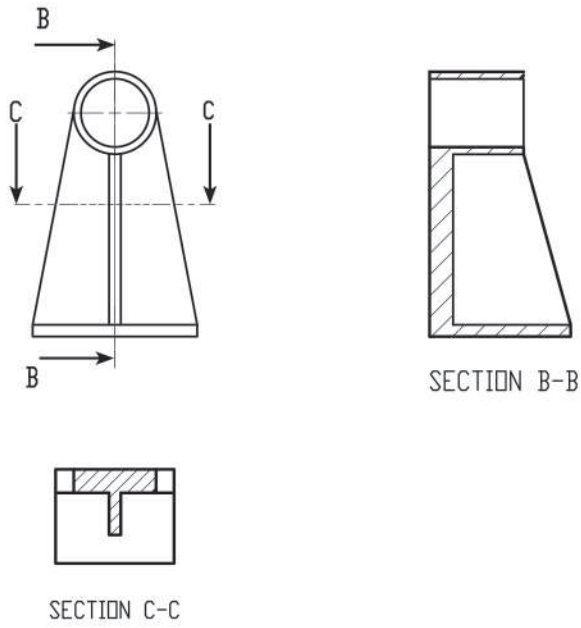
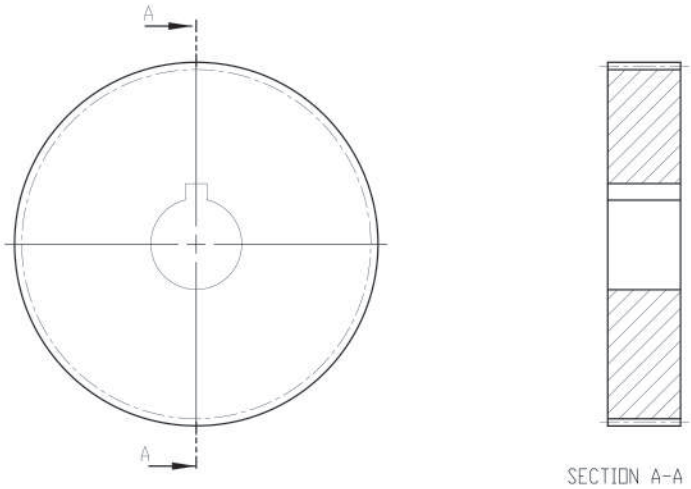
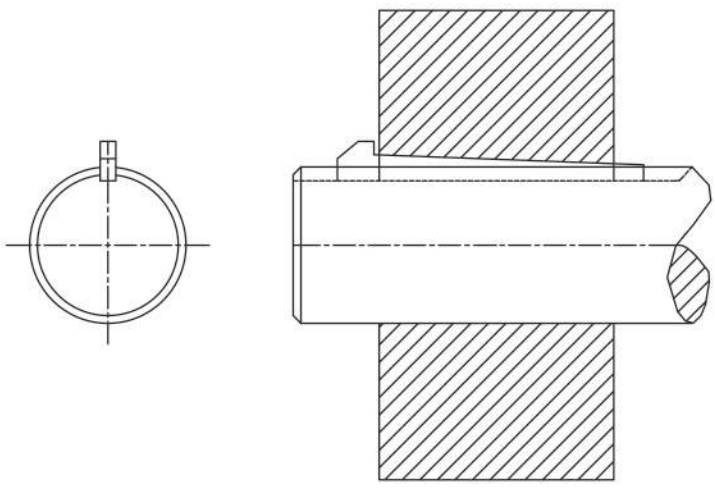
اسم الجزء	الجزء الميكانيكي	الإجراء الصحيح
برغي		
صامولة		
وتد		
مقبض		
أسنان التروس والعصب		
عمود ملولب		
هيكل معدني		

ولمزيد من التوضيح لاحظ الجدول (4) الذي يبين أمثلة إضافية للأجزاء الميكانيكية التي لا تقطع ولا تُهشَّر.

الجدول (4): الأجزاء الميكانيكية التي لا تقطع ولا تُهشَّر

الرقم	قاعدة التهشير	الرسم التوضيحي
1	**البراغي والصواميل** **(Bolts and Nuts)** لا تقطع ولا تُهشَّر	
2	**الأعمدة المصمتة** **(Solid shafts)** لا تقطع الأعمدة المصمتة ما لم يكن فيها مجاري خوابير	
3	**المقابض** **(Handles)** الجزء الذي لا يُهشَّر	
4	**مسامير البرشام** **(Rivets)** لا تقطع ولا تُهشَّر؛ لأنها مصمتة ولا تحتوي داخلها على تجاويف أو فراغات.	

الرقم	قاعدة التهشير	الرسم التوضيحي
5	**الأوتاد المستدقة (المخروطية)** **(Taper Pin Joint)** لا تقطع ولا تُهشَّر، ووظيفة الأوتاد تثبيت الأجزاء الميكانيكية في الآلات.	
6	**القطاعات في الطارات والبكرات** **(Pulleys and Flay wheels)** لا تُهشَّر حين يمر القطع باتجاه مواز لمحور ذراعها.	
7	**ظهور الفلنجات في القطاعات** **(Flanges)** الجزء الذي لا يُهشَّر	

الرقم	قاعدة التهشير	الرسم التوضيحي
8	**القطاعات في الجدران الرقيقة والأعصاب** **(Webs)** القاعدة الرئيسة في قطع العصب أنه لا يهشّر إذا قطع باتجاه موازٍ لسطحه، لكنه يهشّر عند قطعه في اتجاه عمودي على سطحه.	
9	**أسنان التروس** **(Teeth of Gears)** عند قطع التروس (العجلات المسننة) فإن الأسنان لا تهشّر.	
10	**الخوابير** **(Keys)** تُستعمل الخوابير لمنع الأجزاء الميكانيكية الدوّارة كالتروس والبكرات من الانزلاق عند تركيبها على الأعمدة الدوّارة، وجميعها لا تهشّر سواء في القطاع الطولي أو في القطاع العرضي.	

تعرَّفت في الصف الحادي عشر القطاعات وأنواعها وطرائق رسمها، القطاعات، والآن سنكمل ما درسناه سابقًا.

رابعًا: أنواع القطاعات (Types of Sections)

تُصنَّف القطاعات بحسب مستوى القطع في المجسم المراد قطعه إلى الأنواع الآتية:

1 - القطاع الكامل (Full section).

2 - القطاع النصفي (Half Section).

3 - القطاع الجزئي (Partial Section).

4 - قطاع المحاذاة (Aligned section).

5 - القطاع المُدار (Revolved Section).

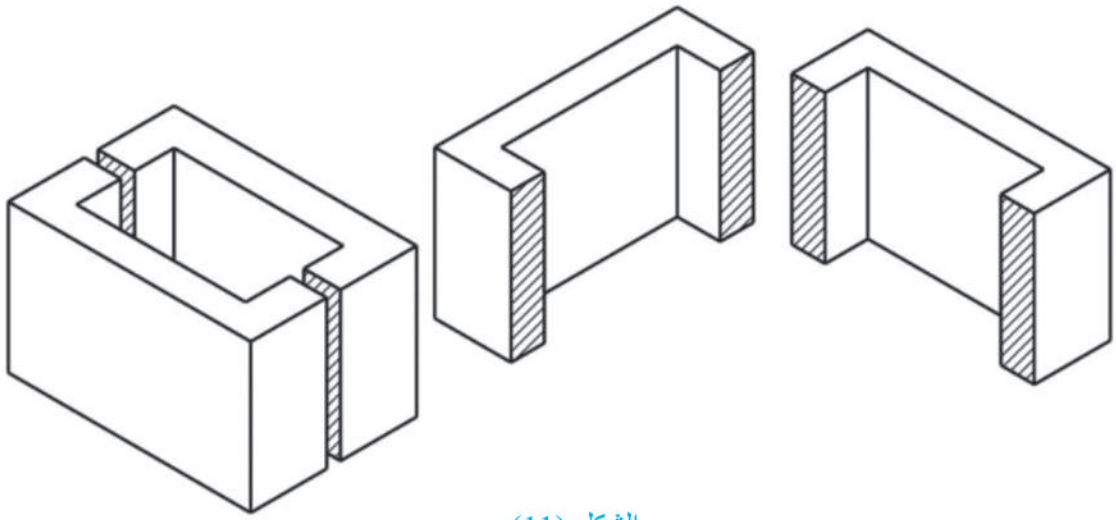
6 - القطاع المُزال (Removed Section).

7 - القطاع المتنقِّل (Offset section).

وسنوضح في هذا الدرس هذه الأنواع من القطاعات لما لها من أهمية كبيرة في تخصص ميكانيك الإنتاج، وكيفية تمييز كلّ نوع من هذه القطاعات، والطريقة الصحيحة في رسم القطاع والمساقط للأجزاء الميكانيكية شائعة الاستخدام.

1 - القطاع الكامل (Full Section)

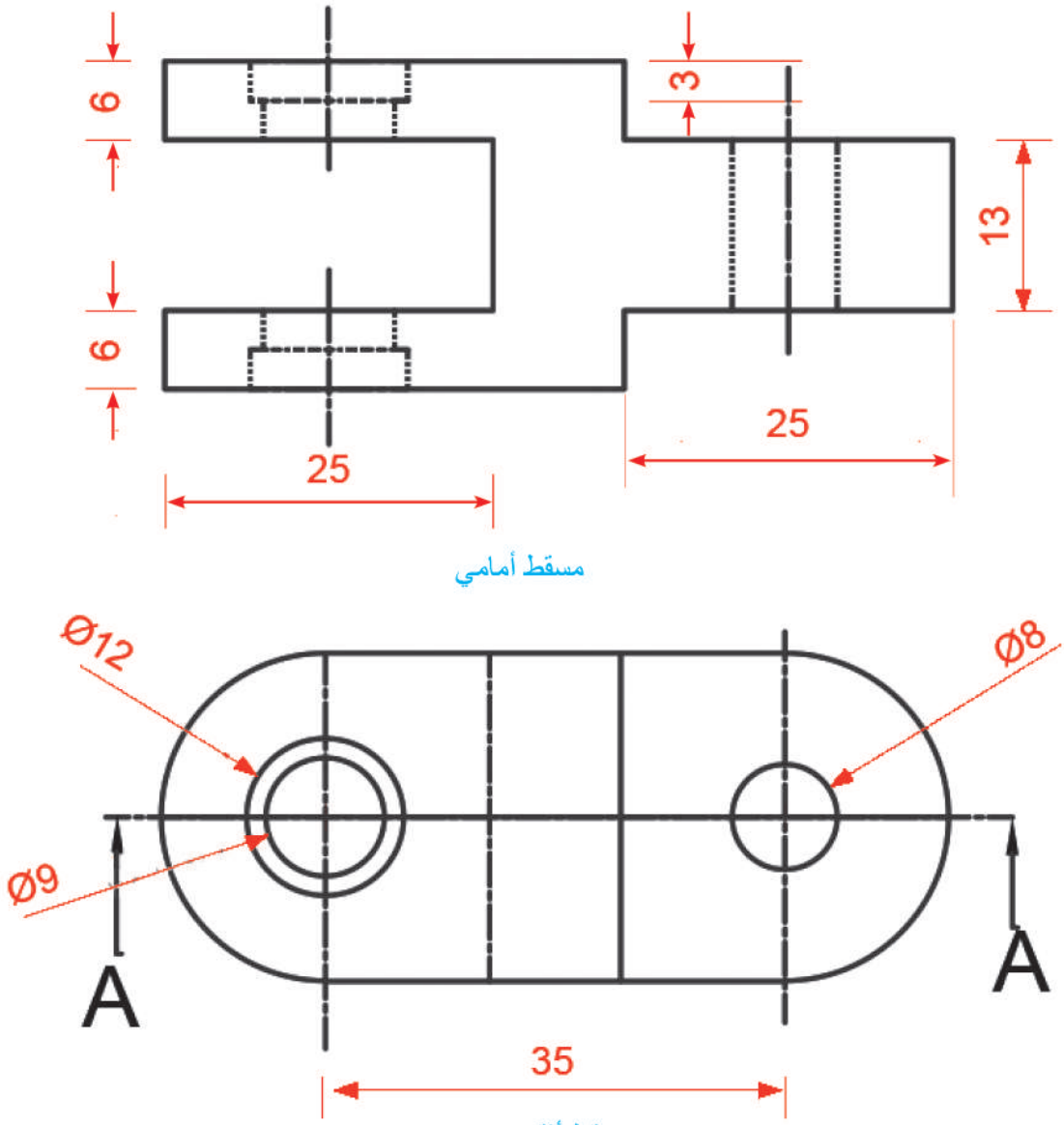
هذا النوع من القطاعات هو أكثر أنواع القطاعات شيوعًا واستعمالًا، ويعني أن يكون مستوى القطع موازيًا لأحد المستويات الثلاثة الأساسية: الأمامي، والأفقي، والجانبي. لاحظ الشكل (11). ويُستخدم هذا النوع من القطاعات في الأجسام المتماثلة، حيث يمر مستوى القطع فيها بمحور التماثل، ويقسم الجسم قسمين متماثلين، والأجسام غير المتماثلة عند وجود تفاصيل مهمة ليست موجودة على محور التماثل.



الشكل (11)

تُقسم القطاعات الكاملة الموازية ثلاثة أقسام هي:

أ - **القطاع الأمامي الكامل:** وفيه يكون مستوى القطع موازيًا للمستوى الأمامي، وعموديًّا على المستوى الأفقي أو الجانبي، إذ يمر بمحور التماثل للجسم، وتُرسم خطوط التهشير في المسقط الأمامي. انظر الشكل (12) الذي يبين شوكة توصيل بمسقطيها الأمامي والأفقي.

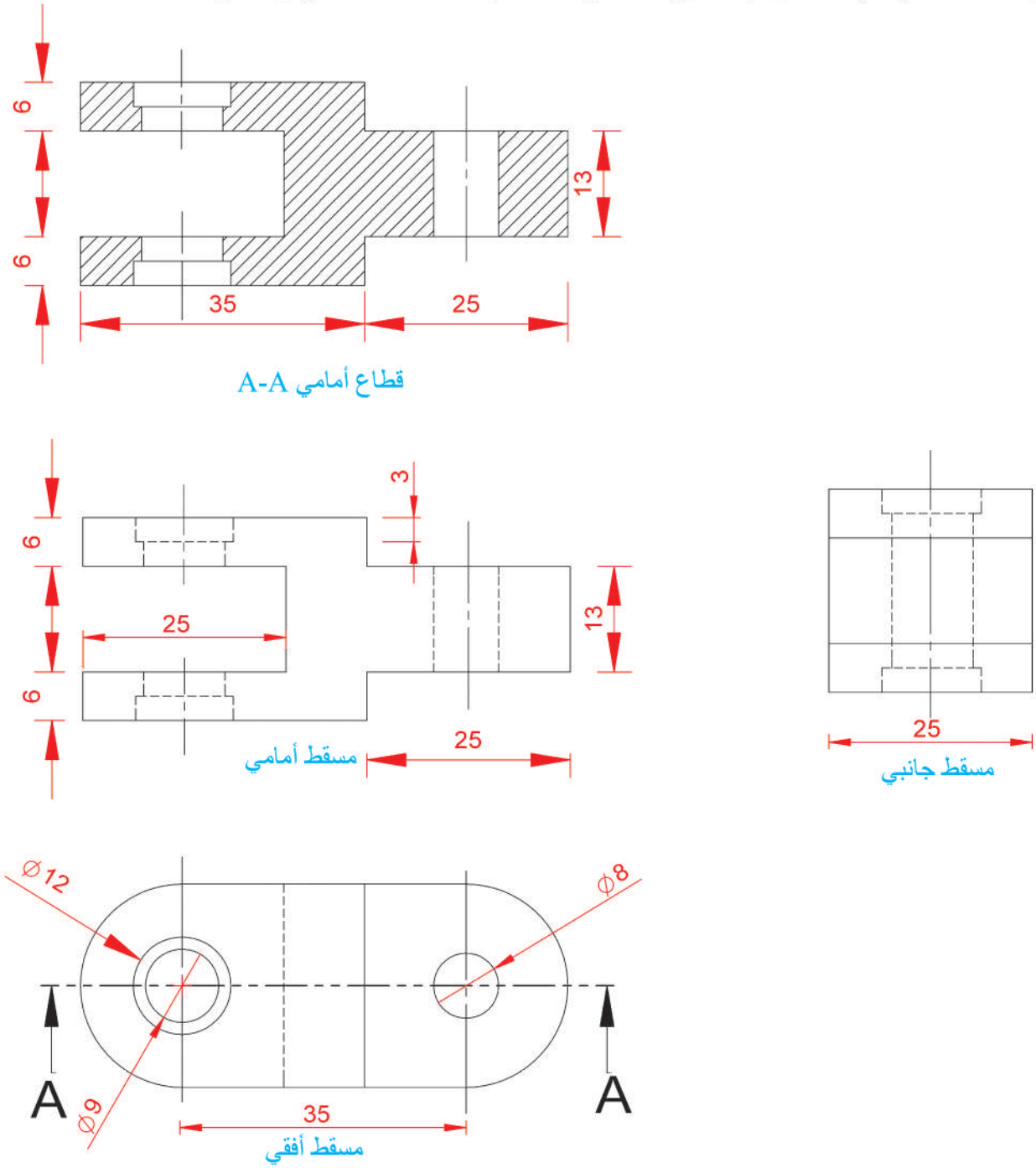


مسقط أمامي

مسقط أفقي

الشكل (12)

ويبيّن الشكل (13) كيفية رسم القطاع الأمامي A-A، والمسقطتين الجانبي والأفقي كاملين.

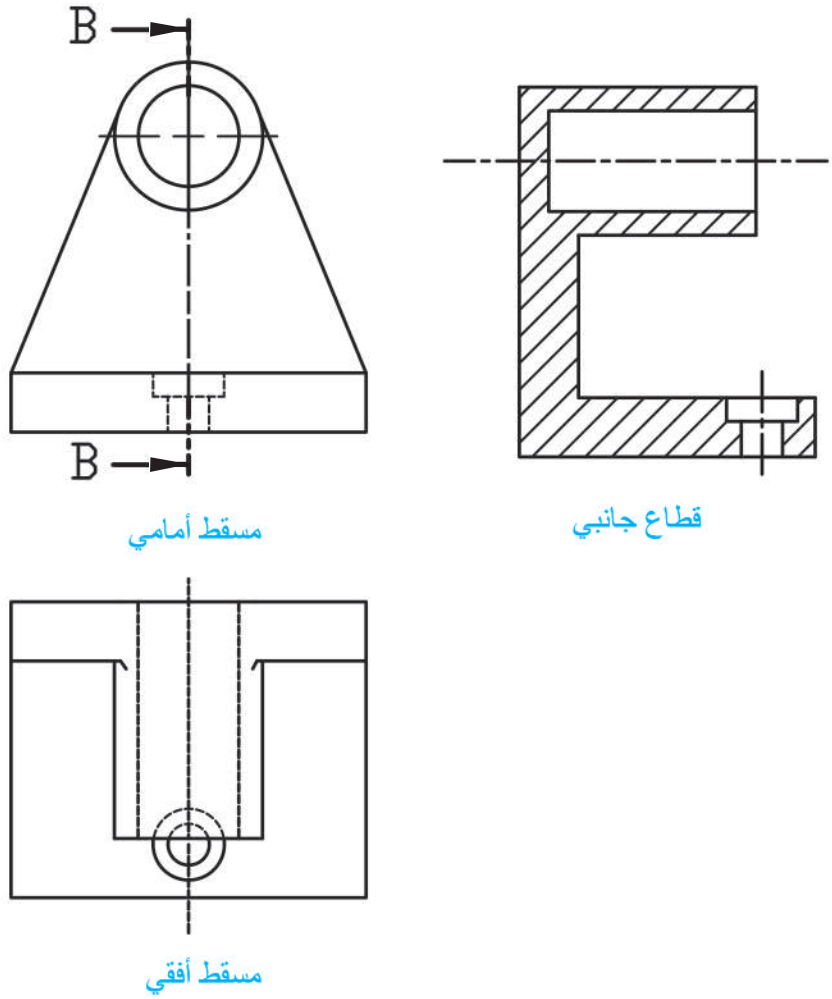


الشكل (13): القطاع والمساقط.

لاحظ أنَّ خط القطع A-A قد مر في الثقب ذي القطر 8mm، وكذلك في ثقبي الشوكة الأيسرين ذوي القطر 9mm، و12mm، وبذلك أصبحت الخطوط المتقطعة المخفية جميعها واضحة، وهشِّرت المناطق التي مر بها خط القطع، وتُركت الثقوب بلا تهشير؛ لأنها فراغ.

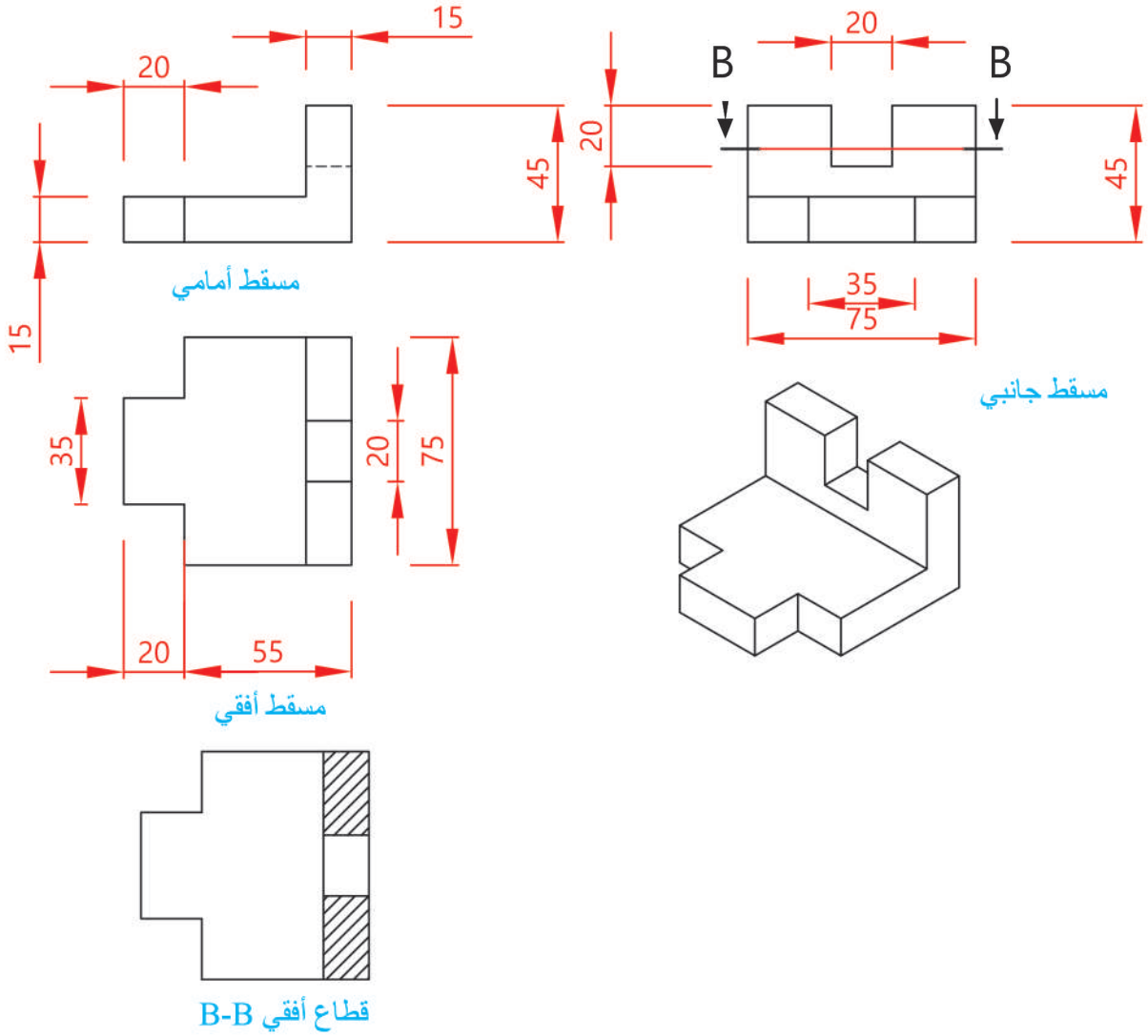
وتم استنتاج المسقط الجانبي للشوكة تبعًا لقواعد الرسم وأسسه التي تعلمتها سابقًا.

ب- القطاع الجانبي الكامل: وفيه يكون مستوى القطع موازيًا للمستوى الجانبي، وعموديًّا على المستوى الأفقي أو الأمامي، وتُرسم خطوط التهشير في المسقط الجانبي. لاحظ الشكل (14) الذي يبين قاعدة محور، وكيف تم رسم مسقطيها الأمامي والأفقي. لاحظ مكان مرور خط القطع B-B، الذي يوضح جميع الخطوط المتقطعة المخفية في المسقطين الأمامي والأفقي، فيجعلها واضحةً في القطاع الجانبي، ثم هُشّرت المناطق المصمتة التي مرّ بها محور القطع وتركت الثقوب من دون تهشير.



الشكل (14): القطاع والمساقط

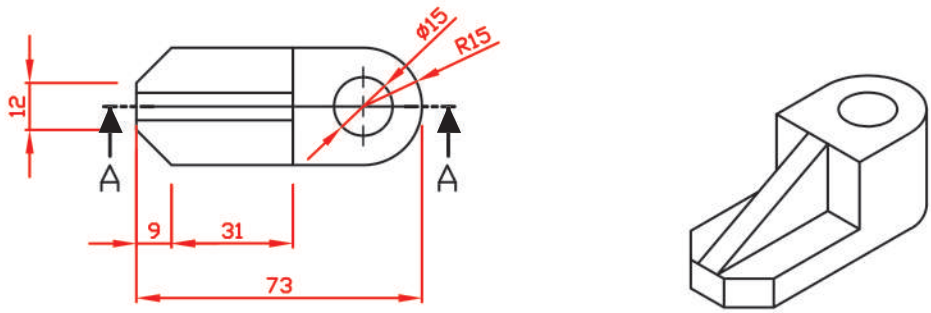
جـ - القطاع الأفقي الكامل: وفيه يكون مستوى القطع موازيًا للمستوى الأفقي وعموديًّا على المستوى الأمامي أو الجانبي، وتُرسم فيه خطوط التهشير في المسقط الأفقي. لاحظ الشكل (15) الذي يمثّل مجسمًا سنقوم بقطعه بمستوى قطع موازيًا للمستوى الأفقي، ولاحظ كيف يُرسم فيه القطاع والمساقط.



الشكل (15): المجسم المراد قطعه مع المساقط والقطاعات

مثال (4) يبين الشكل (16) قطعة ميكانيكية ومسقطها الأفقي، تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم ما يأتي:

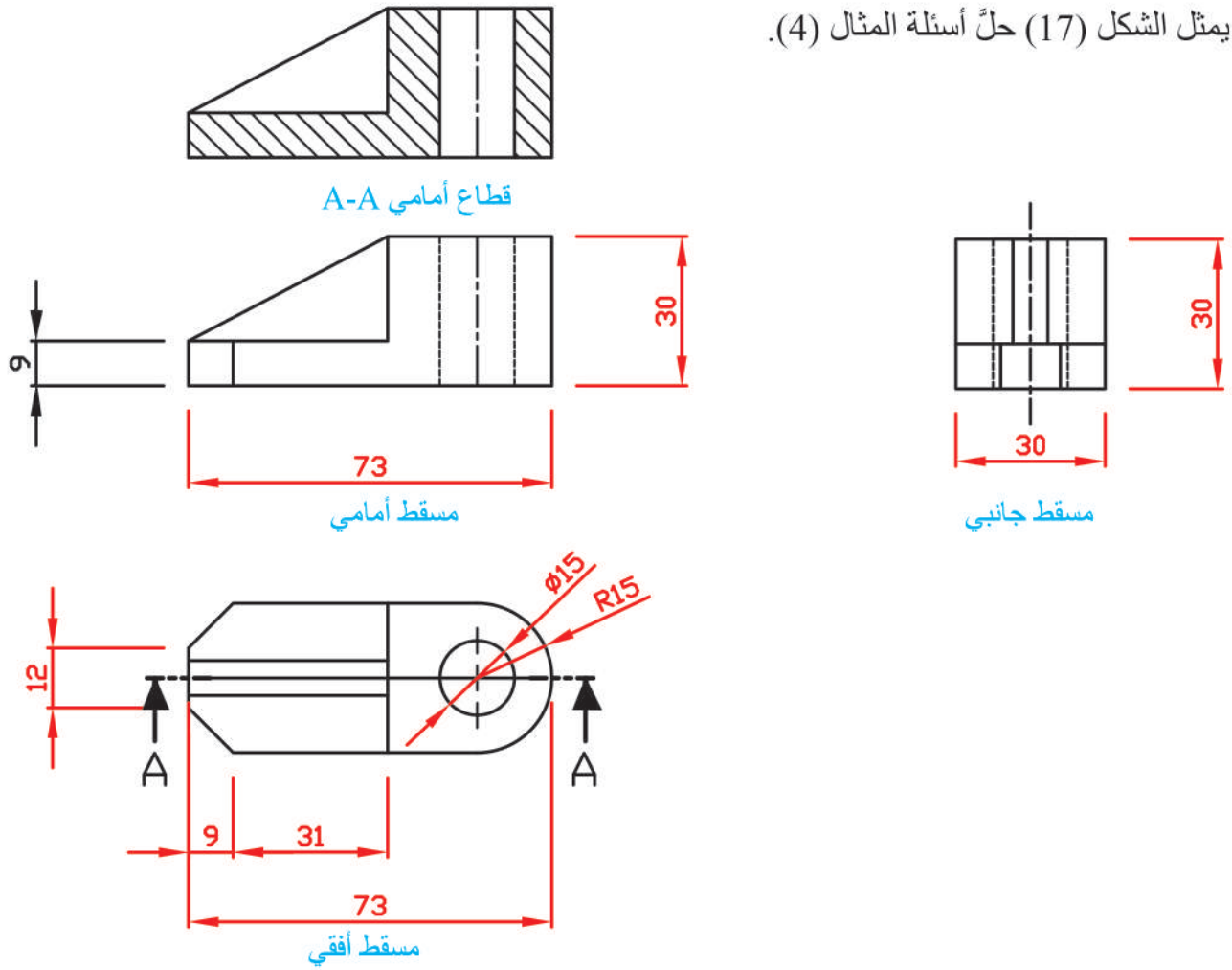
- المسقط الأمامي.
- المسقط الجانبي.
- القطاع الأمامي (A-A).
- المسقط الأفقي.



الشكل (16): القطعة الميكانيكية والمسقط الأفقي

الحل

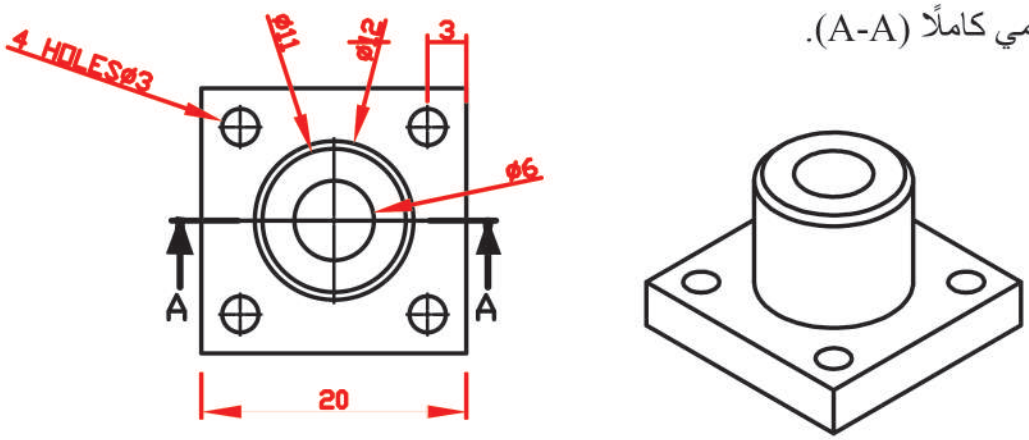
يمثل الشكل (17) حلَّ أسئلة المثال (4).



الشكل (17): رسم القطاعات المطلوبة

مثال (5) يمثل الشكل (18) قطعة ميكانيكية مع مسقطها الأفقي، تأمَّل هذه القطعة، ثمَّ ارسم:

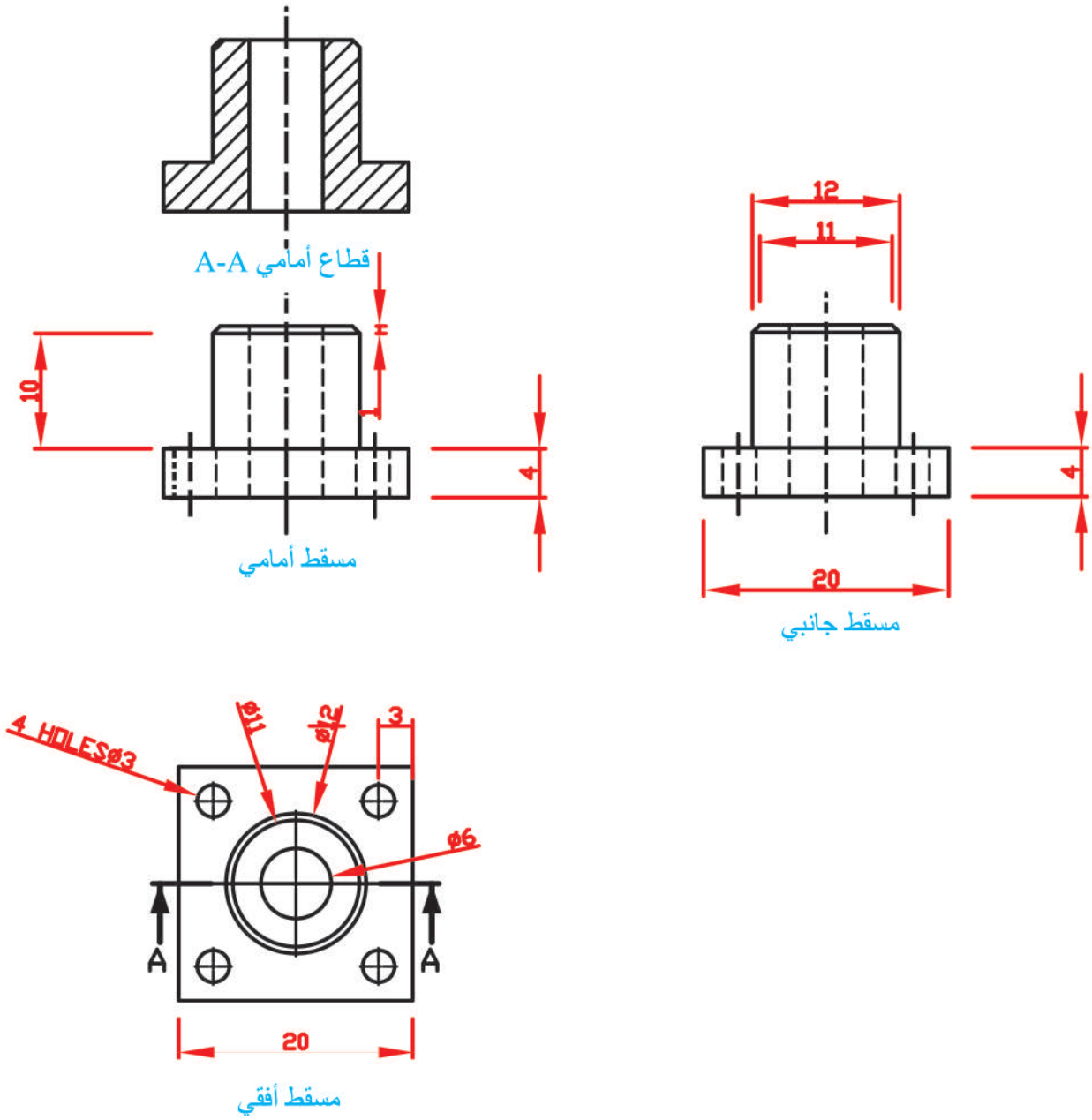
- المسقط الأمامي.
- المسقط الجانبي.
- القطاع الأمامي كاملًا (A-A).



الشكل (18): القطعة الميكانيكية والمسقط الأفقي

الحل

يمثل الشكل (19) حلّ أسئلة المثال (5).

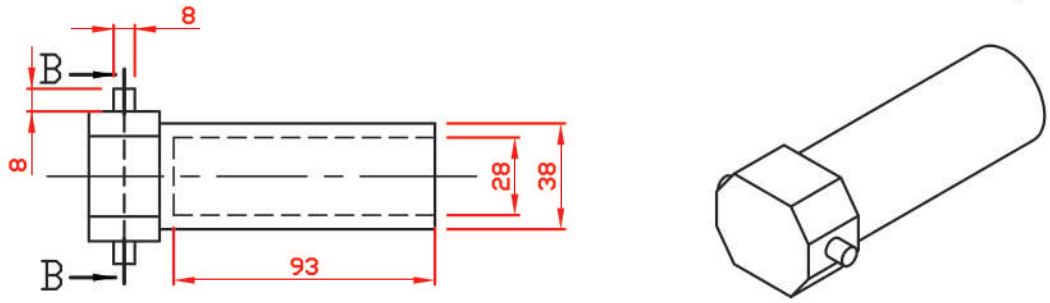


الشكل (19): القطاع الأمامي والمسقطان الجانبي والأمامي

مثال (6)

يمثل الشكل (20) قطعة ميكانيكية ومسقطها الأفقي، قُطعت عند مستوى القطع (B-B). المطلوب رسم:

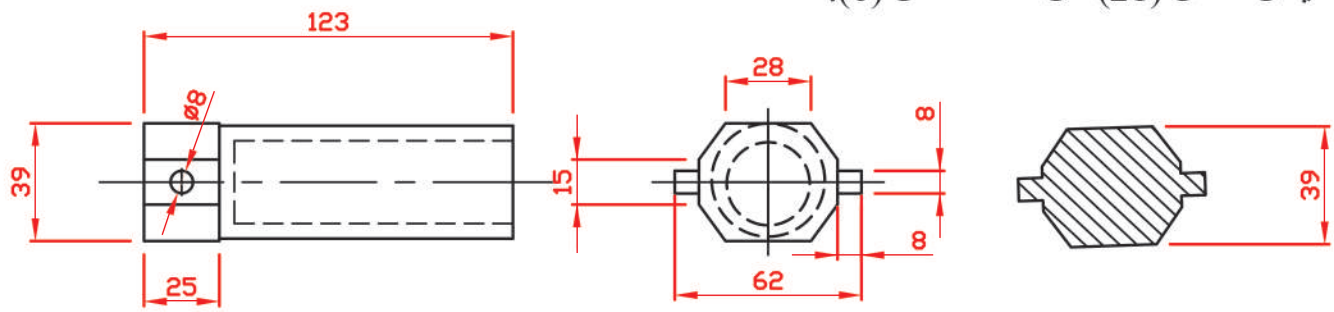
- المسقط الأمامي.
- القطاع الجانبي كاملًا (B-B).
- المسقط الجانبي.
- المسقط الأفقي.



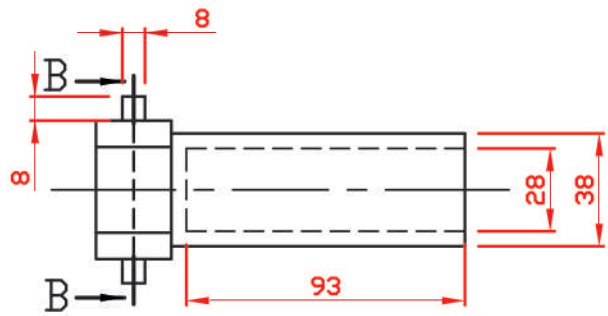
الشكل (20): قطعة ميكانيكية والمسقط الأفقي

الحل

يمثل الشكل (21) حلّ أسئلة المثال (6).



مسقط أمامي　　مسقط جانبي　　قطاع جانبي B-B

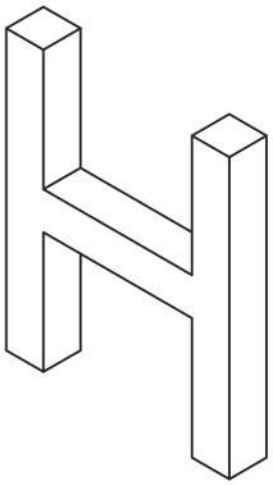


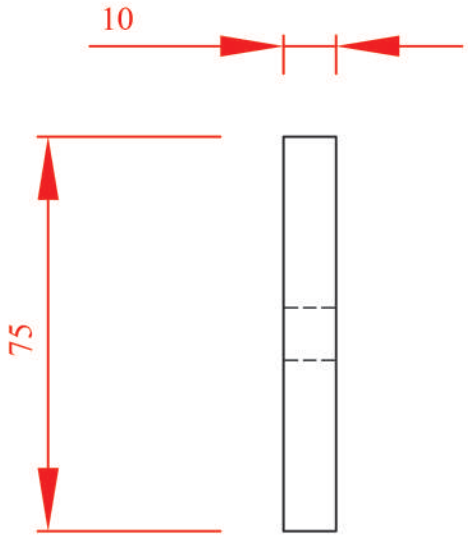
مسقط أفقي

الشكل (21): القطاع الجانبي والمساقط الثلاثة.

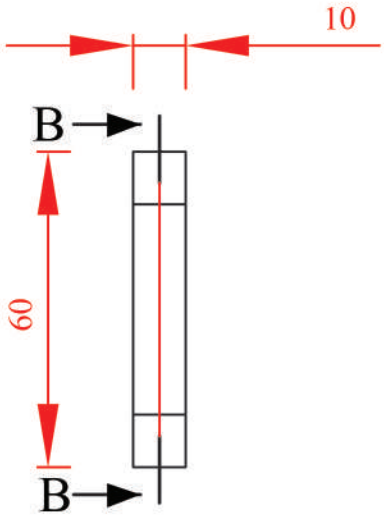
مثال (7) يبين الشكل (22) منظورًا لقطعة ميكانيكية ومسقطها الأمامي والأفقي. المطلوب رسم:

- القطاع الجانبي B-B
- المسقط الجانبي.
- المسقط الأفقي.
- المسقط الأمامي.





المسقط الأمامي.

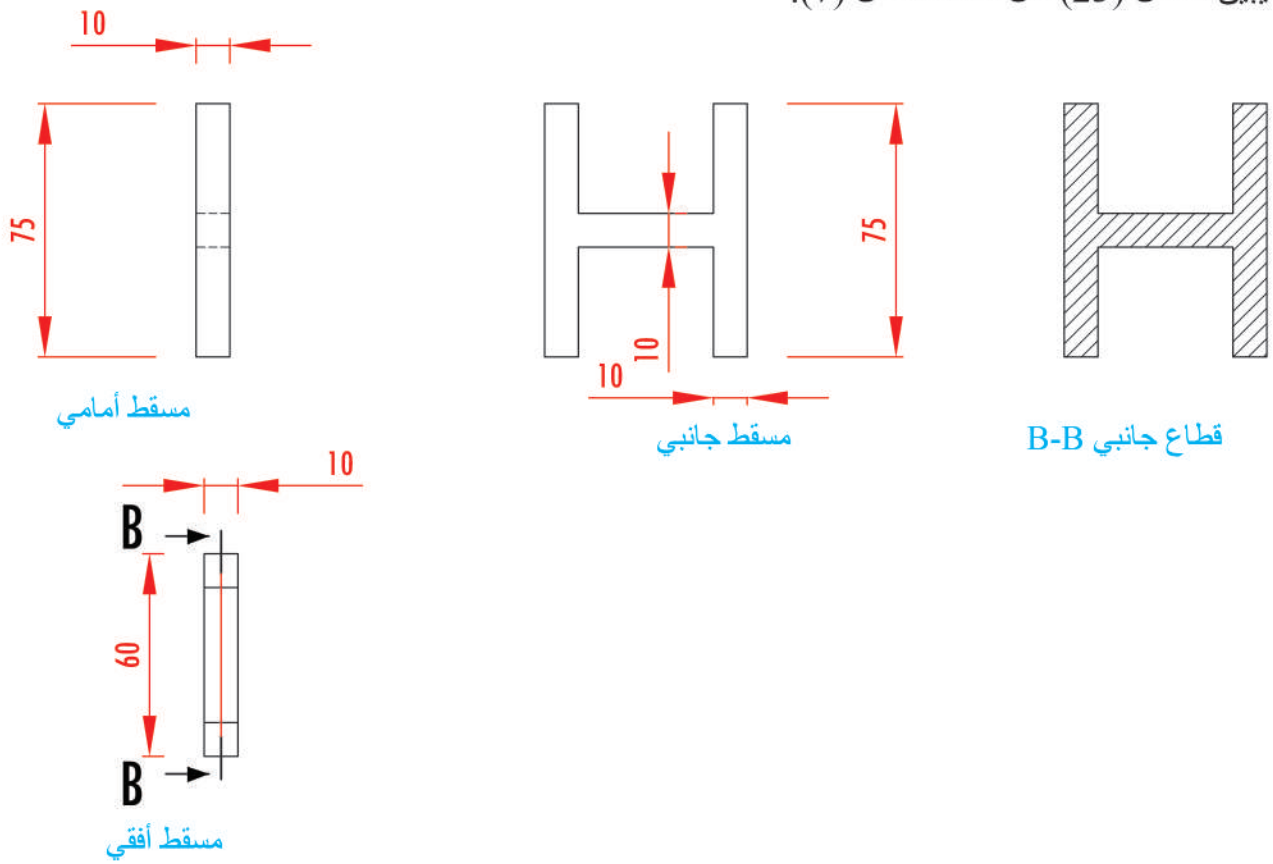


المسقط الأفقي.

الشكل (22): قطعة ميكانيكية والمسقط الأمامي والأفقي.

الحل

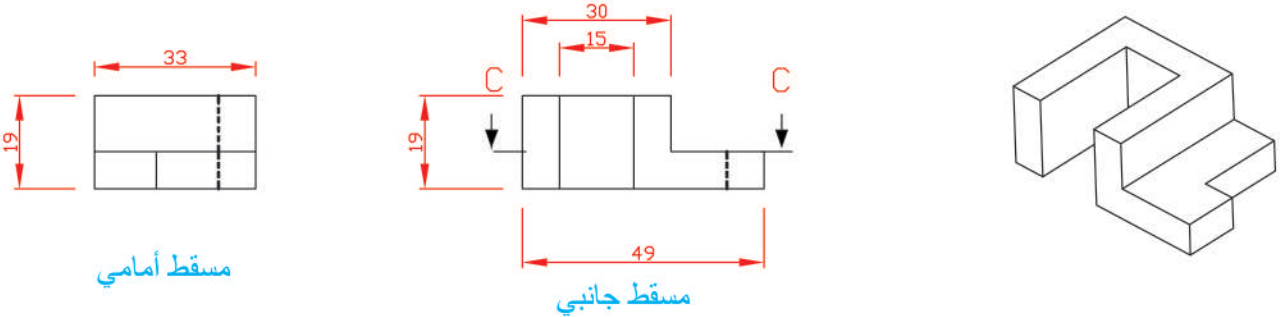
يبين الشكل (23) حل أسئلة المثال (7).



الشكل (23): القطاع والمساقط.

مثال (8) يمثل الشكل (24) قطعة ميكانيكية ومسقطيها الجانبي والأمامي. المطلوب رسم:

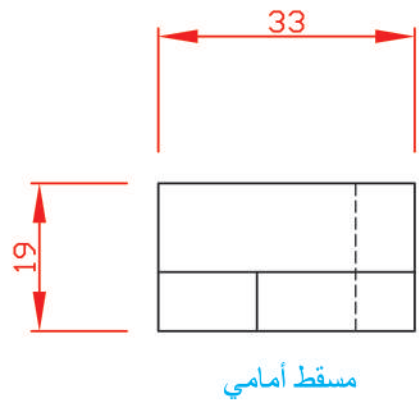
- القطاع الأفقي C-C.
- المسقط الأفقي.



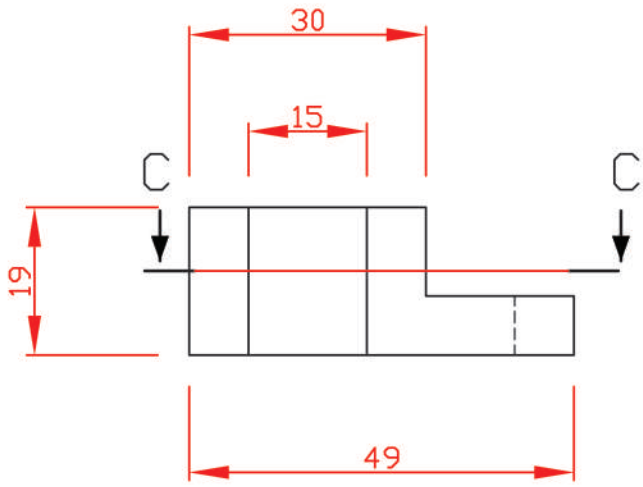
الشكل (24): منظور دعامة عمود والمسقط الأفقي.

الحل

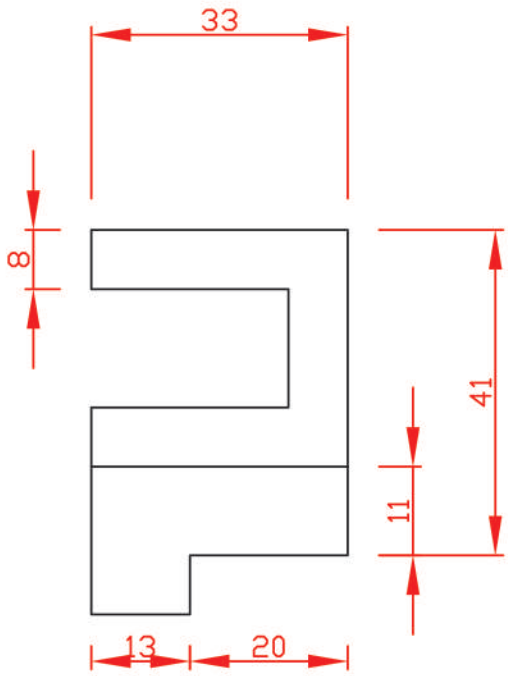
يبين الشكل (25) حل أسئلة المثال (8).



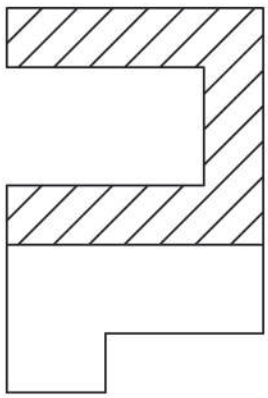
مسقط أمامي



مسقط جانبي



مسقط أفقي



قطاع أفقي C-C

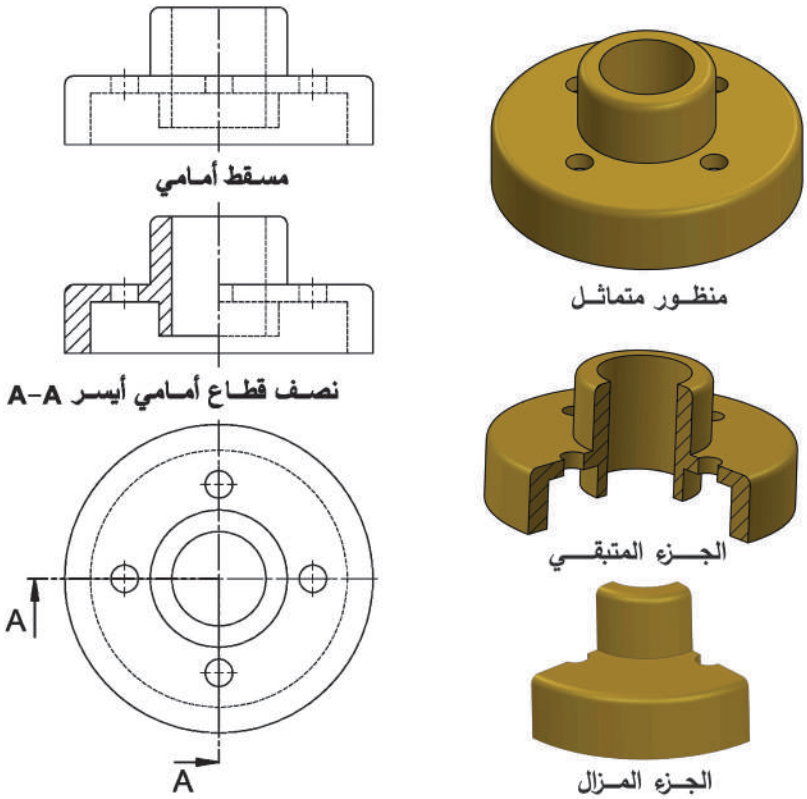
الشكل (25): القطاع والمساقط

2 - القطاع النصفي (Half Section)

لماذا يُستخدم هذا النوع من القطاعات؟

درست في المرحلة السابقة أنَّ نصف القطاع يمتاز بأنه يُظهر أجزاء الجسم الداخلية والخارجية معًا. وبناءً على ذلك، فإنَّ هذا النوع من القطاعات يُستخدم أساسًا للمجسمات المتماثلة، حيث يُقطع المنظور بمستويي قطع متعامدين وإزالة الجزء الذي خلف سهم القطع ويُسمى الجزء المُزال، ويُسمّى الجزء الذي أمام سهم القطع الجزء المتبقي. ومن مزايا هذا القطاع توفير الوقت والحيِّز للرسام، وتوضيح التفاصيل الداخلية أكثر.

نلاحظ من الشكل (26) ظهور التفصيلات الداخلية في الجزء المقطوع، وتهشير السطوح الملامسة لأداة القطع، ونلاحظ أيضًا في الجزء غير المقطوع ظهور التفصيلات الخارجية والداخلية خطوطاً متقطعة للقطعة.



الشكل (26)

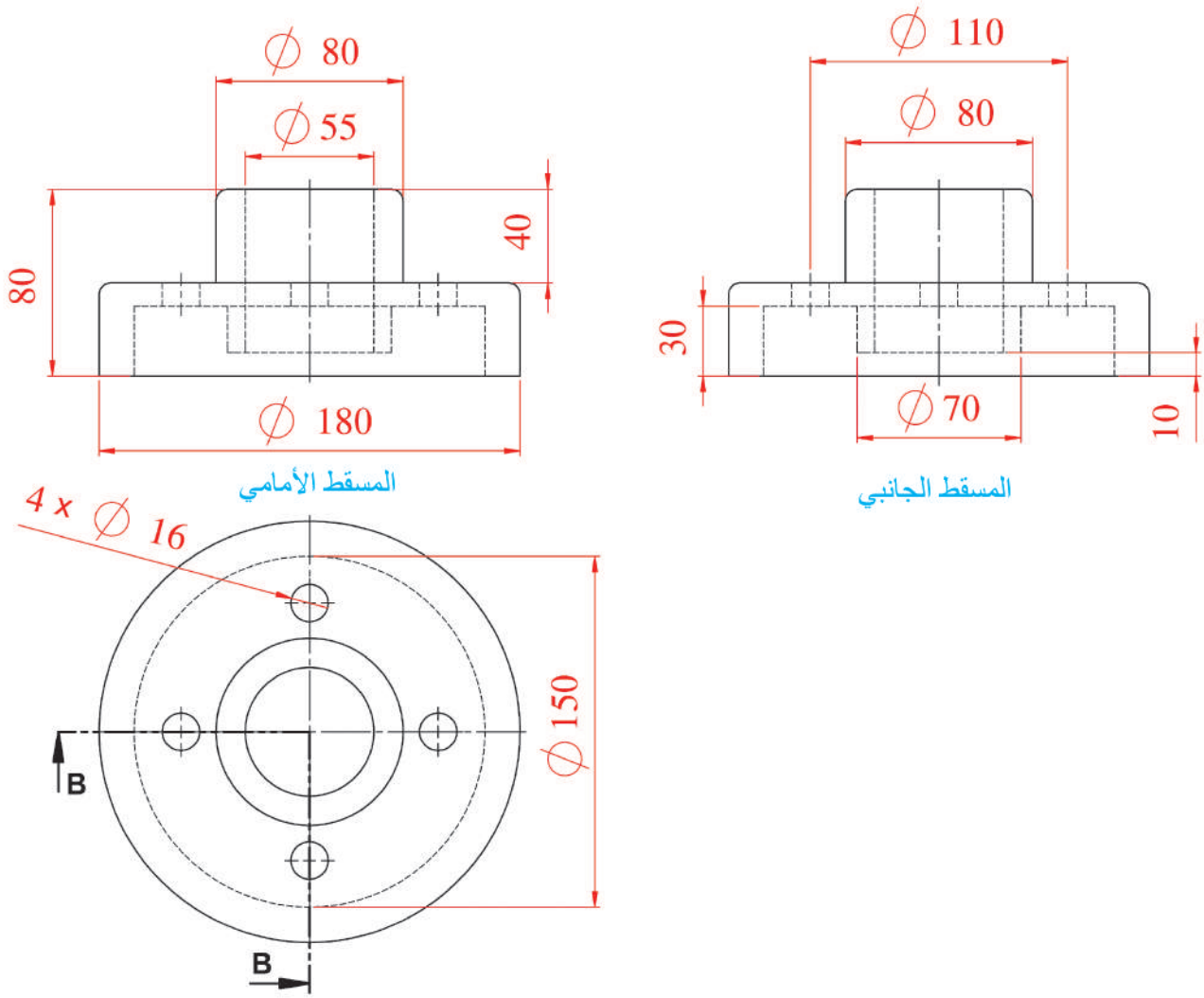
فكّر قارن بين القطاع الكامل والقطاع النصفي.

ابحث

ابحث مع مجموعة من الزملاء عن استخدامات أخرى للقطاع النصفي.

مثال (9) يمثِّل الشكل (27) مسقطًا أماميًّا ومسقطًا أفقيًّا ومسقطًا جانبيًّا لمنظور متماثل موضَّحة عليها الأبعاد بوحدة mm. تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم بمقياس الرسم 1:1 ما يأتي:

- نصف القطاع الجانبي الأيمن B-B.
- المسقط الأفقي.



المسقط الأمامي

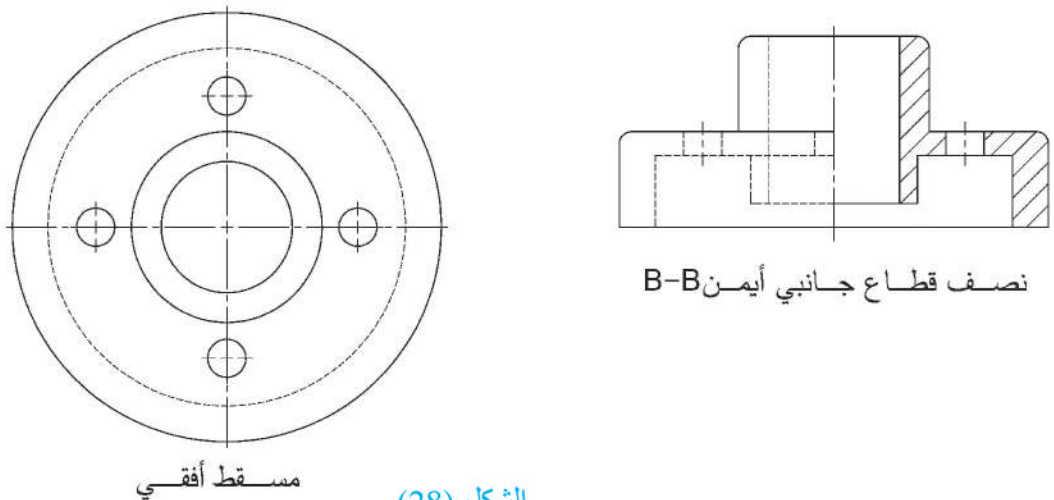
المسقط الجانبي

المسقط الأفقي

الشكل (27)

الحل

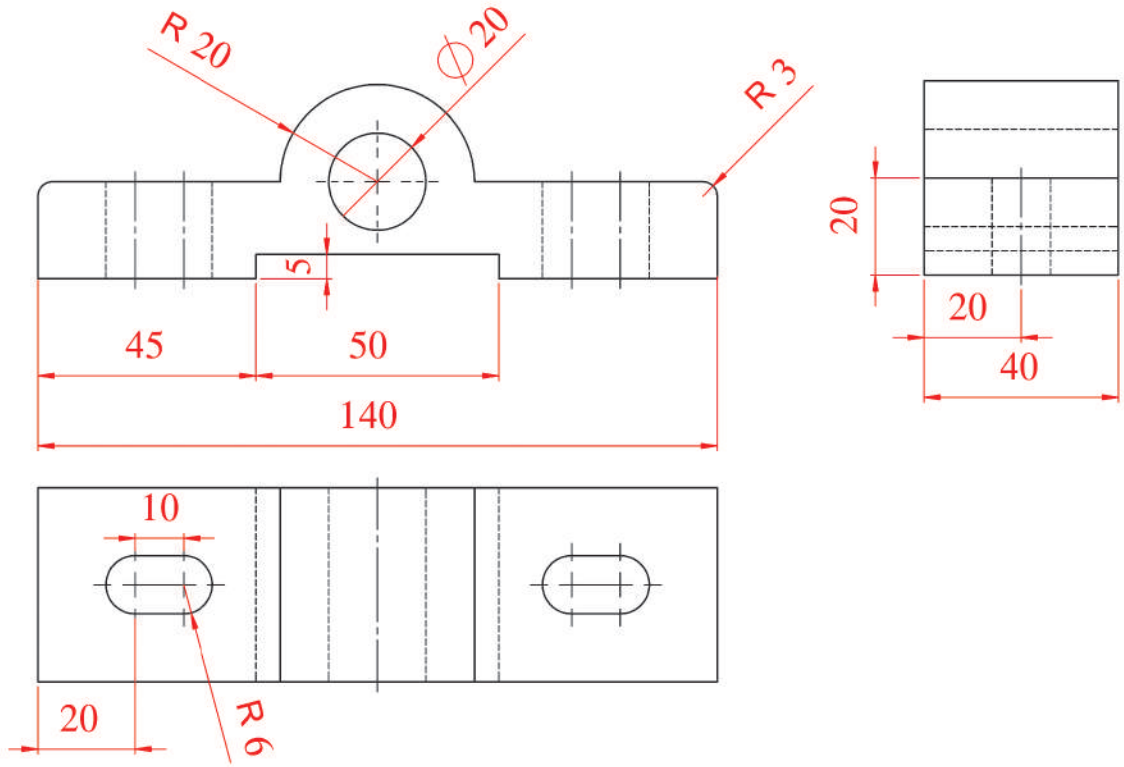
بما أنَّ مقياس الرسم هو 1:1 فيجب استعمال الأبعاد نفسها في المثال، ورسم المسقط الجانبي، ثم قطع النصف الأيمن من المسقط الجانبي كما هو موضَّح في الشكل (28).



الشكل (28)

ملاحظة: يتم استنتاج الأبعاد الناقصة للمسقط من المساقط الأخرى.

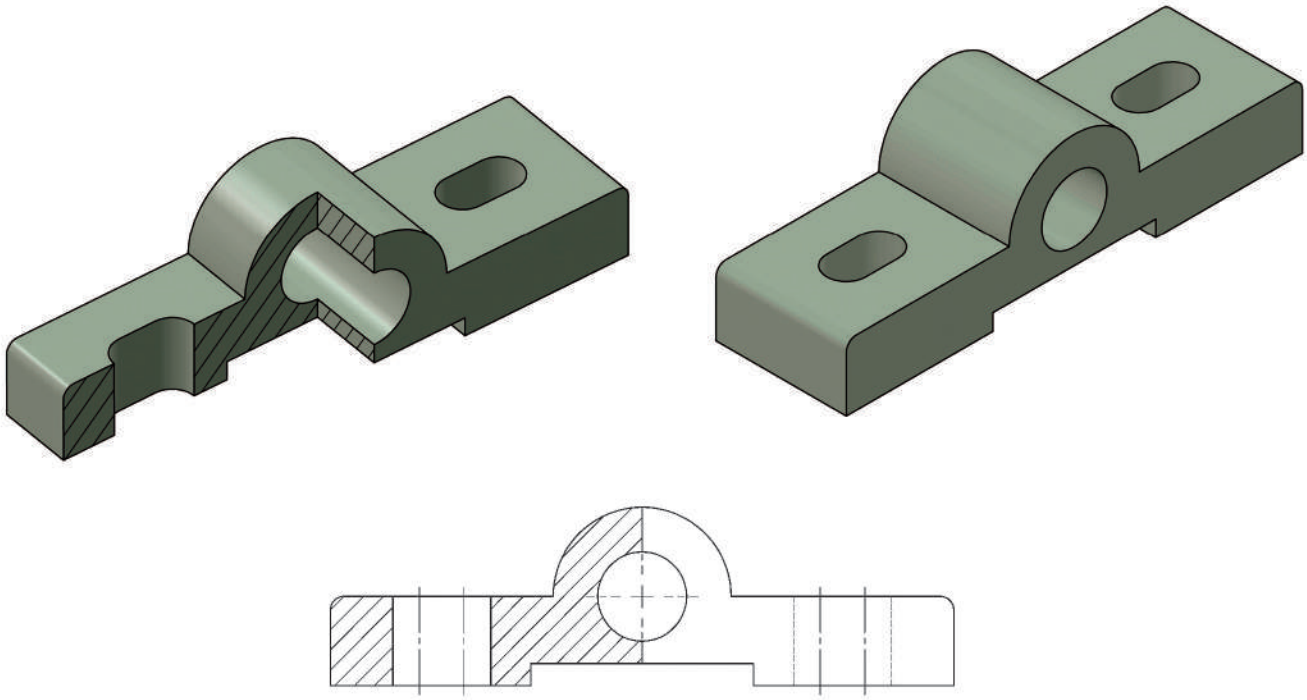
مثال (10) يمثِّل الشكل (29) ثلاثة مساقط لقطعة ميكانيكية أبعادها بوحدة mm. تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم نصف قطاع أمامي أيسر عند خط التماثل بمقياس الرسم 1:1.



الشكل (29)

الحل

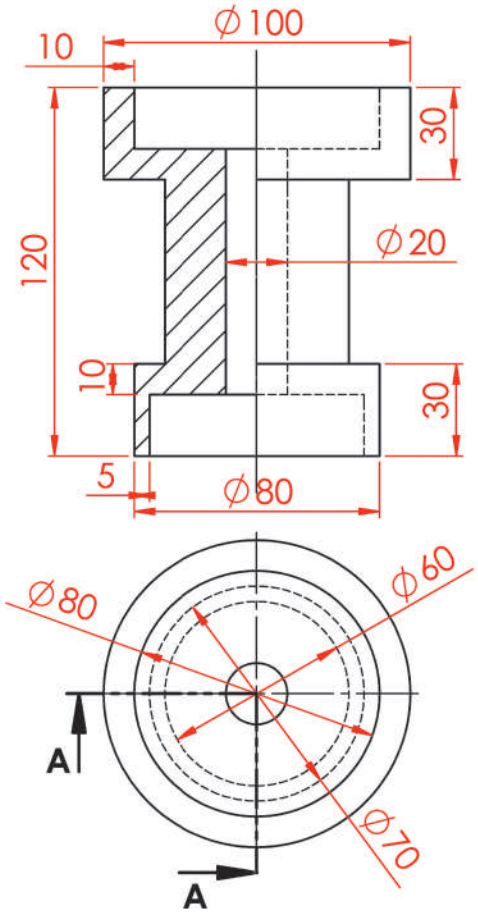
بدايةً يلزم تحديد خط التماثل على المسقط الأفقي وباتجاه المسقط الأمامي؛ لأنّه يمكن عند هذا الخط عمل انعكاس مطابق للشكل، حيث يمرُّ خط القطع من منتصف المجرى، ثمَّ عَملُ نصف القطاع الأمامي من الجهة اليسرى كما هو مبين في الشكل (30).



الشكل (30)

مثال (11) يمثِّل الشكل (31) نصف قطاع أمامي أيسر، ومسقطًا أفقيًّا لقطعة أسطوانية متماثلة أبعادها بوحدة mm. تأمَّل هذا الشكل، ارسم بمقياس الرسم 1:1 ما يأتي:

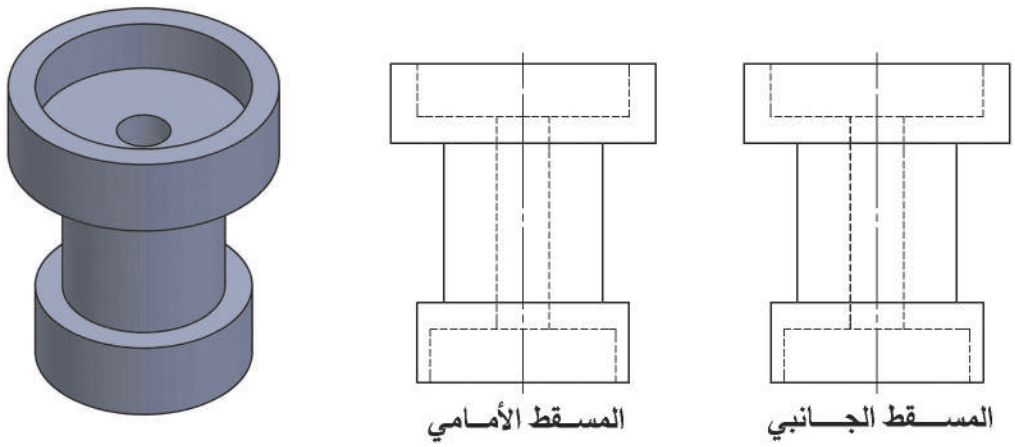
- المسقط الأمامي.
- المسقط الجانبي.



الشكل (31)

الحل

بما أنَّ القطعة أسطوانية ومتماثلة فإنَّ المسقطين الأمامي والجانبي متماثلان في الرسم، ولاستنتاج المسقط الأمامي يجب عمل انعكاس للجزء الأيمن (غير المقطوع) على الجزء الأيسر (المقطوع)، ثم الرسم باستعمال الأبعاد كما هو موضَّح في الشكل (32).

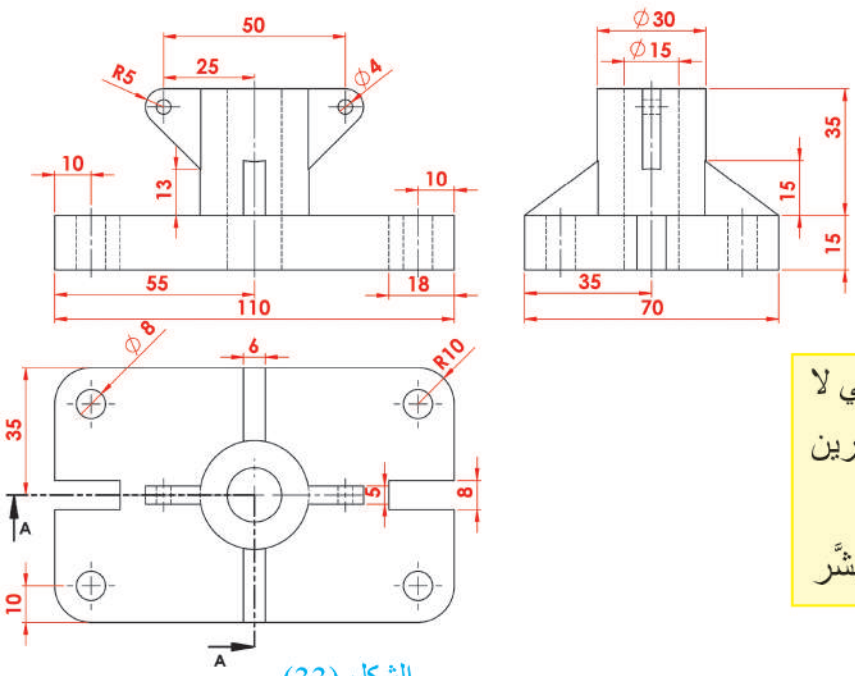


الشكل (32)

تمرين (1)

يمثِّل الشكل (33) ثلاثة مساقط لمنظور أبعاده بوحدة mm. تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم بمقياس الرسم 1:1 ما يأتي:

- نصف قطاع أمامي أيسر A-A.
- نصف قطاع جانبي أيمن A-A.



الشكل (33)

استعـن بالأجـزاء التـي لا تقطع ولا تهشر لحل التمرين (1).

ملاحظة: الحمالة لا تهشَّر

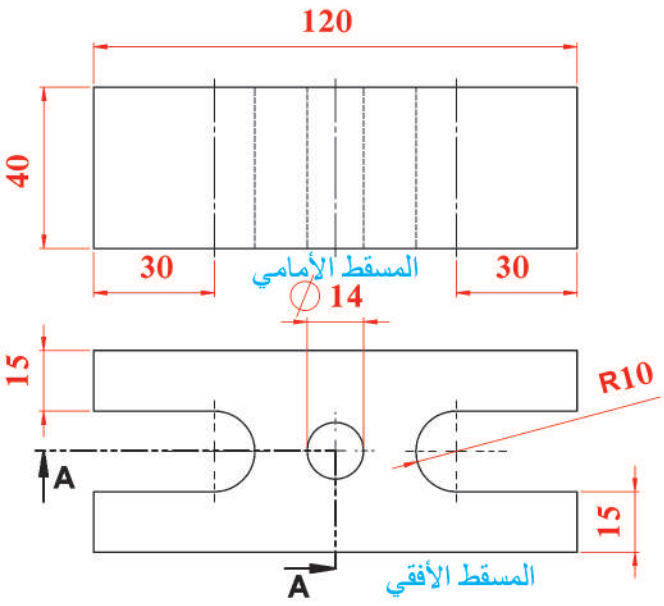
تمرين (2)

يمثِّل الشكل (34) مسقطين لقطعة ميكانيكية. تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم بمقياس الرسم المناسب ما يأتي:

1 - نصف قطاع أمامي أيسر A-A.

2 - نصف قطاع جانبي أيمن A-A.

3 - المسقط الجانبي.



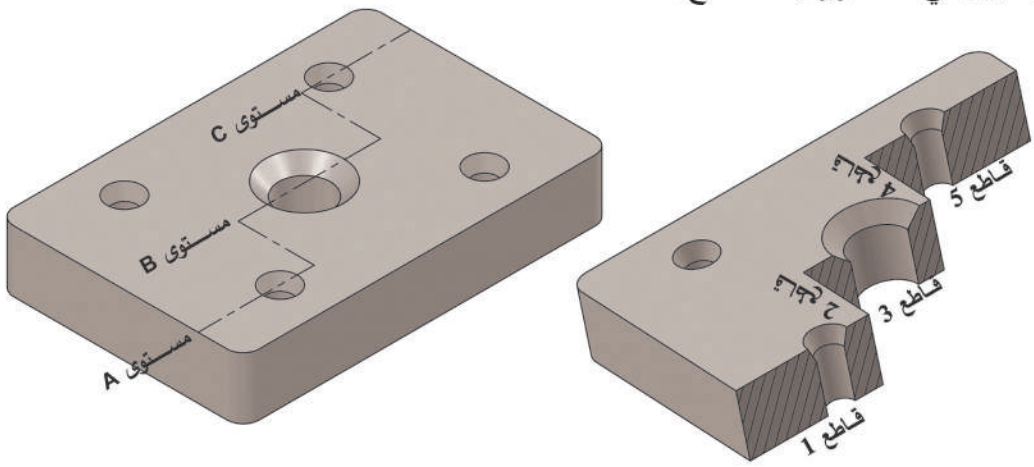
الشكل (34)

3 - القطاع المتنقِّل (Offset Section)

مرَّ بك في المرحلة السابقة أنَّ القطاع المتنقِّل يُستخدم عندما يكون محور القطع متغيِّر الاتجاه، ويمرُّ بمستويات عدة للحصول على أكبر إيضاح ممكن للتفصيلات الداخلية في الجسم المقطوع.

بناءً على ما تقدَّم، أيُّ الأجسام التي يُطبَّق عليها القطاع المتنقِّل؟

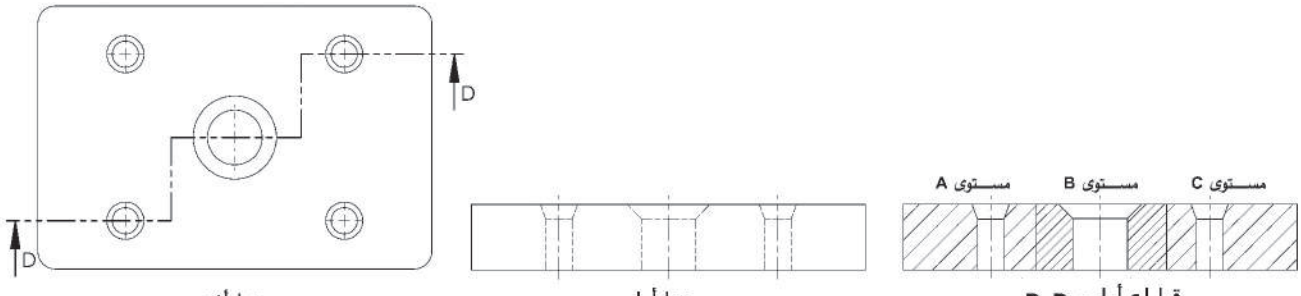
يُستخدم القطاع المتنقِّل للأجسام المتماثلة وغير المتماثلة التي تحتوي على تفصيلات داخلية مهمة ليست على خط مستقيم أو موجودة عند أكثر من مستوًى واحد. يبيّن الشكل (35) منظورًا قبل القطع يحتوي تفصيلات داخلية عند ثلاثة مستويات: A، B، C أُظهرت هذه التفاصيل باستخدام خمسة مستويات قاطعة كما هو مُبيَّن في المنظور بعد القطع.



منظـور قبـل القطـع　　منظـور بعـد القطـع

الشكل (35)

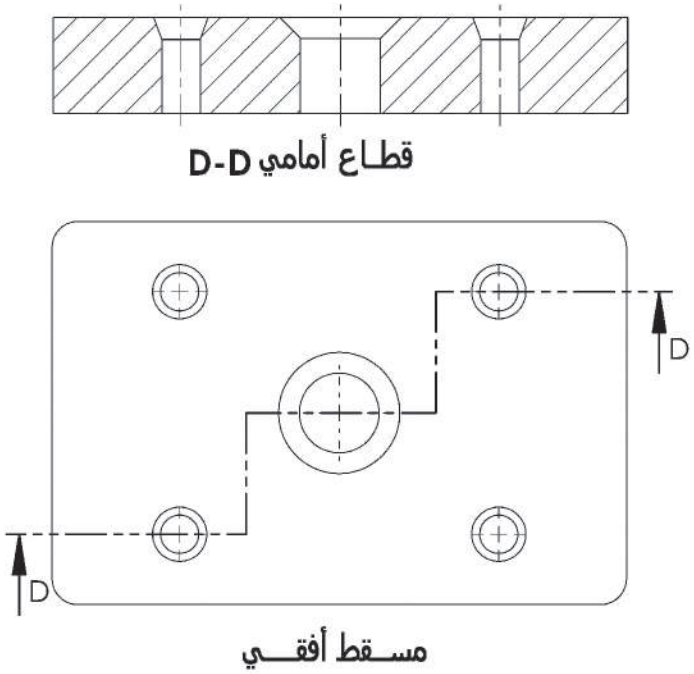
يتميَّز القطاع المتنقِّل عن غيره من القطاعات إظهار خط في القطاع مكان الانتقال من مستوًى إلى آخر مع تغيير مسافة التهشير مع الحفاظ على زاوية التهشير بين المستويات المقطوعة المتلاصقة؛ مما يتيح معرفة مكان المستويات المتنقلة المقطوعة. وأيضًا يتميَّز بخط القطاع الذي ينتقل من مستوًى إلى آخر بزاوية 90° كما هو مبيَّن في الشكل (36) حيث يظهر المسقط الأفقي موضوعًا عليه خط قطع متغير الاتجاه، ويمرُّ بتفاصيل عند ثلاثة مستويات وقطاع متنقِّل أمامي.



مسـقط أفقـي　　مسـقط أمامي　　قطـاع أمامي D-D

الشكل (36)

حسب بعض المراجع يمكن رسم القطاع المتنقل وإخفاء الخطوط عند الانتقال من مستوًى إلى آخر مع توحيد مسافة خطوط التهشير، وفي هذه الحالة يجب وضع المسقط الموجود عليه خط القطاع لتمييز نوع القطاع كما هو مبين في الشكل (37).



الشكل (37)

الهدف من القطاع المتنقّل

1- تقليل عدد القطاعات المستخدمة لتوضيح الشكل.

2- إظهار التفصيلات المهمة في قطاع واحد مما يوفّر الجهد والوقت للرسام.

أنواع القطاع المتنقّل: يُستخدم القطاع المتنقّل لتوضيح المساقط الثلاثة، وينقسم إلى ثلاثة أنواع:

1- قطاع متنقّل أمامي (يكون خط القطع فيه موضوعًا على المسقط الأفقي أو الجانبي).

2- قطاع متنقّل جانبي (يكون خط القطع فيه موضوعًا على المسقط الأفقي أو الأمامي).

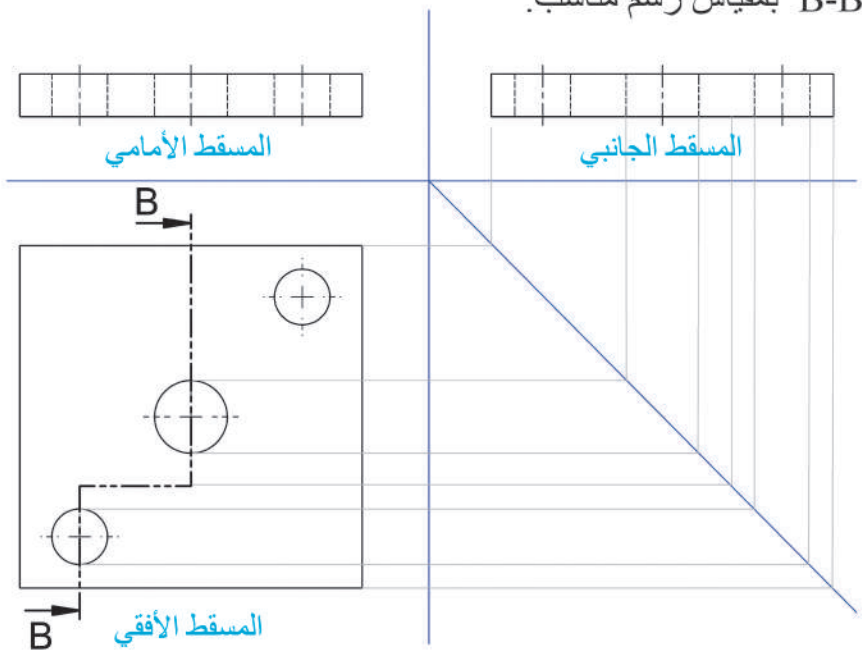
3- قطاع متنقّل أفقي (يكون خط القطع فيه موضوعًا على المسقط الأمامي أو الجانبي).

مثال (12) يمثّل الشكل (38) مسقطًا أماميًّا ومسقطًا أفقيًّا ومسقطًا جانبيًّا لمنظور. تأمّل هذا الشكل، ثمَّ أجب عن الأسئلة الآتية:

1 - حدِّد نوع القطاع المطلوب.

2 - حدِّد عدد مستويات القطع المستخدمة.

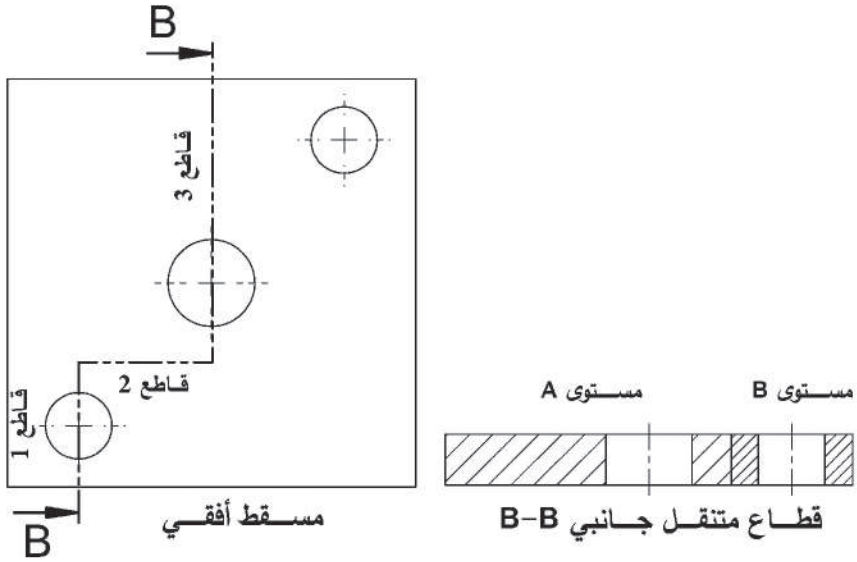
3 - ارسم القطاع B-B بمقياس رسم مناسب.



الشكل (38)

الحل

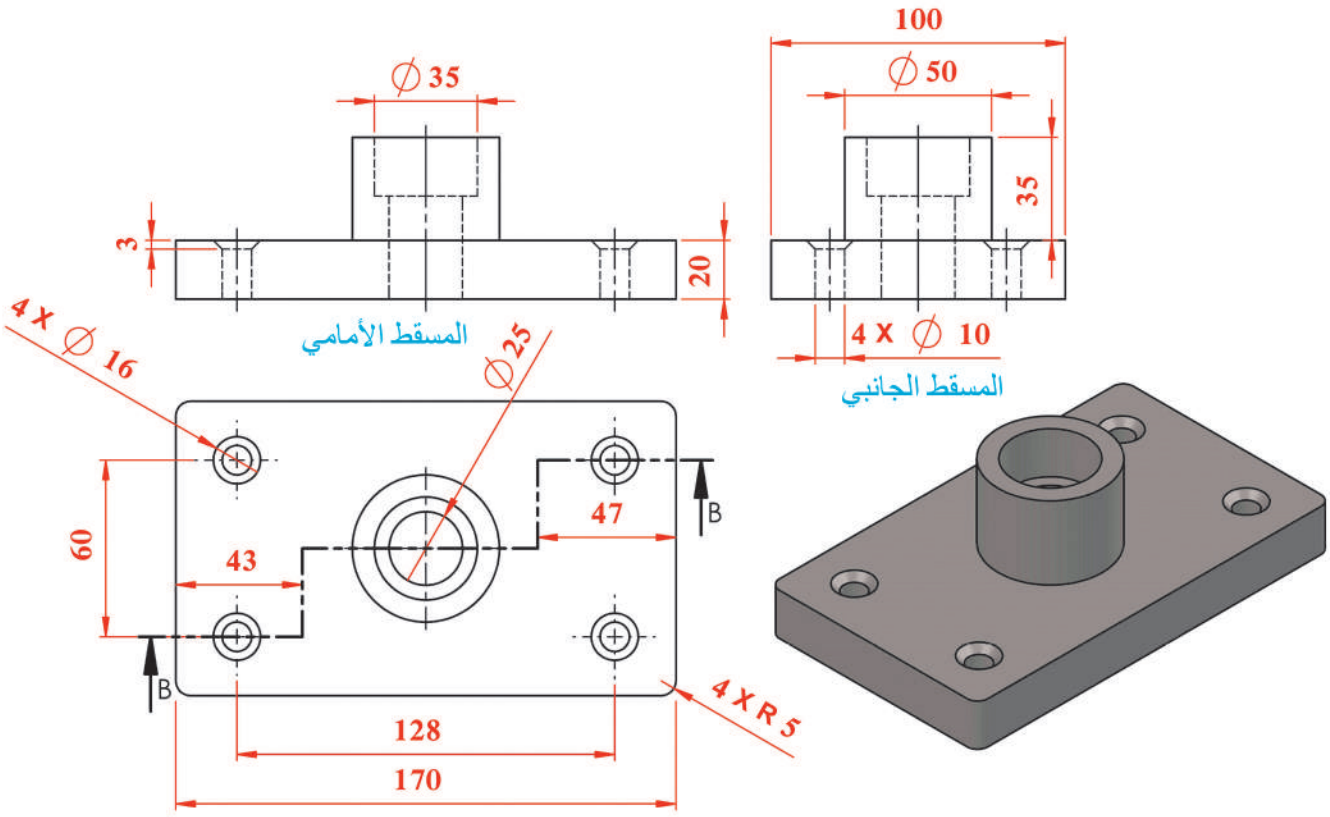
نوع القطاع متنقل جانبي لأن خط القطع موضوع على المسقط الأفقي، وسهم القطع باتجاه المسقط الجانبي، وعدد مستويات القطع ثلاثة، تم استخدامها لإظهار تفاصيل داخلية عند مستويين، ويتم تحديد القياسات بمسطرة قياس لرسم القطاع B-B، كما هو موضح في الشكل (39).



الشكل (39)

مثال (13) يمثِّل الشكل(40) مسقطًا أماميًّا ومسقطًا أفقيًّا ومسقطًّا جانبيًّا لقطعة ميكانيكية أبعادها بوحدة mm. تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم بمقياس الرسم 1:1 ما يأتي:

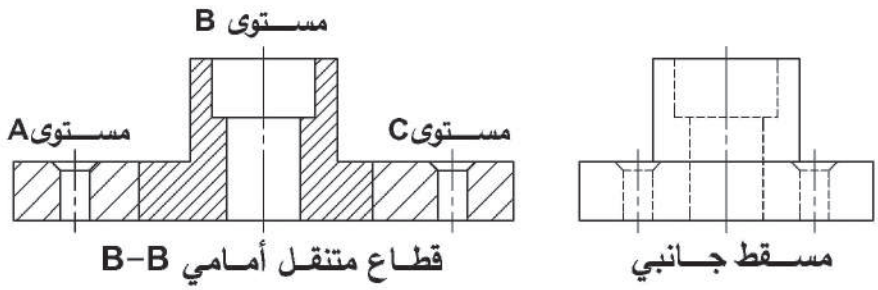
- القطاع المتنقِّل الأمامي B-B
- المسقط الجانبي



الشكل (40)

الحل

يجب رسم خطوط المراكز في البداية لحل المثال. لاحظ وجود ثلاثة مستويات متوازية كما هو مبين في الشكل (41).

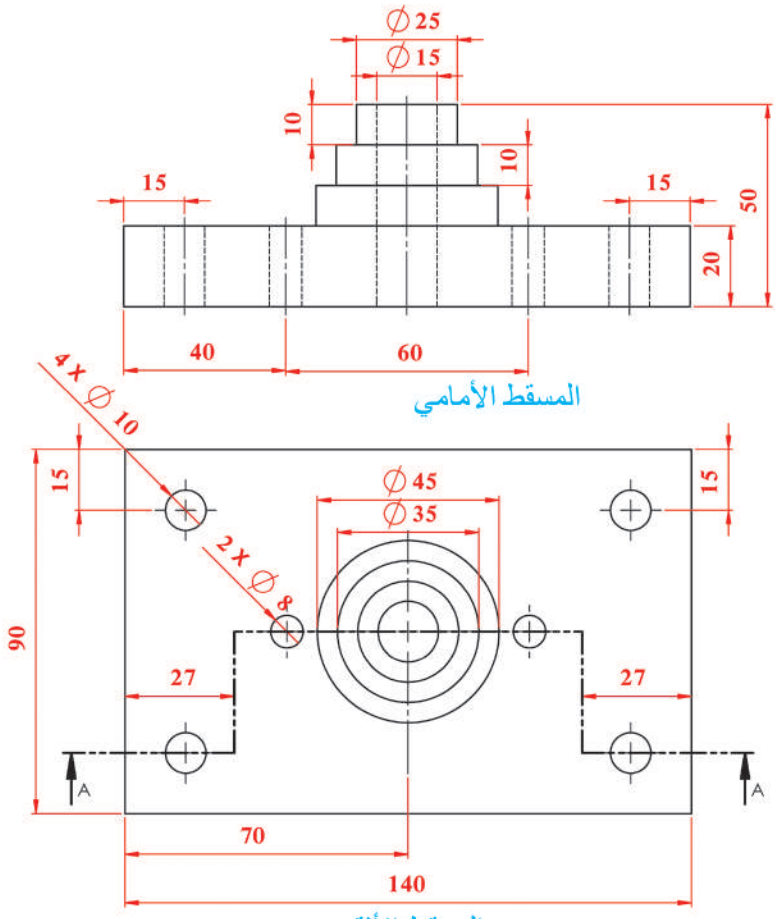


الشكل (41)

مثال (14) يمثل الشكل (42) مسقطًا أماميًّا ومسقطًا أفقيًّا لقطعة ميكانيكية أبعادها بوحدة mm.

تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم بمقياس الرسم 1:1 ما يأتي:

- القطاع المتنقِّل الأمامي A-A.
- المسقط الجانبي.



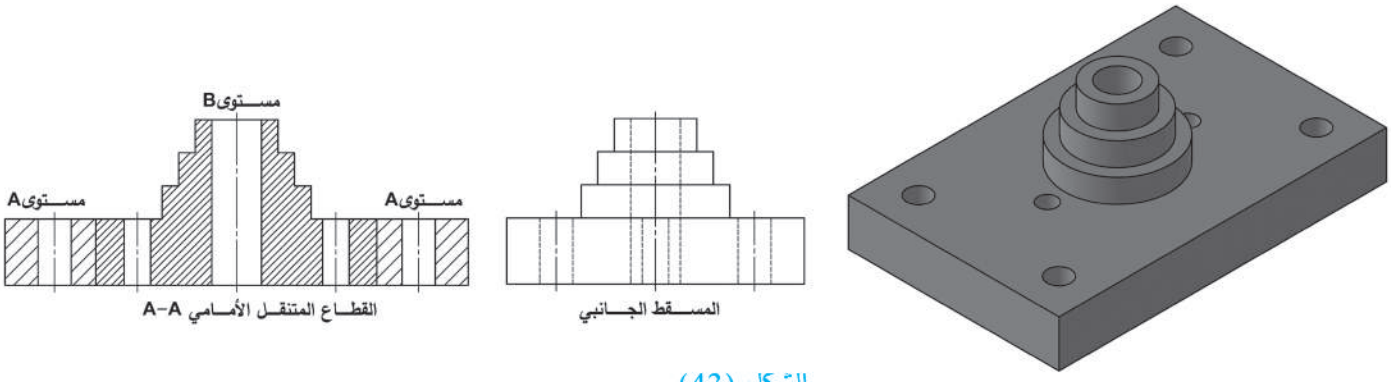
المسقط الأمامي

المسقط الأفقي

الشكل (42)

الحل

كما هو مبين في الشكل (43) لاحظ أنَّ القطاع المتنقِّل الأمامي موجود عند مستويي قطع متوازيين A، B، والمسقط الجانبي، استُنتج بعد إسقاط التفاصيل من المسقطين الأمامي والأفقي.

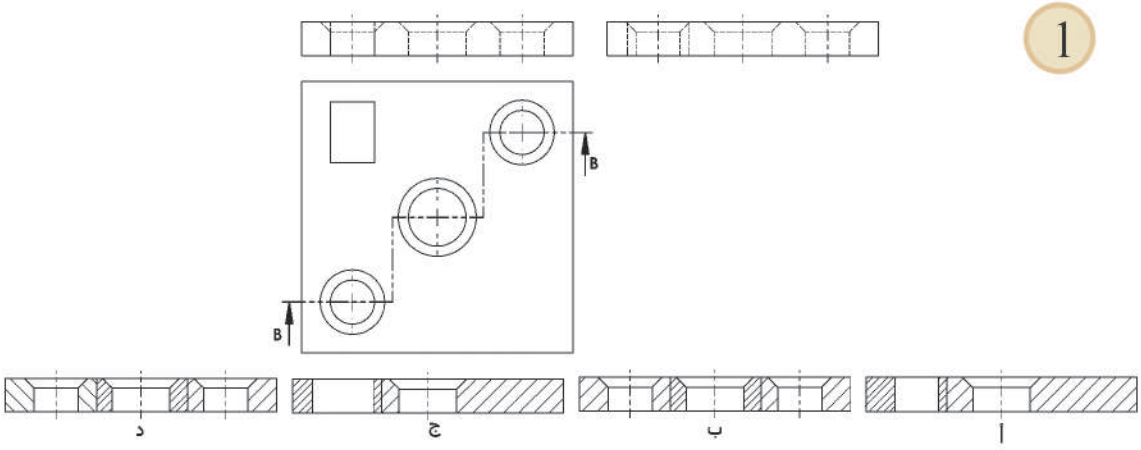


الشكل (43)

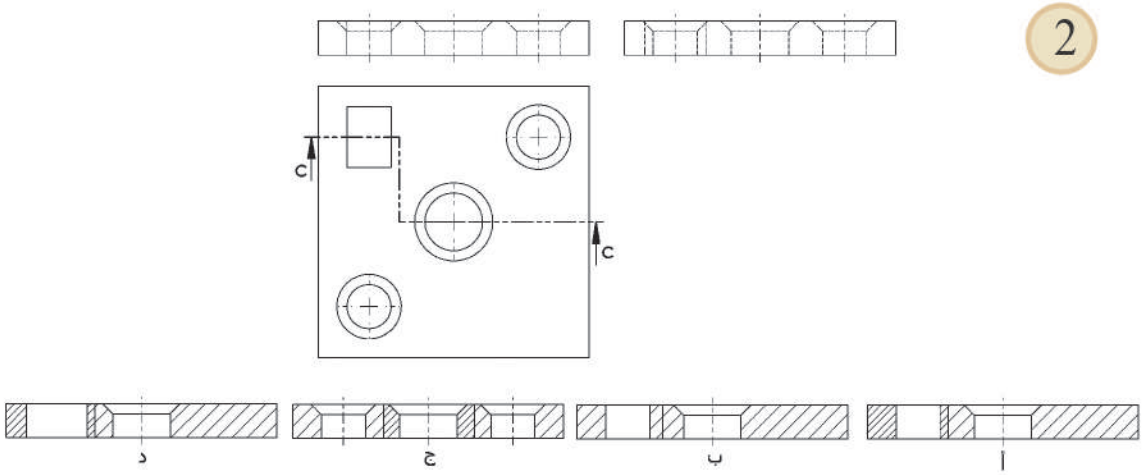
تمرين (3)

حدِّد رمز الإجابة الصحيحة التي تمثِّل القطاع المتنقِّل المناسب للأشكال الآتية:

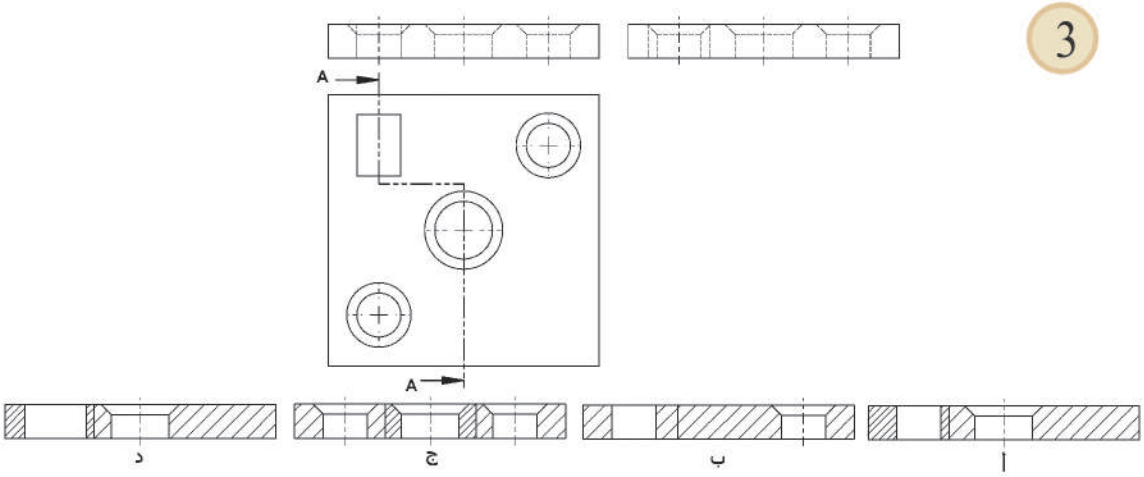
1



2

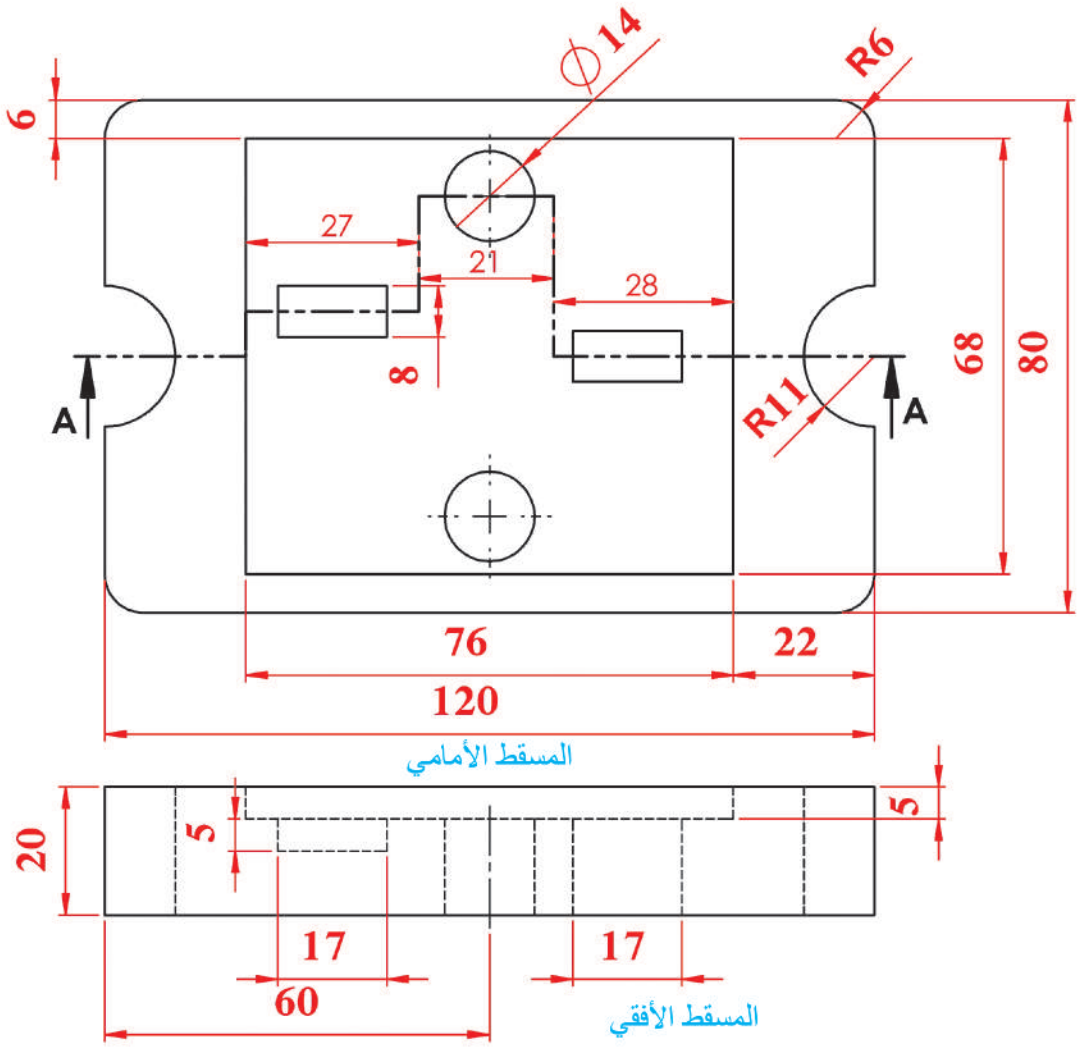


3



تمرين (4)

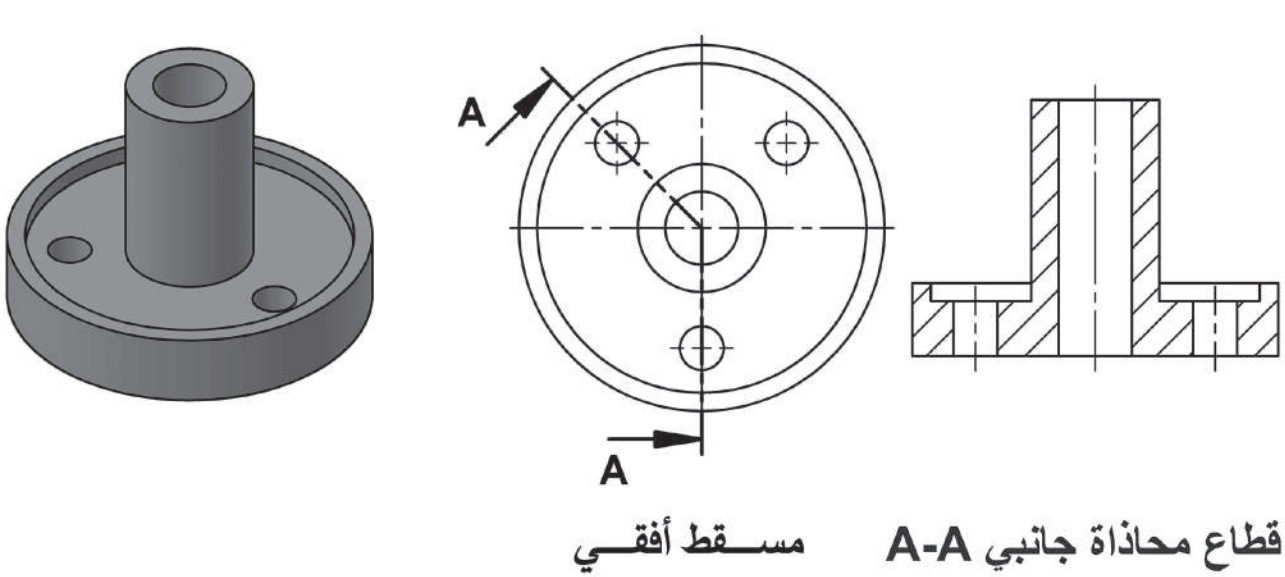
يمثّل الشكل (44) مسقطًا أماميًّا ومسقطًا أفقيًّا لقطعة ميكانيكية أبعادها بوحدة mm. تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم القطاع المتنقّل الأفقي A-A بمقياس الرسم 1:1.



الشكل (44)

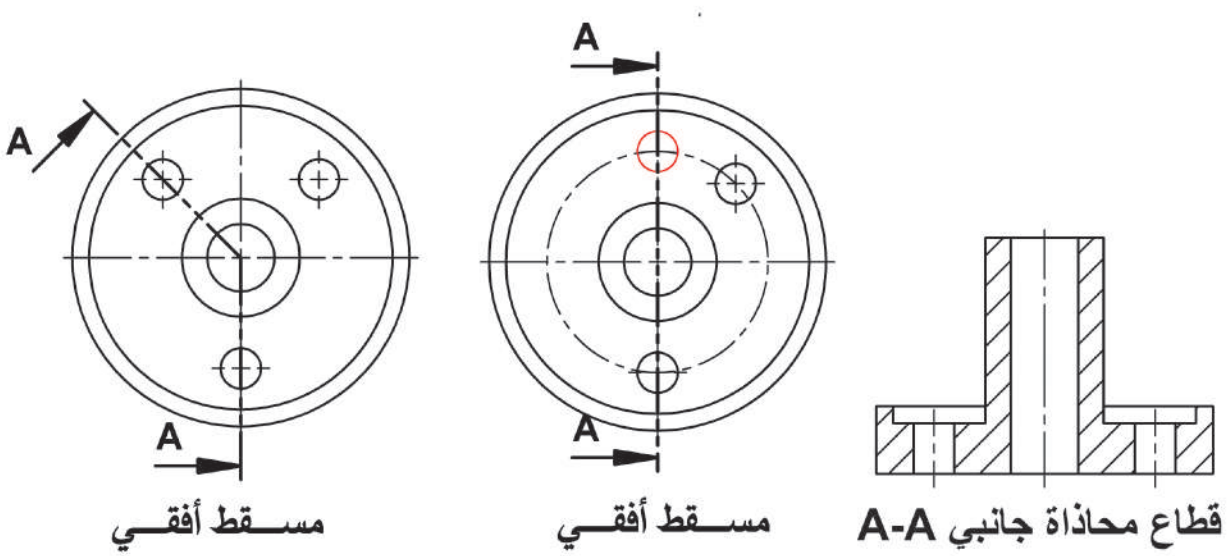
4 - قطاع المحاذاة (Offset Section)

يُستخدم قطاع المحاذاة لتوضيح المجسَّمات الدائرية التي تحتوي تفاصيل مهمة ليست على خط محوري مستقيم، حيث يوضع خط قطع بزاوية ليمرَّ في التفاصيل المهمة كما هو موضَّح في الشكل (45).



الشكل (45)

لرسم قطاع المحاذاة يجب تخيُّل تدوير خط القطع المرسوم بزاوية مع التفاصيل التي مرَّ بها، ومحاذاته على أحد الخطوط المحورية باتجاه سهم القطع، ثم عَملُ القطاع كما هو موضَّح في الشكل (46).

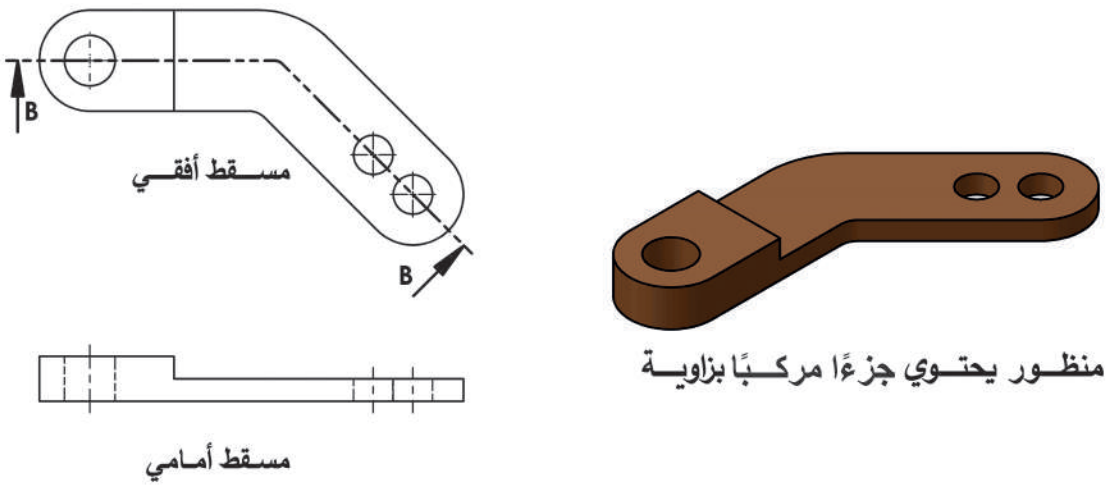


الشكل(46)

والآن، ما الفرق بين قطاع المحاذاة والقطاع المتنقِّل؟

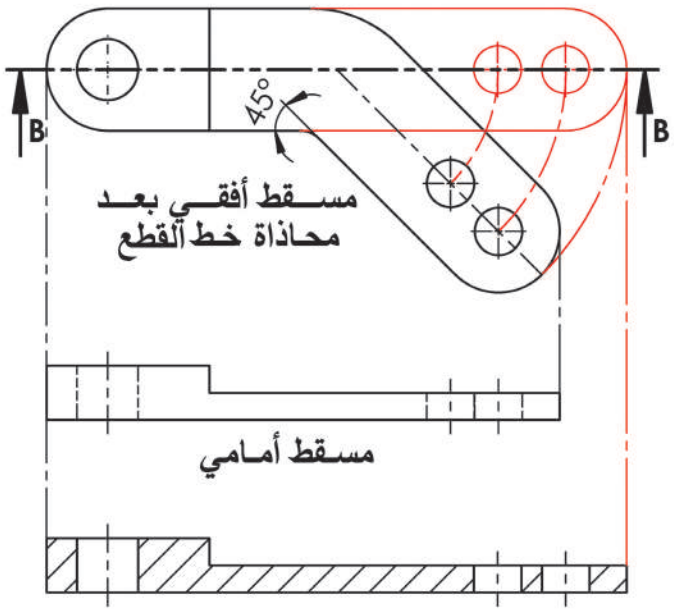
في القطاع المتنقِّل ينتقل خط القطع من مستوى إلى آخر بزاوية °90، ولا يُشترط تخيُّل تدوير خط القطع لعمل القطاع، وأمّا في قطاع المحاذاة فينتقل خط القطع بزاوية لا تساوي °90، ويجب تخيُّل تدوير خط القطع لعمل القطاع.

يُستخدم قطاع المحاذاة أيضًا لتوضيح جزء من جسم مركب على زاوية كما هو مبين في الشكل (47)



الشكل (47)

لرسم قطاع المحاذاة لتوضيح جزء من جسم مركَّب على زاوية يجب تخيُّل تدوير خط القطع المرسوم بزاوية مع التفاصيل التي مرَّ بها ومحاذاته على أحد الخطوط المحورية باتجاه سهم القطع، ثم عملُ القطاع كما هو موضَّح في الشكل (48).



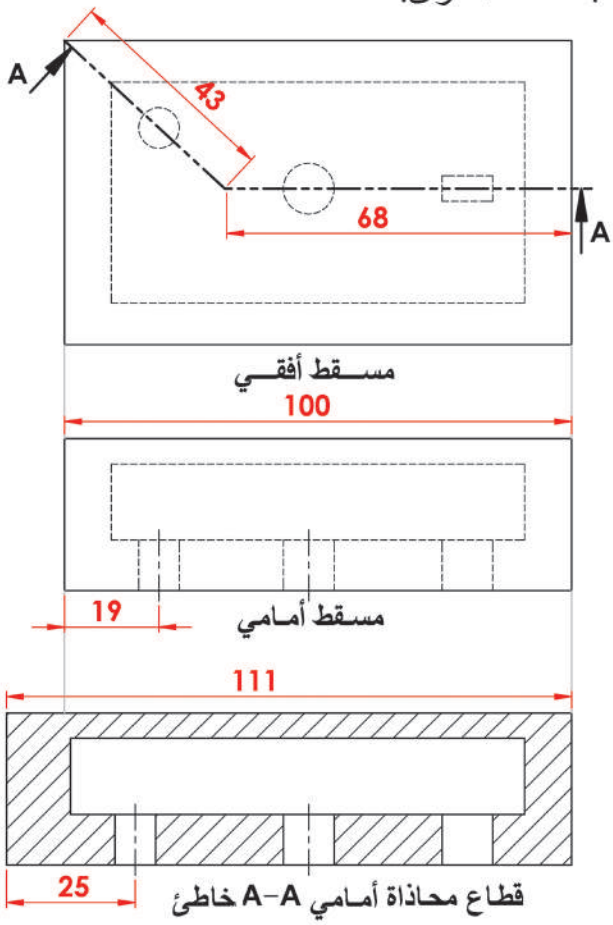
الشكل (48)

يُستخدم قطاع المحاذاة لتوضيح ما يأتي:

أ - المجسَّمات الدائرية التي تحتوي تفاصيل ليست على خط محوري مستقيم.

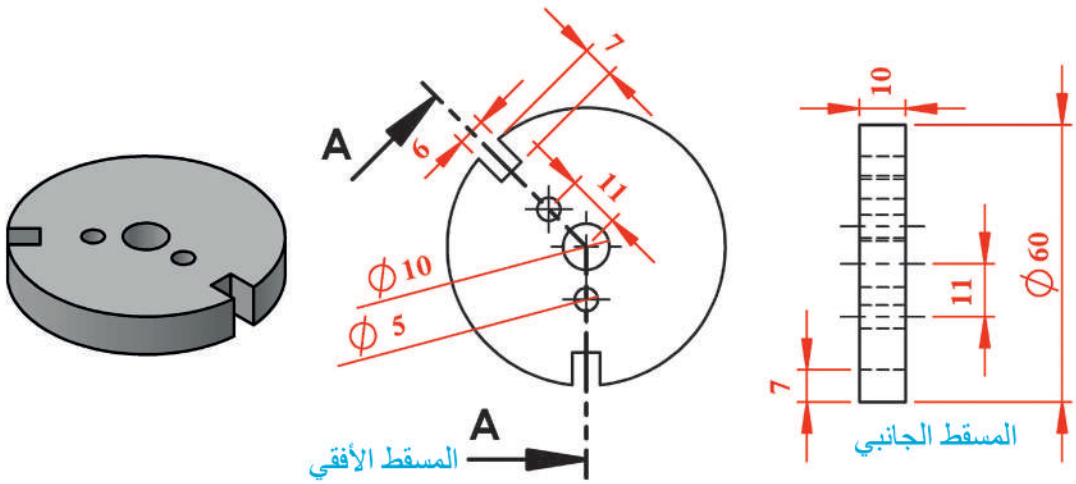
ب - جزء من جسم مركَّب على زاوية؛ لأن تخيُّل تدوير خط القطاع مع التفاصيل يمكن أن يؤدي إلى توفير معلومات خاطئة في الأبعاد والإسقاط للمجسمات الأخرى.

لا يُنصح باستعمال قطاع المحاذاة لتوضيح المجسمات كمتوازي المستطيلات؛ لأنه ينتج قياسات خاطئة للتفاصيل تؤدي إلى فهم خاطئ يجعل التصنيع خاطئًا، كما هو موضَّح في الشكل (49).



الشكل (49)

مثال (15) يمثِّل الشكل (50) منظورًا لقطعة ميكانيكية ومسقطًا أفقيًّا ومسقطًا جانبيًّا أبعادها جميعًا بوحدة mm. تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم قطاع المحاذاة A-A. هل استفدت من معلومات قطاع المحاذاة لهذا المنظور؟

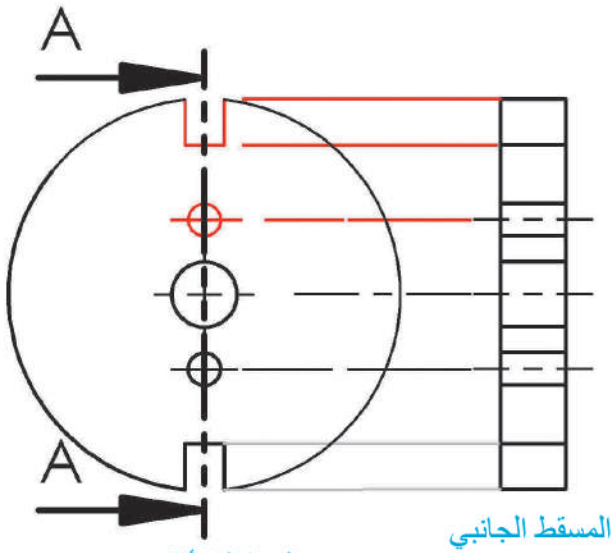


الشكل (50)

الحل

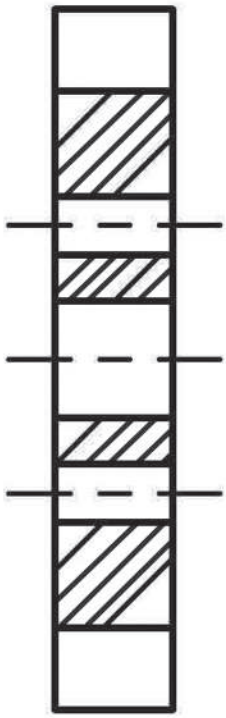
لحل المثال يجب التدرُّج في الخطوات كما يأتي:

1 - يجب تخيُّل تدوير خط القطاع المرسوم بزاوية مع التفاصيل التي مرَّ بها بنفس القياسات لينطبق على المحور العمودي، ويجب أن يكون اتجاه السهم مشيرًا إلى المستوى الجانبي، ثم تُسقط المحاور والتفاصيل، كما هو موضَّح في الشكل (51).



الشكل (51)

2 - عمل قطاع المحاذاة وكأنه قطاع كامل جانبي للمسقط المتخيَّل مع عمل التهشير لتوضيح السطوح الملامسة لأداة القطع، كما هو موضَّح في الشكل (52).



يوفِّر قطاع المحاذاة للمجسمات الدائرية معلومات صحيحة للأبعاد بالنسبة إلى مركز المجسم، ويوضِّح المسقط الذي يحتوي تفاصيل متداخلة وكأننا صنعنا قطاعين منفصلين مما يوفر الوقت للرسام.

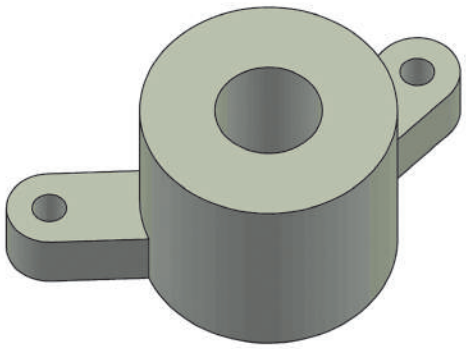
الشكل (52)

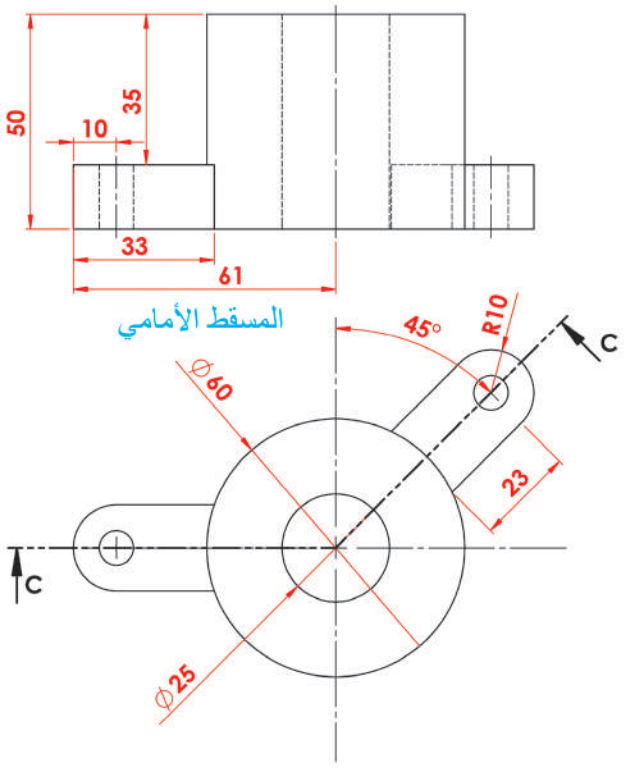
تمرين (5)

يمثّل الشكل (53) منظورًا لقطعة ميكانيكية ومسقطًا أماميًّا ومسقطًا أفقيًّا أبعادها جميعًا بوحدة mm. تأمَّل هذا الشكل. ارسم بمقياس رسم مناسب ما يأتي:

1 - قطاع المحاذاة C-C.

2 - المسقط الأفقي.

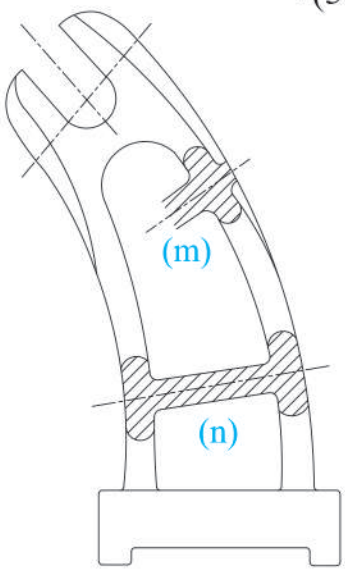




الشكل (53)

5 - القطاع المُدار (Revolved Section)

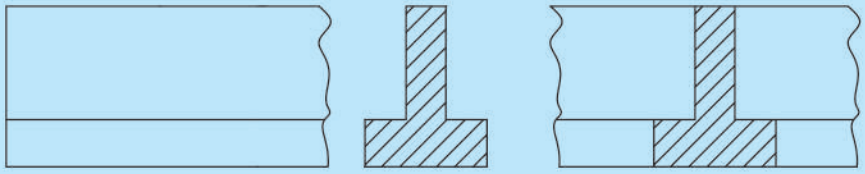
ماذا يمثل الجزء المظلل في الشكل (54)؟



الشكل (54)

ابحث

بالنظر إلى الشكل (55) المجاور استنتج أنواع رسم القطع المُدار.



الشكل (55)

يعتمد رسم القطاع المُدار على تخيُّل شكل مقطع الجزء الميكانيكي المُراد رسمه، حيث يُدوَّر شكل المقطع ربع دورة (90) درجة، ثمَّ يُرسم على أحد المسقطين الآخرين المتعامد معه عند نقطة معيَّنة (محور القطع) ليصبح محور القطع هو مركز الشكل المُدار بحيث يكون شبيهًا له لو رُسم منفصلًا من دون الحاجة إلى رسم هذا المقطع رسمًا منفصلًا، أو رسم جميع مساقط القطعة المراد رسمها، وهذا يوفِّر الوقت والجهد المبذول في الرسم.

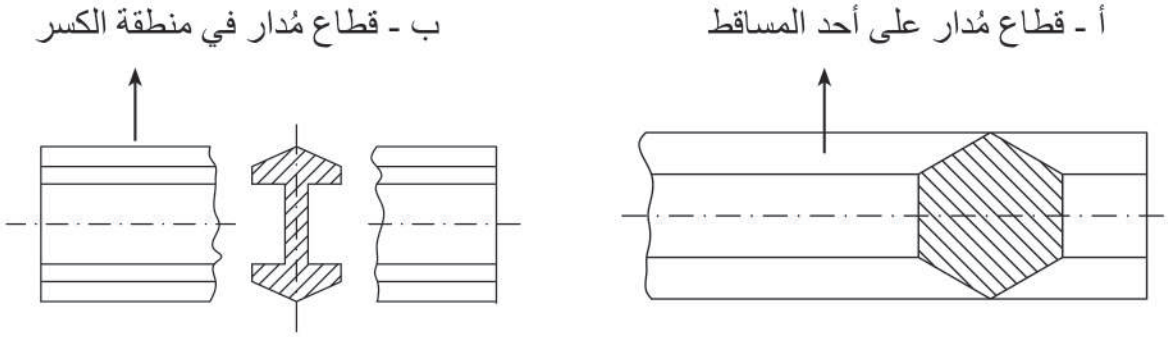
أهمية رسم القطاع المُدار

يُستخدم هذا النوع من القطاعات لتوضيح مقاطع القضبان المختلفة، أو أعصاب التقوية، وتوفير المساحة والجهد المبذول في الرسم.

طريقة رسم القطاع المُدار

أ - يمكن أن يُرسم على أحد المساقط المتعامدة معه للقطعة الميكانيكية، حيث يُرسم بخط دقيق (رفيع)، ويُهشَّر الشكل للمقطع، كما في الشكل (56 / أ).

ب - أو يرسم في منطقة الكسر كما في القضبان الطويلة، حيث تُرسم حدود القطاع بخط سميك (HB) أغمق من سابقه، كما في الشكل (56 / ب).



الشكل (56)

يُرسم القطاع المُدار بعد دراسة مساقط القطعة المراد رسم قطاع مُدار لها لأخذ الأبعاد، واستنتاج شكل مسقط المقطع للتمكُّن من رسمه حيث يُدار بمقدار 90 درجة، ويُرسم على أحد المساقط المعطاة. ولرسم القطاع المُدار يجب تنفيذ الخطوات الآتية:

أ - دراسة مجسَّم القطعة والمنظور الهندسي لها، أو مساقطها.

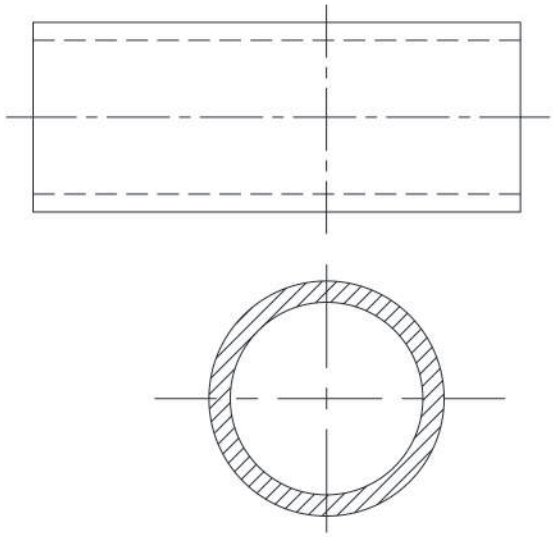
ب - رسم أحد المساقط المتعامدة على مقطع القطعة الهندسية.

جـ - رسم خط المحور (المركز) في نفس مسار خط القطع على المسقط المرسوم.

د - رسم المقطع على المسقط المرسوم بالأبعاد الحقيقية.

6 - القطاع المُزال

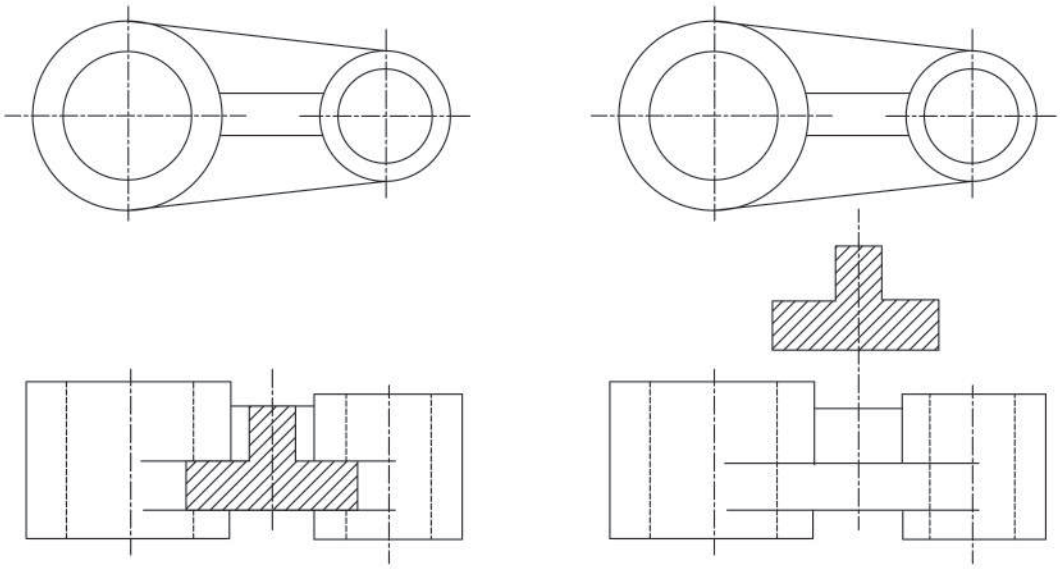
القطاع المُزال: يشبه هذا النوع من القطاعات القطاع المُدار، حيث يُرسم هذا القطاع لتوضيح شكل مقطع القطعة الميكانيكية المصمتة أو غير المصمتة عند نقطة معينة، ولكن يكون رسم هذا المقطع خارج الشكل؛ إما أسفله وإما أعلاه عند محور القطع كما الشكل (57).



الشكل (57)

يُستخدم هذا النوع من الرسم بإزالة القطع خارج الشكل ليصبح أوضح للفنيين، خصوصًا عند الحاجة لعمل بعض التفصيلات، ولتقليل الزمن والجهد المبذول في رسم القطاع للمساقط جميعها.
رسم هذا النوع من القطاع يكون كرسم القطاع المُدار، إلا أنَّ رسم هذا القطاع يكون أعلى المسقط المُعطى، أو أسفله.

هل يوجد فرق بين الرسمين في الشكل (58) حيث يمثل أحدهما القطاع المُدار؟ وهل يمكنك أن تقترح اسمًا للقطاع الآخر؟



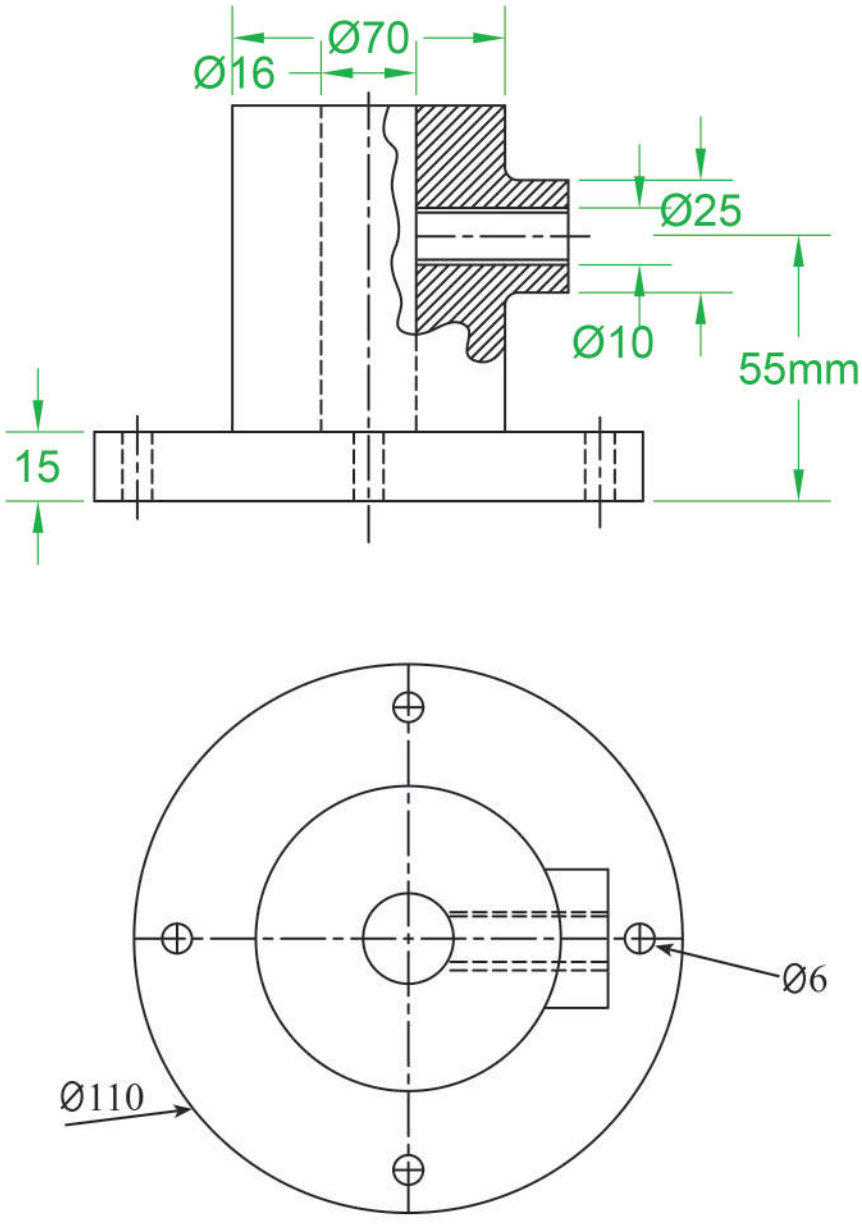
الشكل (58)

فكِّر

ما أهمية استخدام هذا النوع من القطاع في الشكل (58)؟

7 - القطاع الجزئي

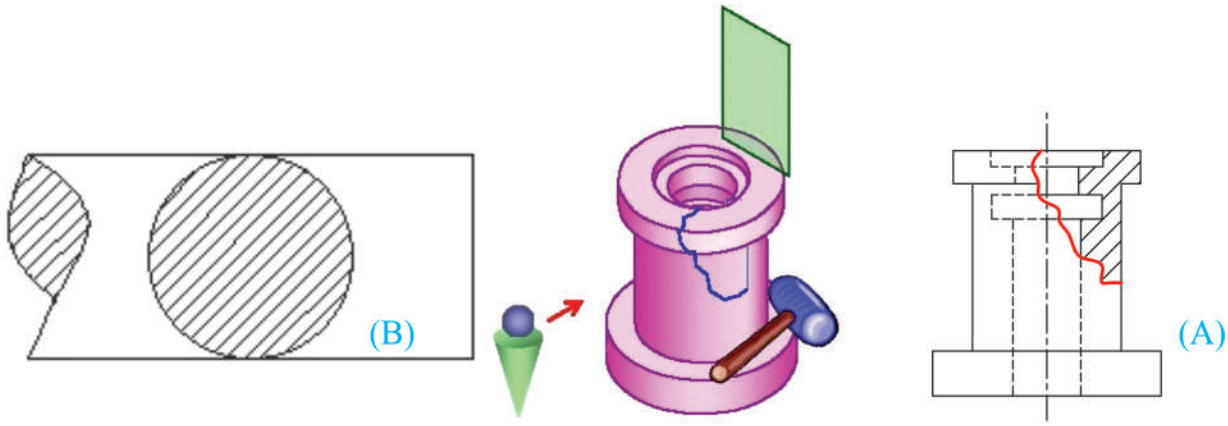
ماذا تلاحظ في الشكل (59)؟
لماذا هُشِّر جزء من المسقط فقط، ولم يُهشَّر باقي المسقط؟



الشكل (59)

فكّر

ما الفرق في طريقة القطع بين الشكلين (A) و (B) في الشكل (60)؟

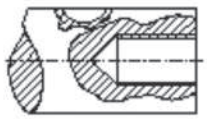


الشكل (60)

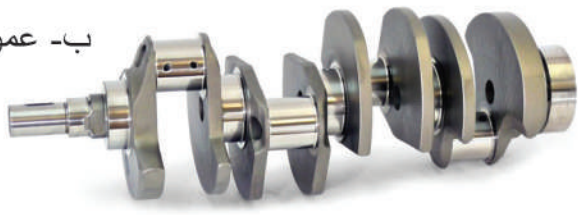
القطاع الجزئي هو قطاع يُطبَّق في جزء معين من القطعة الميكانيكية ليصل القطع إلى الجزء المراد لتوضيح التفصيلات المخفية (الداخلية) فيه كالثقوب المسننة، وتُرسم حدود القطاع الجزئي باليد الحرة باستخدام قلم متوسط القساوة مثل (HB)، ثم يُهشَّر الجزء المقطوع فقط، كما في الشكل (60)، وذلك لتلافي القطاع الكامل في الرسم. ويمكن في هذا النوع رسم القطعة الميكانيكية كاملة، وإظهار القطاع فيها، أو رسم جزء من القطعة الميكانيكية المراد توضيح التفصيلات فيها من دون الحاجة إلى رسم القطعة كاملة مثل الأعمدة الطويلة، أو القطع الكبيرة، وذلك لتوفير المساحة والوقت والجهد المبذول لإظهار التفصيلات المراد توضيحها.

مثال: بعد ملاحظة عمود المرفق في الشكل (61)، لو أردنا أن نطلب إلى أحد الفنيين عمل مجرًى لإسفين وثقب للبرغي المستخدم لربط البكرة المثبتة على مقدمة عمود المرفق ومنع انزلاقها في أثناء عمله، فيمكن رسم مقدمة العمود، وإظهار المجرى برسم قطاع جزئي له بدلًا من رسم العمود كاملًا لتنفيذ العمل. أيهما سيكون أسهل وأوضح لأداء العمل؟

أ- مقدمة العمود



ب- عمود المرفق



الشكل (61)

بعض التفصيلات التي يُستخدم فيها القطع الجزئي:

أ - مجاري (ممرات) الزيت والهواء والماء.

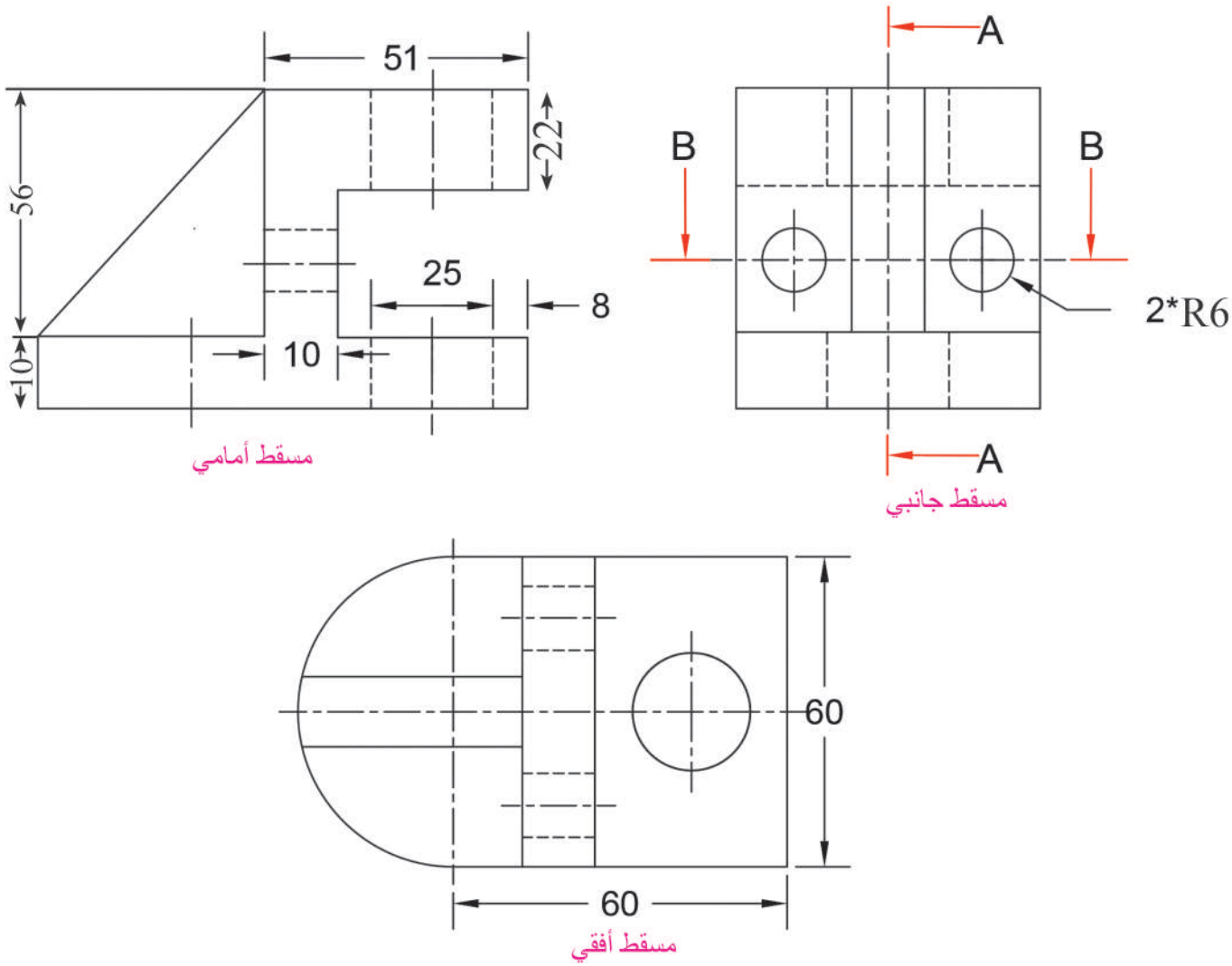
ب - ثقوب البراغي المسننة، والثقوب غير المسننة.

جـ - أخاديد الأسافين، وأخاديد الخوابير، وأخاديد مفاتيح تثبيت البكرات أو التروس.

تطبيقات على القطاعات

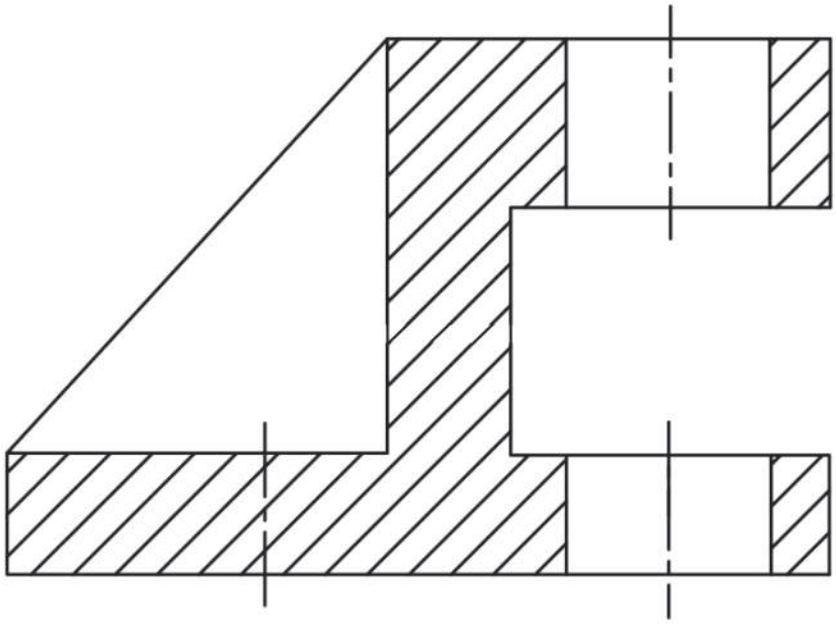
مثال (16) يمثِّل الشكل (62) حامل عمود رأسي، تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم بمقياس الرسم (1:1) ما يأتي:

- قطاعًا أماميًّا كاملًا A A.
- قطاعًا أفقيًّا كاملًا عند B B.

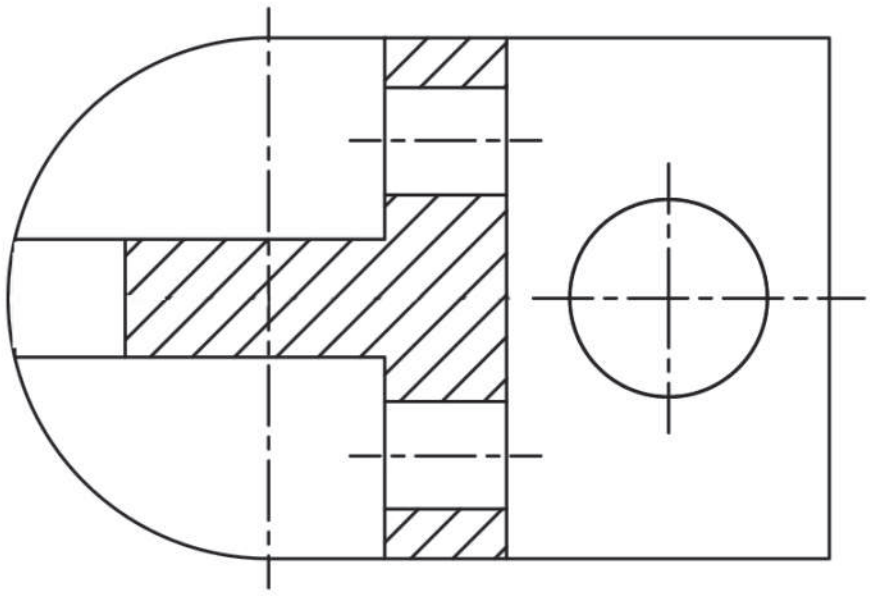


الشكل (62)

الحل



قطاع أمامي كامل عند A A.



قطاع أفقي كامل عند BB.

الشكل (63)

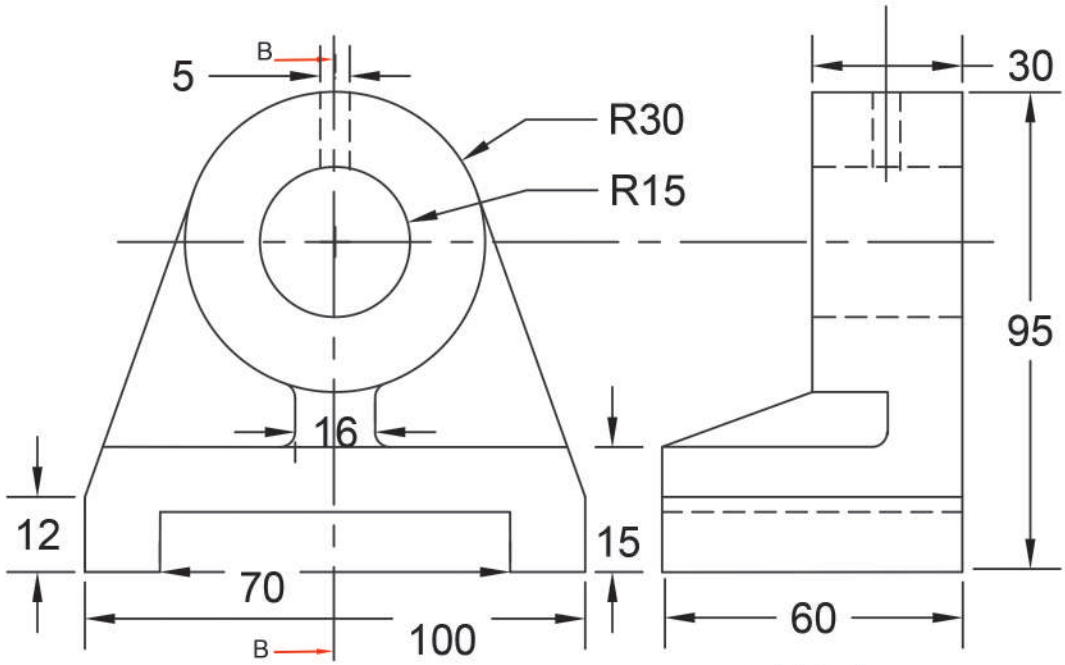
تمرين (6)

يمثّل الشكل (64) محملًا لمحور دوّار. تأمّل هذا الشكل، ثمّ أجب عما يأتي:

1 - ارسم مسقطًا أماميًّا بمقياس رسم 1:1.

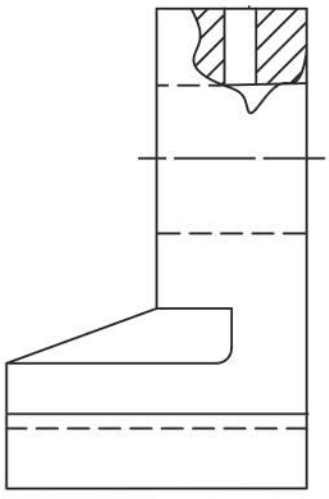
2 - ارسم قطاعًا جانبيًّا كاملًا عند مستوى القطع BB بمقياس رسم 1:1.

3 - اختر القطاع المناسب لإظهار ثقب تزييت المحمل فقط.



المسقط الأمامي

المسقط الجانبي

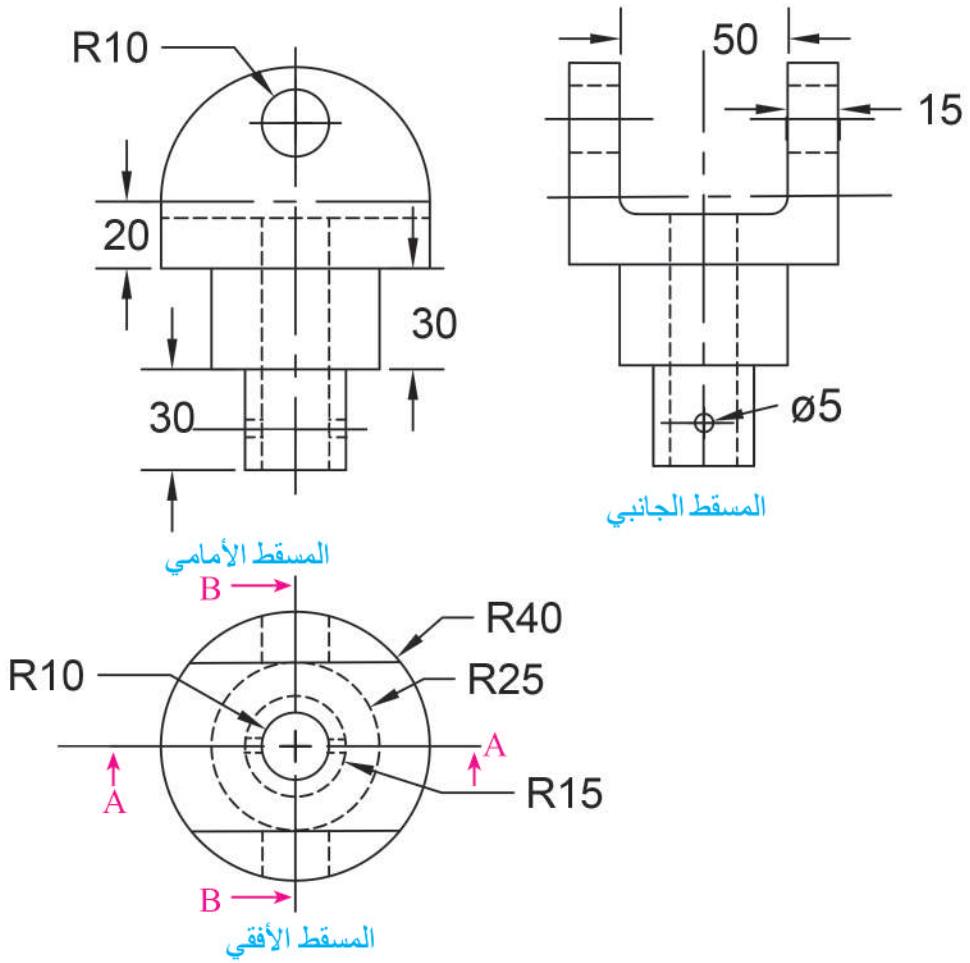


قطع جزئي في المسقط الجانبي يوضح ثقب التزييت

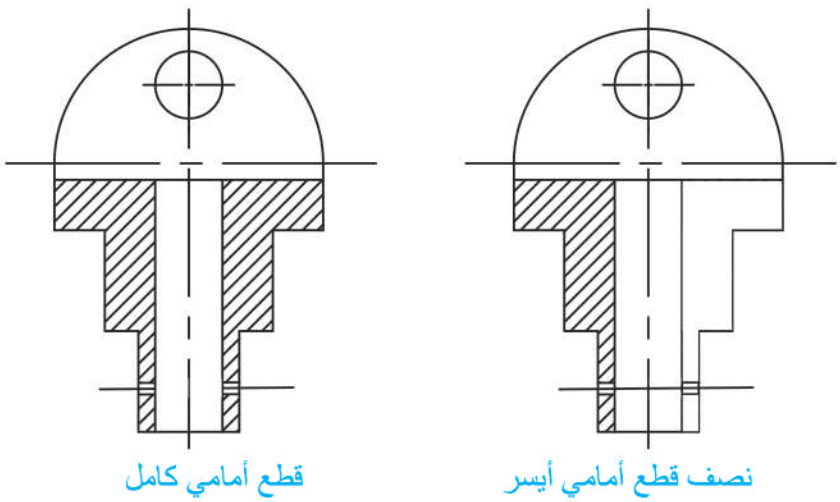
الشكل (64)

مثال (17) يمثّل الشكل (65) محملًا لمحور دوّار، تأمّل هذا الشكل، ثمّ ارسم بمقياس الرسم 1:1:

- قطاعًا أماميًّا كاملًا عند مستوى القطع A A
- نصف قطاع أمامي أيسر عند B B .



الحل



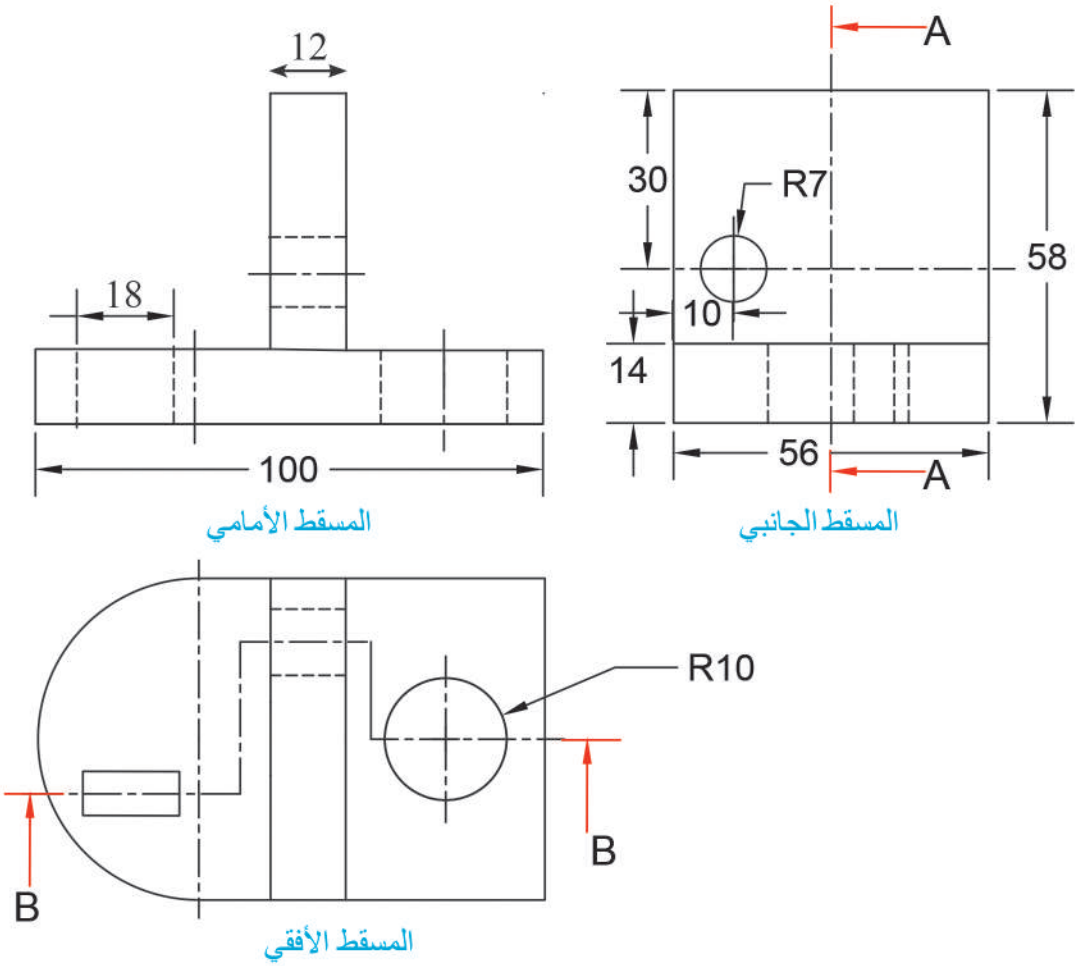
الشكل (65)

تمرين (7)

يمثل الشكل (66) مسبوكة ميكانيكية. تأمَّل هذا الشكل ثمَّ ارسم بمقياس الرسم 1:1:

1 - قطاعًا متنقِّلًا في المسقط الأمامي حسب تنقُّل خط القطع في المسقط الأفقي عند BB.

2 - قطاعًا أماميًّا كاملًا عند AA.



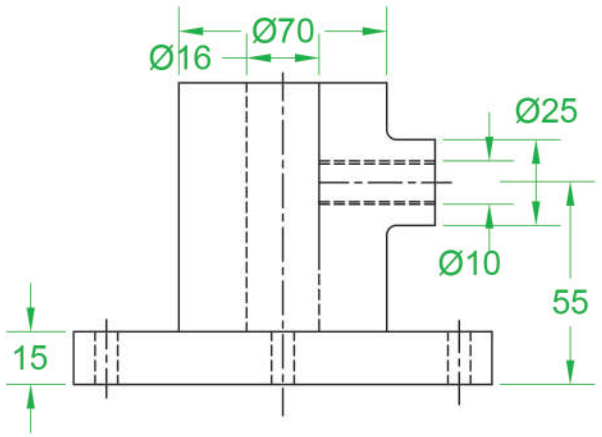
المسقط الأمامي

المسقط الجانبي

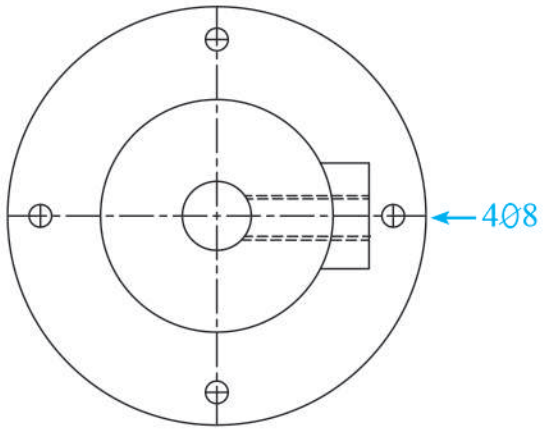
المسقط الأفقي

الشكل (66)

مثال (18) يمثِّل الشكل (67) فلنجة توزيع نظام هيدرولي. استخدم القطاع المناسب لإظهار ممرّ توزيع السائل الجانبي فيه.



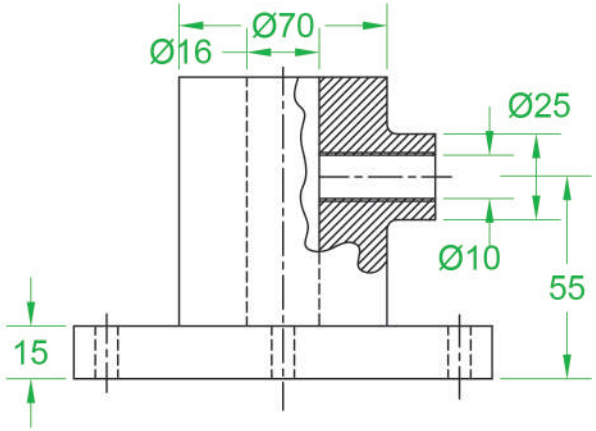
المسقط الأمامي



المسقط الأفقي

الحل

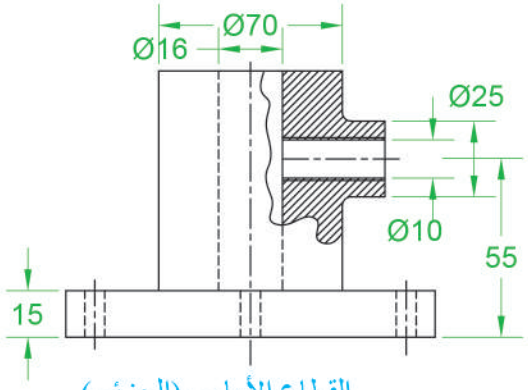
القطاع الجزئي



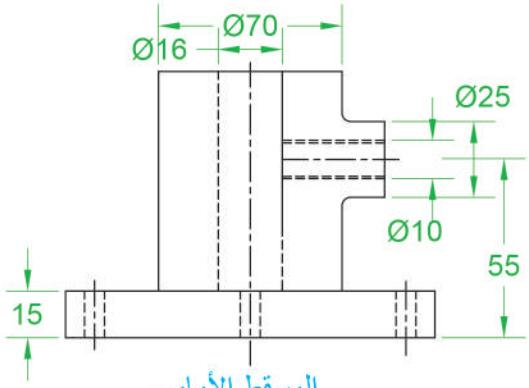
الشكل (67)

تمرين (8)

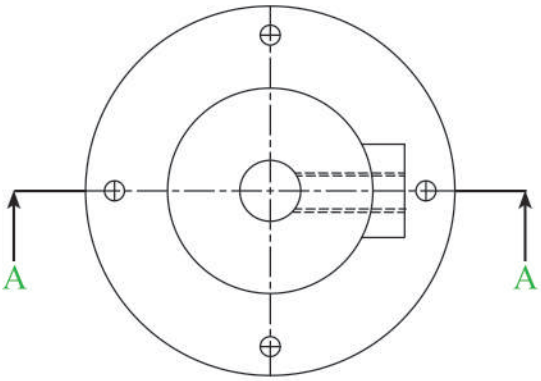
يمثل الشكل (68) مسبوكة ميكانيكية، تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم بمقياس الرسم 1:1 قطاعًا أماميًّا كاملًا AA.



القطاع الأمامي (الجزئي).



المسقط الأمامي.



المسقط الأفقي.

الشكل (68).

الإثراء والتوسع

- زرْ مشغل اللحام وتشكيل المعادن، وتعرَّف الأنواع المختلفة للقضبان المستخدمة في المشغولات المختلفة، وارسم مقطع كلٍّ منها، واذكر استخداماتها في تقرير منفصل.
- ارجع إلى الإنترنت، ثمَّ بيِّن التفصيلات التي يُستخدم فيها القطاع الجزئي التي لم تُذكر في الدرس.
- مستعينًا ببرنامج الرسم (AutoCAD) ارسم المساقط الثلاثة لمحمل حامل دوران المبين في الشكل (62).

1 - ما مفهوم القطاع في الرسم الهندسي؟

2 - ما المقصود بالتهشير (لماذا تُرسم خطوط التهشير)؟

3 - ما الحالات التي تُستبدل فيها الدرجة 45 في زاوية رسم خطوط التهشير بالدرجة 30؟

4 - اذكر خمسًا من الحالات التي لا يُهشَّر فيها مستوى القطع عند رسم القطاعات.

5 - اذكر أنواع القطاعات.

6 - بيِّن سبب استخدام كلٍّ من القطاعات الآتية في الرسم الهندسي:

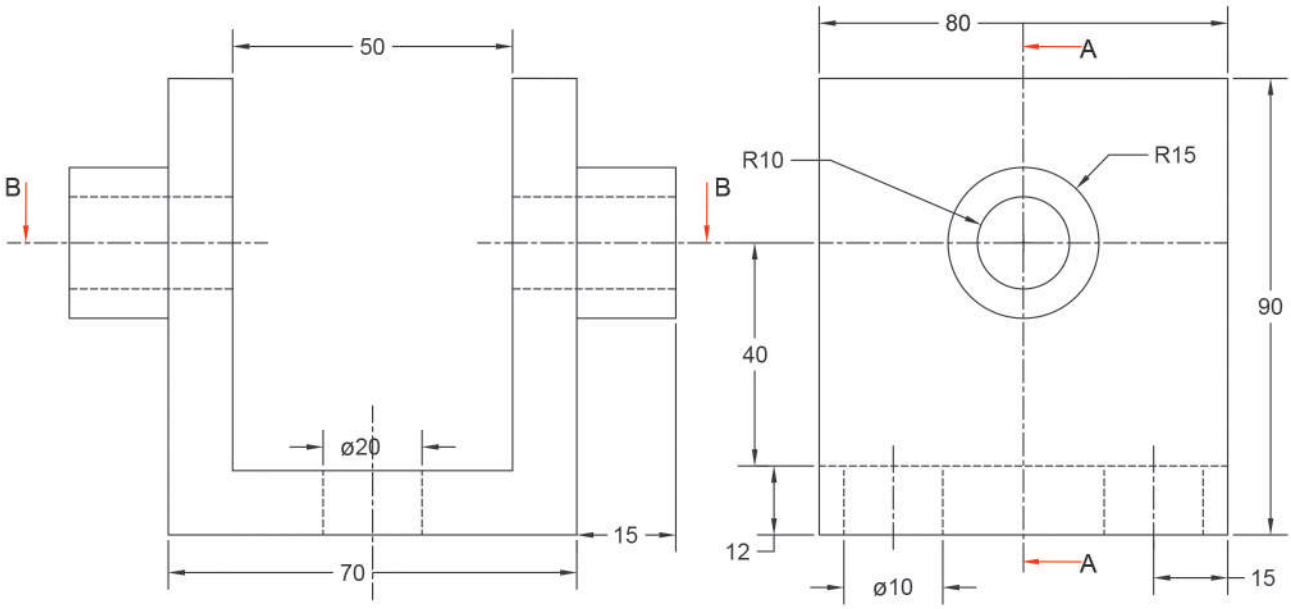
ا-الكامل ب-النصفي ج-الجزئي

7 - يمثِّل الشكل أدناه المسقطين الأمامي والجانبي لحامل بكرة أبعادهما بـ mm. تأمَّل هذا الشكل، ثمَّ ارسم بمقياس الرسم (1:1) ما يأتي:

أ - المسقط الجانبي والمسقط الأمامي.

ب - قطاعًا أفقيًّا كاملًا عند مستوى خط القطع B B .

جـ - قطاعًا كاملًا في المسقط الأمامي عند مستوى خط القطع A A.



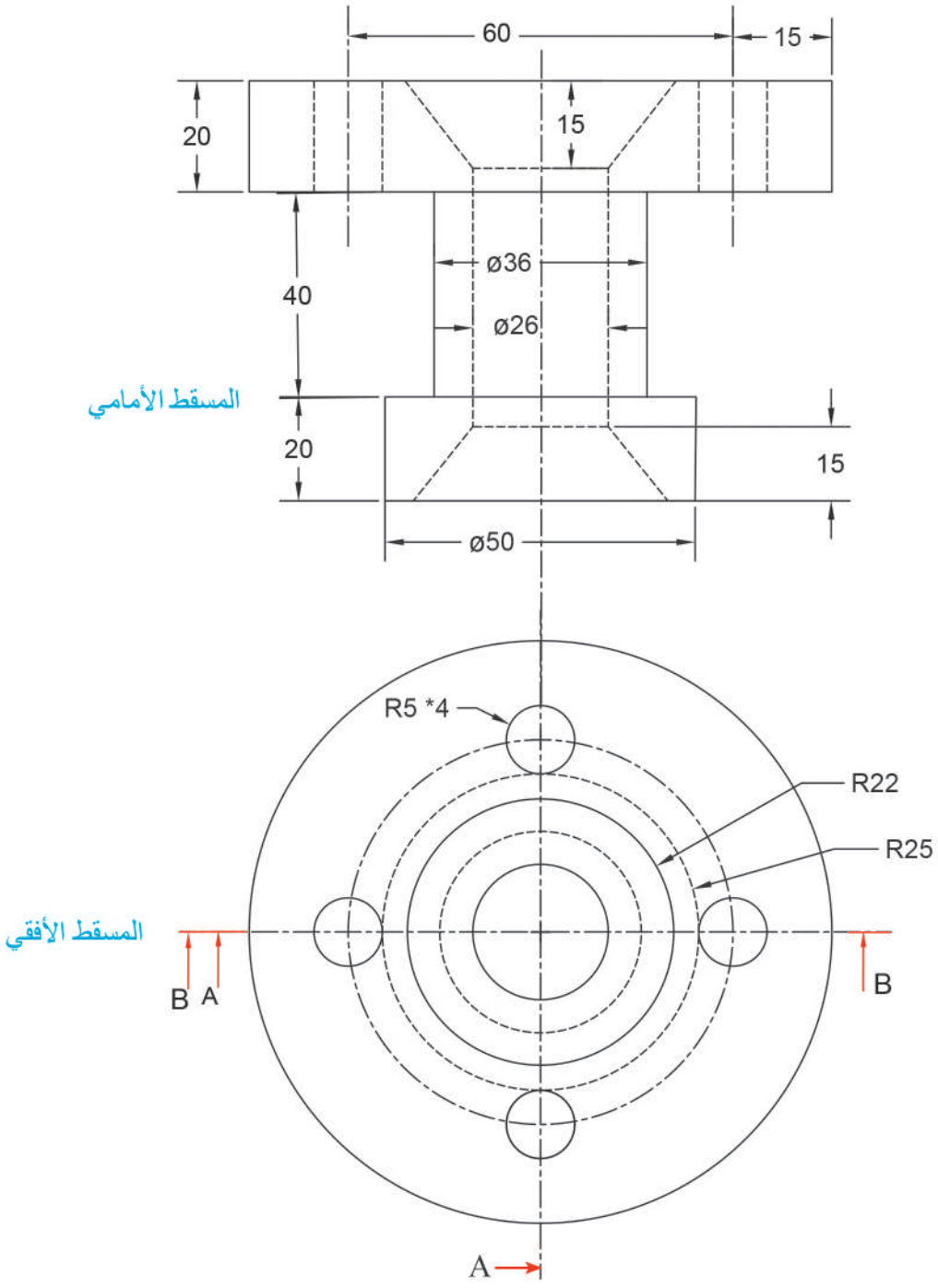
المسقط الأمامي المسقط الجانبي

8 - يمثِّل الشكل أدناه المسقطين الأمامي والأفقي لفلنجة عجلة (hub) أبعادهما بـ mm. ادرس الشكل، ثم بمقياس الرسم (1:1) ارسم ما يأتي:

أ - مسقطًا جانبيًّا.

ب- قطاعًا أماميًّا كاملًا عند مستوى القطع (B-B).

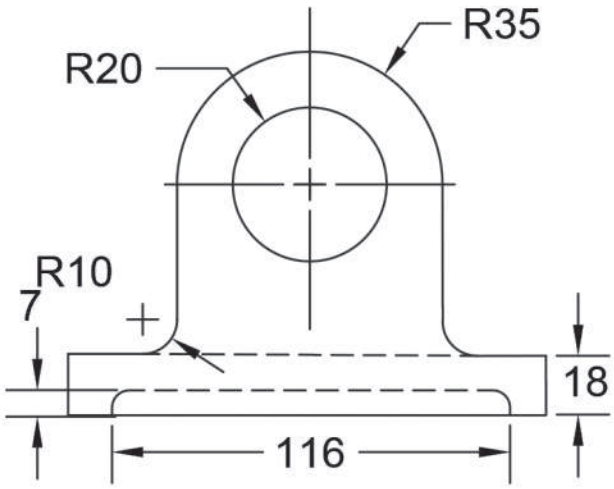
ج - نصف قطاع جانبي أيمن عند مستوى القطع(A-A).



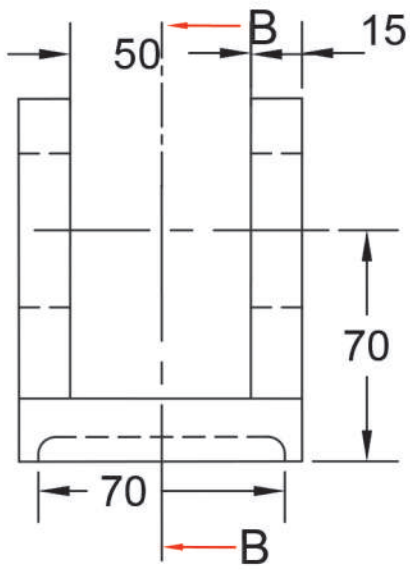
9 - يبين الشكل أدناه مسقطًا أماميًّا ومسقطًا أفقيًّا وجانبيًّا لحامل بكرة أبعادهما بـ mm، تأمَّل هذا الشكل، ثمّ بمقياس الرسم (1:1) ارسم ما يأتي:

أ - نصف قطاع جانبي أيمن كما يشير مستوى القطع A A.

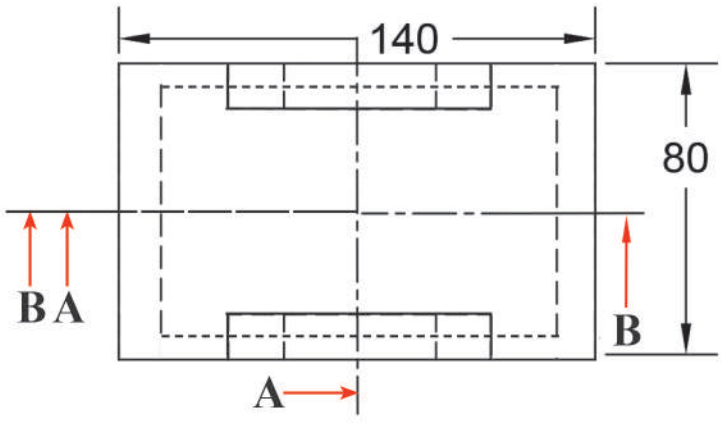
ب- قطاعًا أماميًّا كاملًا عند مستوى القطع B B.



المسقط الأمامي



المسقط الجانبي



المسقط الأفقي

11 - ارسم قطاعًا أماميًّا لجلبة معدنية أسطوانية الشكل قطرها الخارجي 50mm، وسُمْك جدارها 5mm، وارتفاعها 100mm.

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أعرّف القطاعات بمفهومها الصحيح.			
2	أميّز القطاع الكامل بالمستويات الثلاثة.			
3	أميّز نصف القطاع بالمستويات الثلاثة.			
4	أميّز القطاع المتنقّل بالمستويات الثلاثة.			
5	أميّز القطاع المُدار.			
6	أميّز القطاع المُزال.			
7	أميّز القطاع الجزئي.			
8	أرسم قطاعًا كاملًا لقطع ميكانيكية في المستويات الثلاثة عن طريق مساقط معطاة.			
9	أرسم نصف قطاع لقطع ميكانيكية في المستويات الثلاثة عن طريق مساقط معطاة.			
10	أرسم قطاعًا متنقلًا لقطع ميكانيكية في المستويات الثلاثة عن طريق مساقط معطاة.			
11	أذكر مميزات كل نوع من القطاعات.			
12	أوضّح استخدامات كل نوع من القطاعات.			

الخريطة المفاهيمية

الوحدة الثانية

الرموز والمصطلحات الفنية لميكانيك الإنتاج

- ما الذي يحدد التشطيبات النهائية للسطوح الخارجية للقطع المعدنية المصنعة؟
- كيف تُختار الطريقة المناسبة لنقل الحركة بين الجزء القائد والجزء المُقاد في الآلات الصناعية؟

2

تعتمد جودة القطع المعدنية على عمليات التشغيل المستخدمة لإنتاجها، وهذه العمليات تكون عادة كفيلة بتوفير المواصفات الفنية التي تجعلها مناسبة لتأدية الغرض المصممة لأجله، وهذا ما يحدِّد تكلفة إنتاج تلك القطع، والجهد المبذول، والزمن اللازم لإنتاجها، وعمرها الافتراضي.

عند تحديد دقة الأبعاد للقطع المصنَّعة يؤخذ بالحسبان وظيفتها، وكيفية تركيبها، والتمدد والتقلص عند اختلاف درجات الحرارة في أثناء العمل.

تنتقل الحركة في الآلات بين الأجزاء القائدة والأجزاء المُقادة بعدة طرائق مثل: التروس، والأقراص المسنَّنة، والسلاسل، والطارات والسيور، وغيرها. ولاختيار الطريقة المناسبة، تجب معرفة البعد بين الجزء القائد والجزء المُقاد، والزاوية بين محوريهما.

انظر وتساءل

استكشف

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يقرأ الرموز والمصطلحات الفنية المتعلقة بعلامات التشغيل، والتفاوت، ووسائل نقل الحركة.
- يرسم الرموز والمصطلحات الفنية المتعلقة بعلامات التشغيل، والتفاوت، والتوافق، ووسائل نقل الحركة.
- يتعرف بنية السطوح، وطرائق التعبير عنها.
- يتعرف مفهوم التفاوت، وأنواع التوافقات، وأهميتها.
- يتعرف وسائل نقل الحركة، وأدوات الربط الآتية: التروس، والثقوب والأعمدة، والقارنات، والسيور والطارات، والسلاسل.

اقرأ وتعلّم

الإثراء والتوسع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

أولًا: علامات التشغيل
(Surface Quality Control)

النتاجات

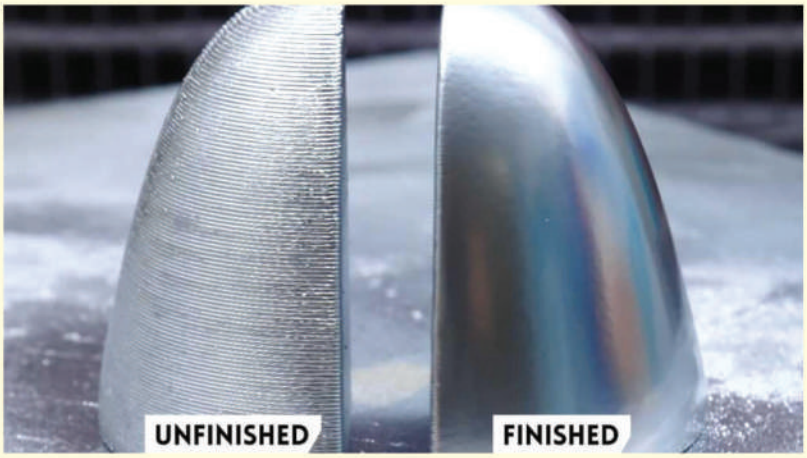
يتوقّع من الطالب في نهاية هذا الدرس أن:

- يتعرف بنية السطوح ورموز الخشونة.
- يقرأ رموز الخشونة، ويفسرها، ويرسمها.

انظر وتساءل

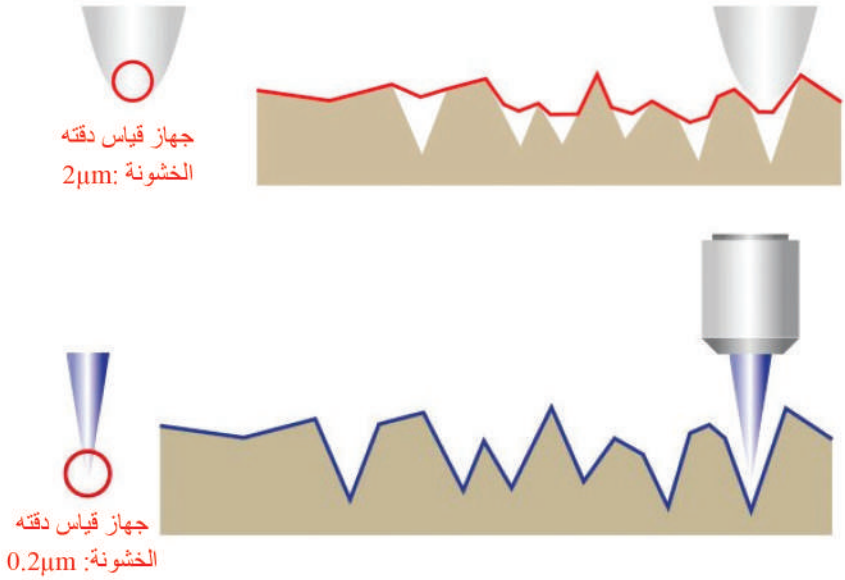
تبين الصورة في الشكل (1) إحدى القطع المعدنية قبل إجراء عمليات التشطيب النهائية وبعدها:

- ما طرائق التشغيل المستخدمة لإنجاز عمليات التشطيب؟
- ما الرموز التي يجب تقديمها للفني لتنفيذ العمل المطلوب؟



الشكل (1)

استكشف



الشكل (2)

ما الذي يُقاس في الصورتين في الشكل (2)؟ وأيُّ الجهازين يظهر القراءة الأدق؟

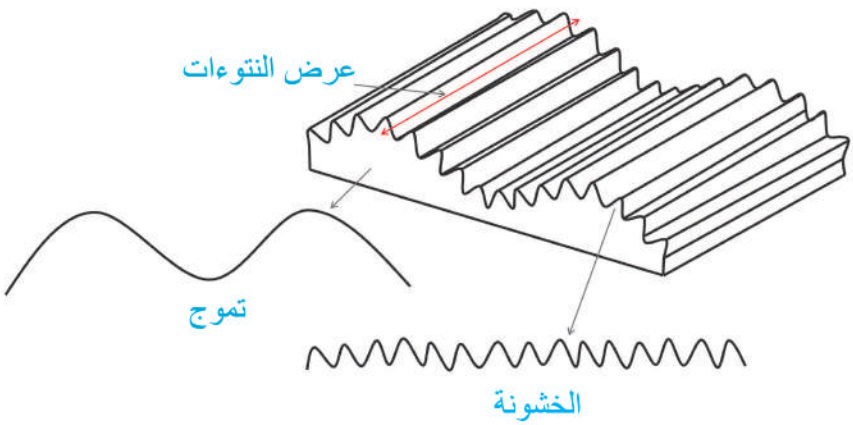
اقرأ وتعلّم

تُعدُّ سطوح المنتجات الصناعية، ومنها (المعدنية)، دلالة على جودة المنتج، ومقاومته عوامل التآكل المختلفة كالاحتكاك، والحرارة، والعوامل الجوية، وغيرها، لذلك اهتم المصنِّعون بالشكل الخارجي لمنتجاتهم باختيار الخشونة المطلوبة التي تؤدي الغرض، وطريقة التشغيل المناسبة للحصول على تلك الخشونة، وبضرورة إضافة طبقة معدنية رقيقة تكسبه ميزة جديدة كإضافة القصدير لإعطاء الليونة خلال العمل، أو إضافة الكروم لزيادة قساوة المعدن.

تحتاج بعض القطع الصناعية إلى خشونة كبيرة لأداء عملها أداءً صحيحًا كفكِّي الملزمة، وبعض أنواع القوابض والفرامل، التي كلَّما قلَّت خشونتها قلَّت كفاءتها، وبعضها الآخر يحتاج إلى خشونة قليلة جدًّا منعًا للاحتكاك خلال عملها مثل (البيل) التي كلما زادت خشونتها تلفت أسرع. ولكون الرسومات الهندسية تمثل لغة التفاهم بين المصمم والفني ومراقب الجودة وجب عليهم معرفة قراءة رموز التشغيل، ورسمها. فالمصمم يحدّد علامات التشغيل على الرسومات التنفيذية، والفني يفسر تلك الرموز لكي ينتج القطعة إنتاجًا مطابقًا لما هو مطلوب، ومراقب الجودة يتأكد من تنفيذ علامات التشغيل تنفيذًا مطابقًا لما هو مطلوب باستخدام أجهزة قياس مناسبة.

يبين الشكل (3) رسمًا يمثل خشونة إحدى القطع وتكرارها بصورة تموجيّة.

تحتاج بعض القطع المعدنية إلى الطلاء لحمايتها من التآكل بسبب الظروف الجوية؛ لذلك يجب أن لا تقل خشونتها عن درجة معينة لضمان التصاق الطلاء بها.



الشكل (3)

1- تصنيف عدم استواء الأسطح

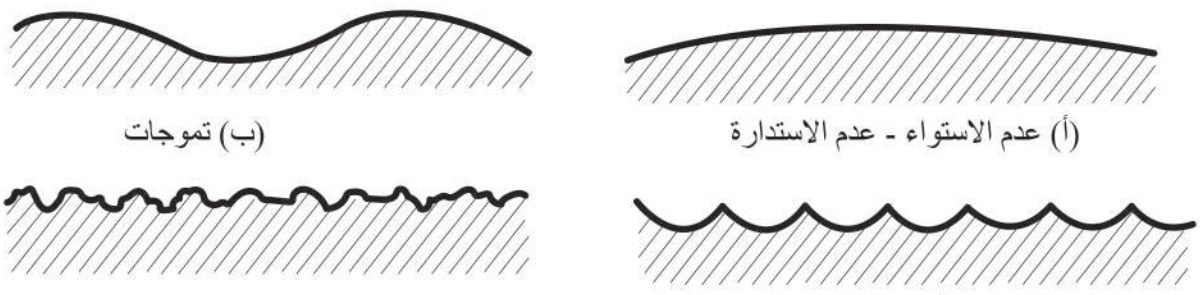
تختلف أشكال انحرافات الأسطح وأبعادها التي تؤدي إلى عدم استوائها لأسباب عدة، منها: الخامة المستخدمة، وطريقة التثبيت، ودقة آلات التشغيل. ويمكن تقسيم عدم استواء الأسطح تبعًا لأشكالها كما يأتي:

أ) **الحيود (Deviation):** الذي يعني عدم الاستواء في الأشكال المسطحة، وعدم الاستدارة في الأشكال الأسطوانية، كما يظهر في الشكل (4 / أ). ينتج هذا الحيود لعدة أسباب مثل: وجود خلوص زائد في أدلة آلات التشغيل، أو انحناء المشغولة بسبب عدم التثبيت الجيد لها.

ب) **التموُّجات (Waveiness):** تكون التموّجات على شكل موجات يتراوح طولها بين 1mm و 25mm، وارتفاعها بين 0.02mm و 0.05mm، كما يظهر في الشكل (4 / ب). وينتج هذا النوع من عدم الاستواء بسبب الدوران غير المنتظم، أو الاهتزازات الزائدة لأعمدة آلة التشغيل.

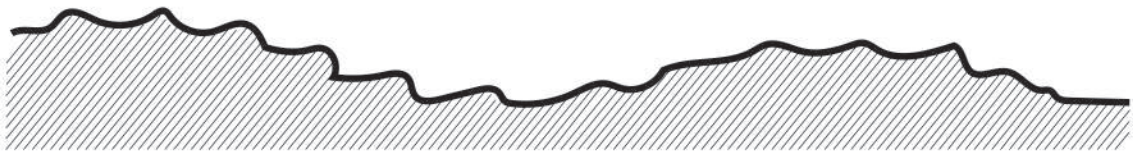
ج) **الأخاديد (Grooves):** تنتج الأخاديد بسبب وجود عيوب في التركيب البنائي لسطح المشغولة، وتنشأ من شكل حد عدة القطع، والتغذية غير المناسبة. يبين الشكل (4 / جـ) تمثيلًا لأخاديد السطح.

د) **الحزوز (Notches):** تظهر الحزوز نتيجة أسلوب توجيه العدة على السطح المشغل، والتصاق الرائش بحد عدة القطع. يبين الشكل (4 / د) رسمًا لتلك الحزوز.



الشكل (4)

وفي الحياة العملية تجتمع الأسباب السابقة الذكر في تكوين سطح المشغولة، فتتراكب أشكال الانحرافات لتظهر معًا كما هو مبين في الشكل (5).

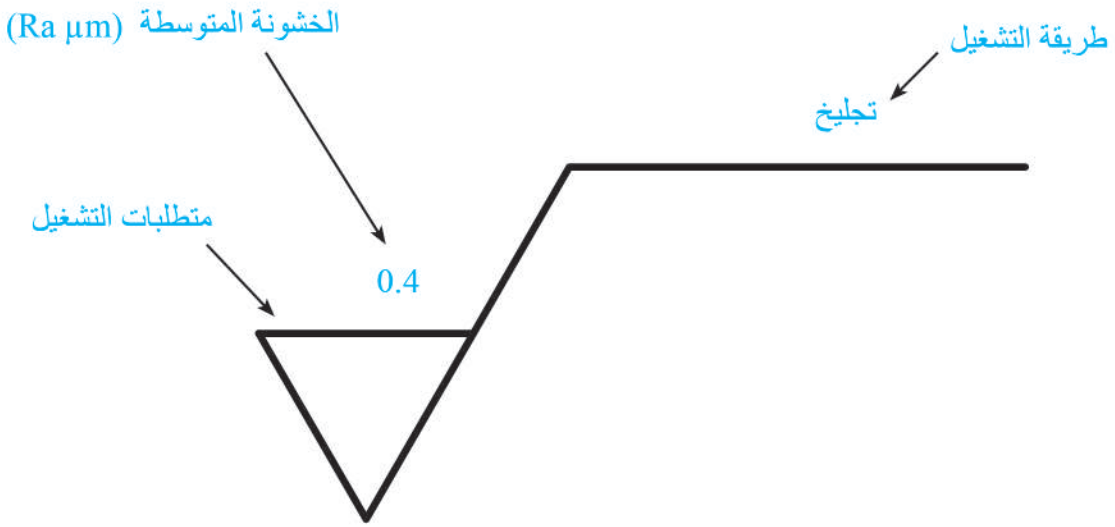


الشكل (5)

تشمل خشونة الأسطح (Surface Roughness) وجود الأخاديد والحزوز. وأما عدم الانتظام في الشكل، فيشمل التموُّجات وعدم الاستواء (أو عدم الاستدارة).

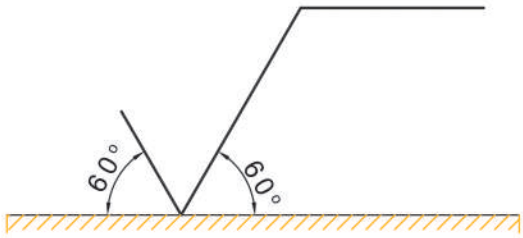
2- رموز تشطيب الأسطح في الرسومات الهندسية (Surface Finish Standards)

تحتوي الرسومات الهندسية على رموز ومصطلحات تبين الأبعاد الداخلية والخارجية والأقطار، وعمليات التصنيع المختلفة لإنتاج المشغولة، بالإضافة إلى ذلك توجد رموز ومصطلحات لتمييز درجة خشونة الأسطح. وقد أصدرت منظمة الأيزو (ISO) مواصفة تحوي مصطلحات وعلامات خاصة تشير إلى مقاييس الخشونة وجودة السطح وأسلوب الإنتاج. ويبين الشكل (6) هذه الرموز التي تشير إلى مقاييس الخشونة، وطريقة التشغيل (تجليخ، وخراطة، وغيرهما)، وأي متطلبات أخرى للتشغيل، مثل (إزالة رائش، وعدم تشغيل للسطح، وغيرهما).



الشكل (6)

ولرسم الرمز الأساسي (Basic Symbol) نرسم خطين أحدهما قصير والآخر طويل يميلان بزاوية 60° عن السطح. ويُضاف خط أفقي لتوضيح بعض صفات السطح كما يظهر في الشكل (7).

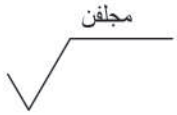
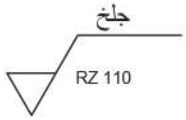
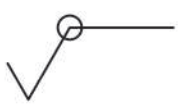


الشكل (7)

ملاحظة: عمليات التشغيل (فقط الثقب، والخراطة، الجلخ، القشط، التفريز).

وفي الجدول (1) بعض علامات التشغيل المختلفة:

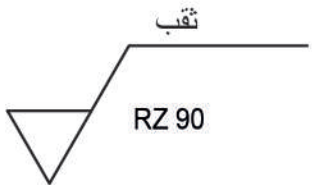
الجدول (1): رموز بعض علامات التشغيل

الرمز	المدلول
	سطح مُنتَج بعمليات تشغيل أو من دونها.
	سطح مُنتَج بعمليات التشغيل.
	سطح مُنتَج (دون إزالة المادة) كصب المعادن، والسحب، واللحام.
	سطح مجلفن مُنتَج بعمليات التشغيل أو من دون عمليات التشغيل.
	سطح مشغل بالجلخ، والقيمة الوسطية لعمق المسافات بعد التشغيل 110 ميكرون.
	الدائرة على الرمز تعني أن أسطح المشغولة جميعها لها علامات التشغيل نفسها.

مثال (1)

ارسم رمز التشغيل الذي يمثّل سطحًا مُشغَلًا بالثقب، ومتوسط عمق المسافات بعد التشغيل 90 ميكرون.

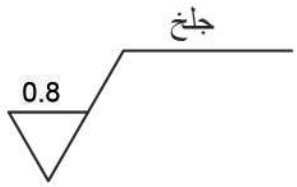
الحل



مثال (2)

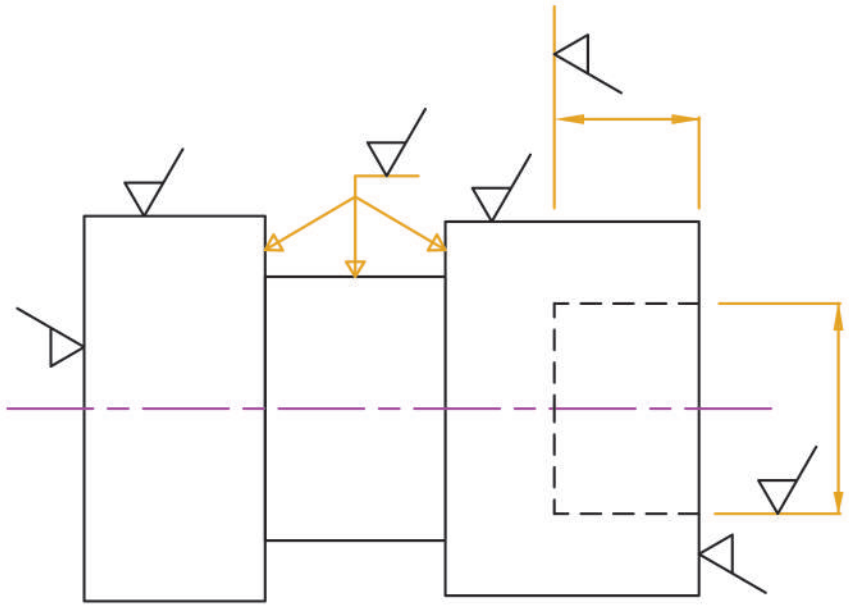
ارسم رمز التشغيل الذي يمثّل سطحًا مُشغَلًا بالجلخ، وخشونته المتوسطة 0.8 ميكرون.

الحل



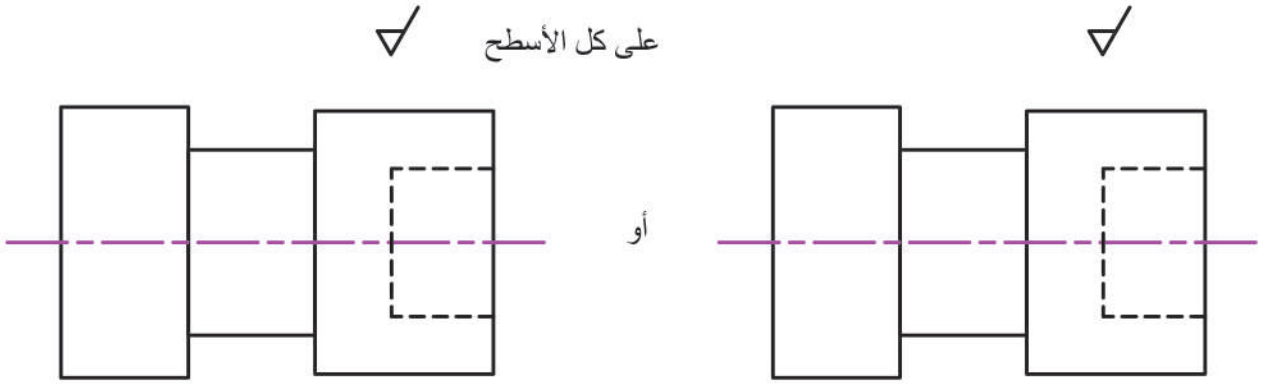
3- تنظيم علامات التشغيل على رسم قطعة العمل

تُنظم علامات التشغيل تنظيمًا يمكن فيه قراءتها من أسفل أو من الجهة اليمنى، وتوضع على السطح المستقل، أو على السطح الذي وضع عليه البُعد كما يظهر في الشكل (8):



الشكل (8)

وإذا كانت القطعة تحتوي على النهايات نفسها لجميع الأسطح، وعلى الجوانب كلها، فإن مجموعة علامات التشغيل توضع على يمين القطعة من الأعلى، ويمكن إضافة عبارة (على كل الأسطح) بجانب علامة التشغيل كما يظهر في الشكل (9).



الشكل (9)

تمرين (1)

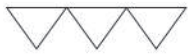
ارسم رموز التشغيل لسطوح القضيب المعدني جميعها الظاهر في الشكل (10)، علمًا بأن السطح الخارجي الأسطواني مشكل بالخراطة، ومتوسط خشونته 0.5 ميكرون، وأنّ الجانبين المسطحين مشكلان بالنشر بمتوسط خشونة 120 ميكرون.

الشكل (10)

4- رموز تشطيب الأسطح الشائعة

من أهم رموز مواصفات تشطيب الأسطح الشائعة عالميًّا المواصفات الألمانية (DIN) التي ترتبط عادة برقم المواصفة وسنة إقرار المواصفة. ومن أمثلتها مواصفة (DIN 140) لعام 1960م. والجدول (2) يظهر بعضًا من رموز تشطيب بعض الأسطح، والاستخدامات المناظرة لها:

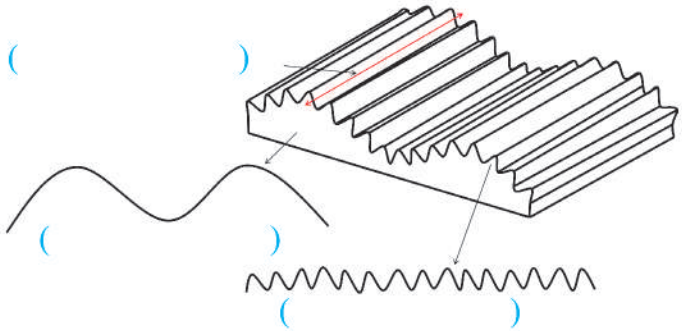
الجدول (2): بعض رموز التشطيب للمواصفات الألمانية (DIN 140) لعام 1960 م

الرمز	طبيعة السطح	أمثلة على تطبيقات الاستخدام
	قيم فائقة التشطيب	أسطح مانعة للتسرب من دون استخدام مواد مانعة للتسرب مثل أنابيب الضغط العالي، والأسطح الانزلاقية مثل أسطوانات المحركات ومكابسها.
	قيم تشطيب عالية	أسطح مانعة للتسرب من دون استخدام مواد مانعة للتسرب مثل أنابيب الضغط المنخفض، وأسطح التدحرج مثل المحامل الدحروجية، وجوانب أسنان التروس.
	قيم تشطيب متوسطة	أسطح مانعة للتسرب مع استخدام مواد مانعة للتسرب
	قيم تشطيب منخفضة	أسطح الربط بمسامير ملولبة للأجزاء الكبيرة
	أسطح خامّ ناتجة من عمليات لا تُنتج رائشًا	الصب النظيف، والتشكيل بالقوالب
من دون علامة	أسطح خام من عمليات صناعية	أسطح منتجة بالحدادة، أو السحب، أو الضغط، أو الدرفلة.

ابحث في وسائل البحث المتوافرة في مدرستك عن رموز علامات التشغيل الخاصة بالصلادة حسب اختبار برنيل (HB) أو اختبار روكويل (HRC) أو اختبار فيكرز (HV).

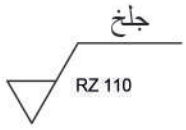
القياس والتقويم

1 – املأ الفراغات بين الأقواس الظاهرة في الشكل الآتي الذي يمثل خشونة إحدى القطع:



2 – ارسم شكلًا للأنواع الآتية من أنواع عدم استواء السطوح: الحيود، والتموُّجات، والأخاديد، والحزوز.

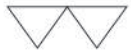
3 – فسِّر معنى كل رمز من الرموز الآتية الصادرة عن منظمة الأيزو (ISO).

الرمز	المدلول
	

4 – ارسم رمز المدلول الذي يمثل تشطيب سطوح المعادن الصادرة عن منظمة الأيزو (ISO) في الجدول الآتي:

الرمز	المدلول
	سطح منتج بعمليات التشغيل.
	سطح مجلفن منتج بعمليات التشغيل أو بدون عمليات التشغيل.
	أسطح المشغولة جميعها لها نفس علامات التشغيل.

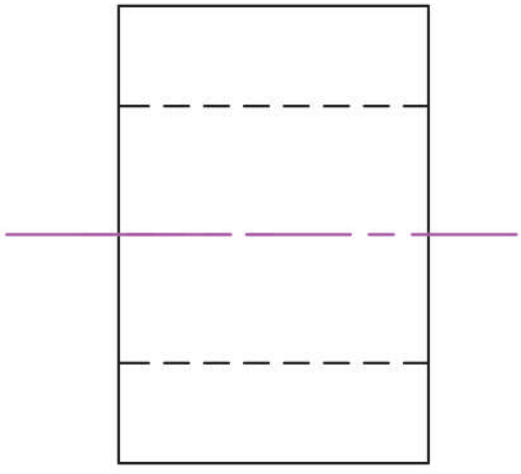
5 – أكمل الفراغات في الجدول الآتي الذي صُمِّم حسب المواصفات الألمانية (DIN 140) لعام 1960 م:

الرمز	طبيعة السطح	أمثلة على تطبيقات الاستخدام
		أسطح مانعة للتسرب من دون استخدام مواد مانعة للتسرب مثل أنابيب الضغط العالي، والأسطح الانزلاقية مثل أسطوانات المحركات ومكابسها.
	قيم تشطيب عالية	
		
	قيم تشطيب منخفضة	
من دون علامة		

6 - ارسم رموز التشغيل (حسب مواصفات ISO) لسطوح القطعة الميكانيكية جميعها الظاهرة في الشكل الآتي في الحالتين الآتيتين:

أ - سطح خشن (منتج بالصب) من دون إجراء عمليات تشغيل.

ب- سطح الأسطوانة الخارجي والجانبين منتج بالخراطة، ومتوسط خشونته 3 ميكرون، والسطح الداخلي للأسطوانة منتج بريشة ثقب، ومتوسط خشونته 112 ميكرون.



التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أعرف طرائق التشغيل المستخدمة لإنجاز عمليات التشطيب			
2	أصنف عدم استواء الأسطح			
3	أرسم أصناف عدم استواء الأسطح			
4	أقرأ رموز تشطيب الأسطح في الرسومات الهندسية، وأفسرها			
5	أرسم رموز تشطيب الأسطح في الرسومات الهندسية			
6	أميز بين رموز علامات التشغيل الصادرة من منظمة الأيزو (ISO)، ورموز علامات التشغيل الشائعة الأخرى			

ثانيًا: التفاوت والتوافق
(Clearance and Tolerance)

النتاجات

يُتوقّع من الطالب في نهاية هذا الدرس أن:

- يتعرف مفهوم التفاوت ومفهوم التوافق، ونظام أساس العمود، ونظام أساس الثقب.
- يقرأ التفاوتات ويرسمها.
- يستخدم جداول التفاوت لإيجاد قيم التفاوت للأعمدة والثقوب.

انظر وتساءل

يظهر في الشكل (11) صورتان إحداهما لتركيب مَحْمل بواسطة اليد، والأخرى لتركيب مَحْمل باستخدام المطرقة:

- ما الذي أوجب على الفني استخدام المطرقة في الصورة الثانية؟
- ماذا تتوقع أن يكون الفرق في العمل من حيث الحمل أو السرعة لكلا المَحْملين؟

الشكل (11)

الشكل (12)

كيف يضمن مهندس الجودة تركيب أي برغي في أي صمولة حسب ما هو مصمَم عند تصنيع كميات كبيرة لصنف معين من البراغي والصواميل؟

اقرأ وتعلّم

لتثبيت قاعدة ملزمة معدنية على طاولة خشبية تلاحظ سهولة في تركيب البراغي داخل الصواميل، ولكن لتثبيت الجسور المعدنية الخاصة بالهناجر والجسور، لا بد من استخدام براغٍ وصواميل يصعب تركيب بعضها مع بعض يدويًّا لضمان عدم الفك بسهولة، لذلك تُركّب بوسائل خاصة، مثل:

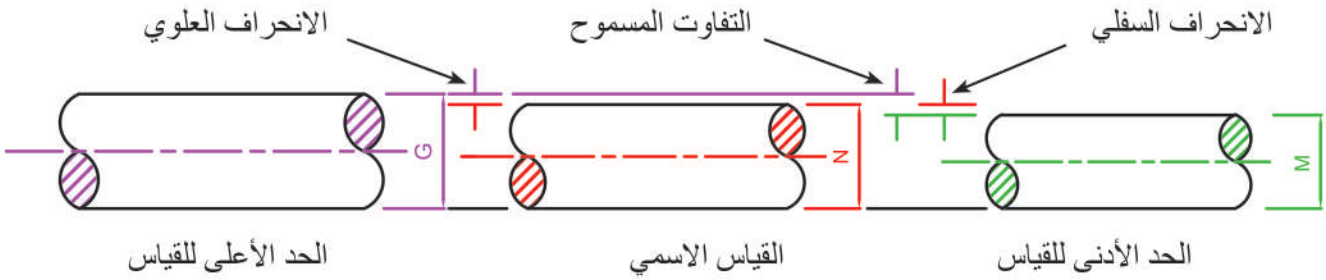
1. استخدام ضغط الهواء.
2. تسخين الصواميل.
3. تبريد البراغي قبل التركيب.

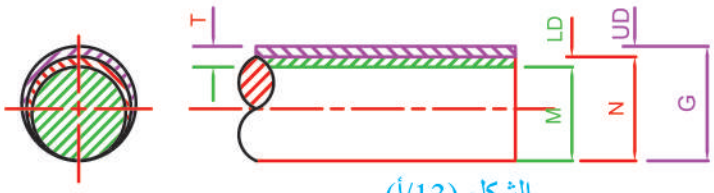
في الإنتاج المفرد تتم المواءمة بين الأجزاء المطلوب تركيب بعضها داخل بعض فقط، ولكن لا تعدُّ هذه الطريقة اقتصادية عند الإنتاج الكمي؛ إذ لا بد من أن تكون المشغولات قابلة للتجميع، وعند الضرورة يكون التبديل بينها من دون الحاجة لإجراء عمليات تشغيل لاحقة لها. ولا يتحقق هذا التصنيع التبادلي إلا بوجود تعليمات موحدة (قياسية) للتوافقات. وهكذا نشأت بمرور الوقت توافقات خاصة بكل مصنع، وتطوّرت حتى أصبحت هذه التوافقات معمولًا بها عالميًا، مثل توافقات نظامي المواصفات الألمانية (DIN)، والمواصفات العالمية (ISO).

1 - التفاوت (Tolerance)

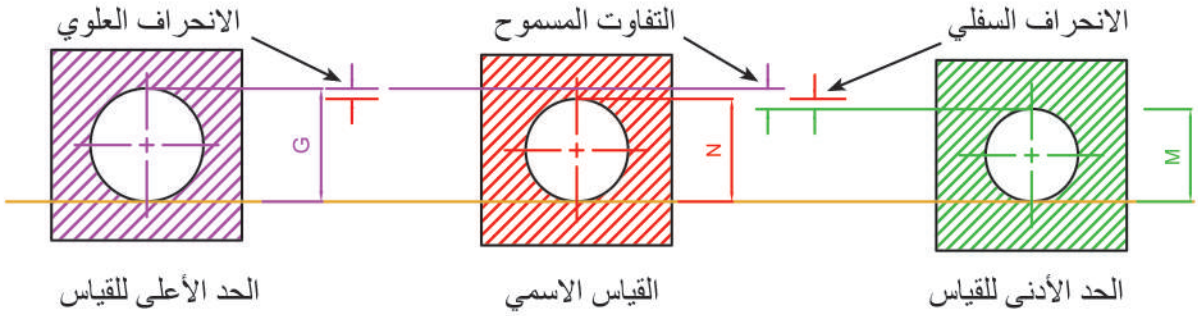
مفهوم التفاوت: هو مقدار الانحراف في القياس عن القياس الاسمي للمنتج.

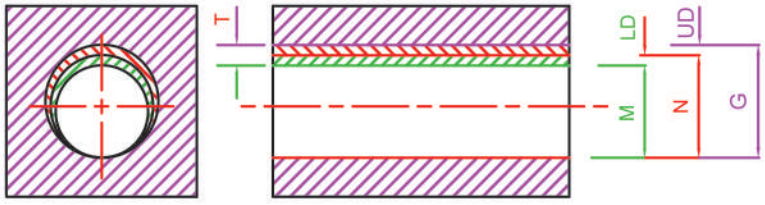
يبين الشكل (13 / أ) رسمًا لمصطلحات التفاوت للأعمدة، ويبين الشكل (13 / ب) رسمًا لمصطلحات التفاوت للثقوب.





الشكل (13/أ)





الشكل (13/ب)

القياس الاسمي (Nominal Size) (N): هو القياس المبين بالرسم الذي تتميز به قطعة العمل.

الحد الأعلى للقياس (Greatest Size Limit) (G): هو أكبر قياس مسموح به، ولا يجوز أن يزيد على القياس الفعلي لقطعة العمل. (وليس شرطًا أن يكون أكبر من القياس الاسمي).

الحد الأدنى للقياس (Minimum Size Limit) (M): هو أصغر قياس مسموح به، ولا يجوز أن يقل عنه القياس الفعلي لقطعة العمل. (وليس شرطًا أن يكون أصغر من القياس الاسمي).

الانحراف العلوي (Upper Deviation) (UD): هو الفرق بين الحد الأعلى للقياس والقياس الاسمي.

$$UD = G - N$$

الانحراف السفلي (Lower Deviation) (LD): هو الفرق بين الحد الأدنى للقياس والقياس الاسمي.

$$LD = M - N$$

التفاوت المسموح (Tolerance) (T): هو الفرق بين الحدين الأعلى والأدنى للقياس.

$$T = G - M$$

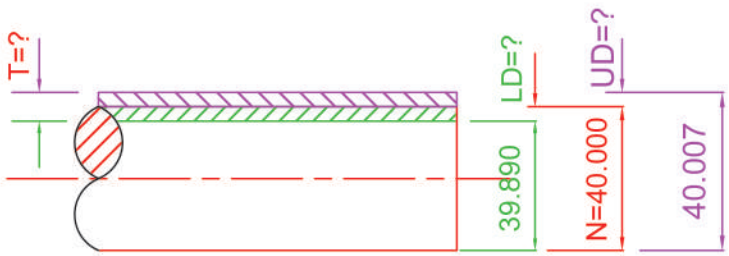
فكّر

متى يمكن أن تكون قيمة الانحراف العلوي (U D) سالبة؟ ومتى يمكن أن تكون قيمة الانحراف السفلي (L D) موجبة؟

مثال (3)

يبين الشكل (14) أبعاد التفاوت المسموح بها لعمود قطره الاسمي 40mm، بناءً على ذلك جد ما يأتي:

1 - الانحراف العلوي. 2 - الانحراف السفلي. 3 - التفاوت المسموح.



الشكل (14)

الحل

1 - الانحراف العلوي =

$$U D = G - N = 40.007 - 40.000 = 0.007 \text{ mm}$$

2 - الانحراف السفلي =

$$L D = M - N = 39.890 - 40.000 = - 0.110 \text{ mm}$$

3 - التفاوت المسموح =

$$T = G - M = 40.007 - 39.890 = 0.117 \text{ mm}$$

مثال (4)

ارسم شكلًا يمثل أبعاد التفاوت المسموح لأحد الأعمدة إذا علمت أن الحد الأعلى للقياس = 29.012mm، والانحراف السفلي = 0.060mm- وقيمة التفاوت المسموح = 0.072mm

الحل

$$T = G - M = 29.012 - M = 0.072 \text{ mm}$$

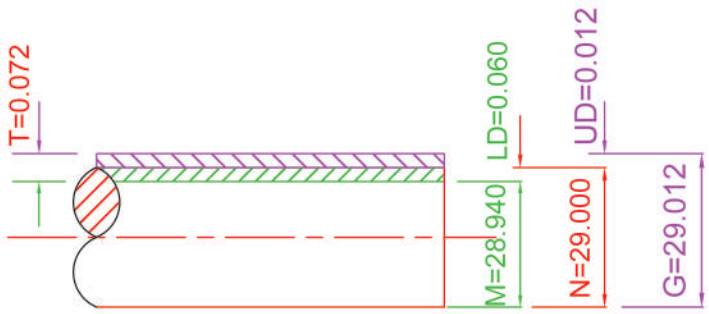
الحد الأدنى للقياس:

$$M = 29.012 - 0.072 = 28.940 \text{ mm}$$

$$L D = M - N = 28.940 - N = - 0.060 \text{ mm}$$

القياس الاسمي:

$$N = 28.940 - (- 0.06) = 29.000 \text{ mm}$$



الشكل (15)

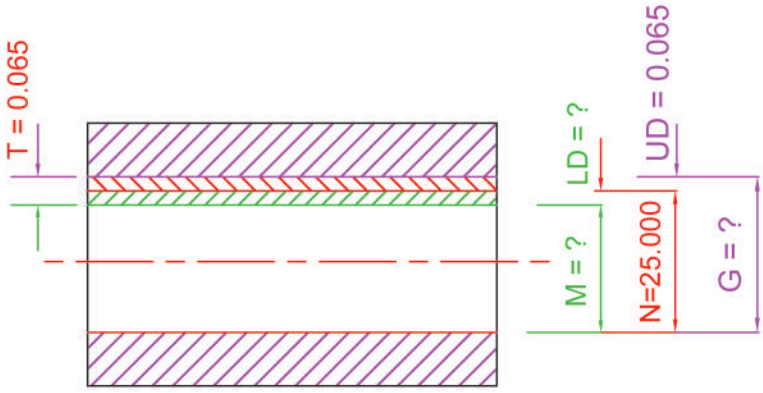
مثال (5)

يبين الشكل (16) رسمًا يُظهر التفاوت لأحد الثقوب، ويُظهر الرسم أن:

القياس الاسمي للثقب = 25.000mm،

والانحراف العلوي = 0.065mm،

التفاوت المسموح = 0.065mm .



الشكل (16)

في ضوء المعطيات السابقة، جد ما يأتي:

الحدين الأعلى والأدنى للقياس،

والانحراف السفلي،

ثم ارسم الثقب مع قيم التفاوت الخاصة به جميعها.

الحل

$UD = G - N = G - 25.000 = 0.065$ mm

الحد الأعلى للقياس:

$G = 25.000 + 0.065 = 25.065$ mm

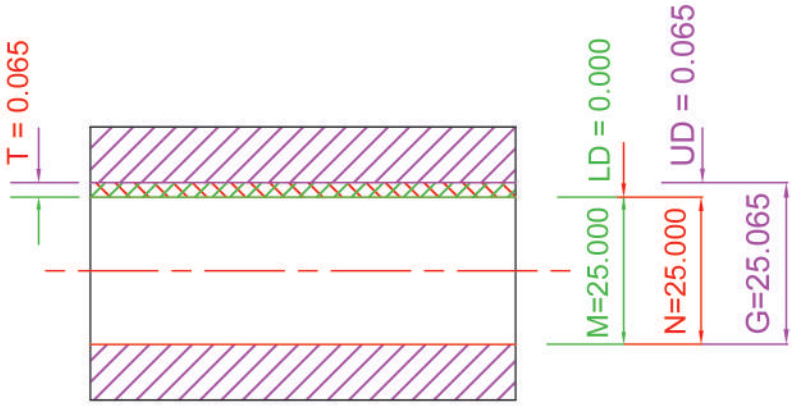
$T = G - M = 25.065 - M = 0.065$ mm

الحد الأدنى للقياس:

$M = 25.065 - 0.065 = 25.000$ mm

$LD = M - N = 25.000 - 25.000 = 0.000$ mm

(وبما أن الانحراف السفلي = صفرًا فإن الحد الأدنى للقياس هو نفسه القياس الاسمي).



الشكل (17): رسم الثقب مع قيم التفاوتات

تمرين (2)

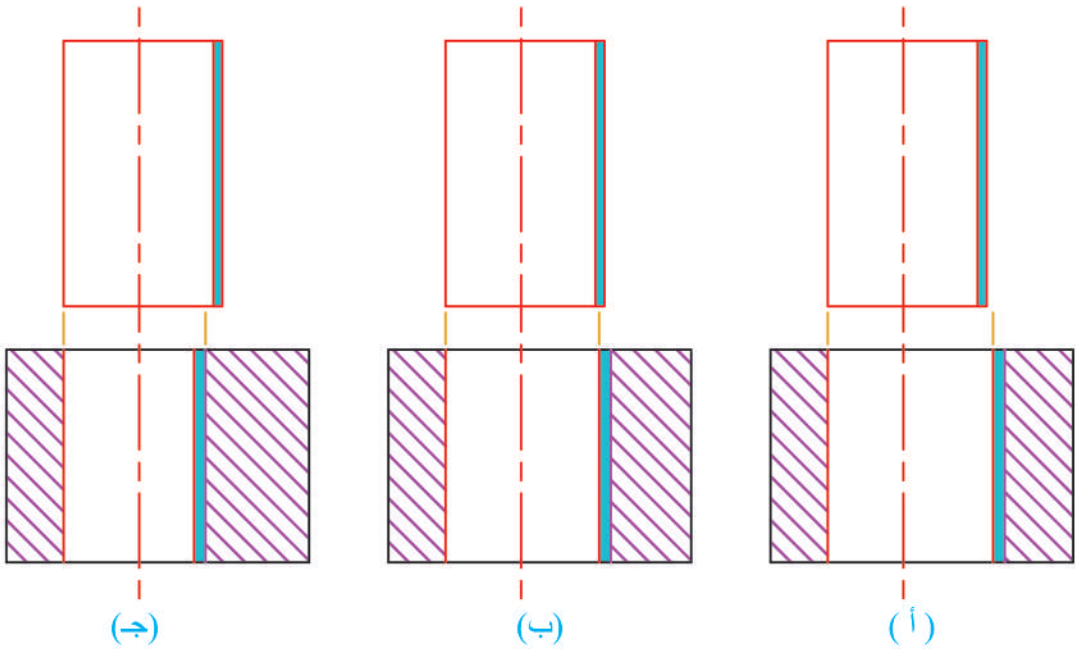
ارسم شكلًا يمثل تفاوت أحد الثقوب إذا علمت أن قياسه الاسمي = 30mm، والحد الأعلى للقياس = 30.080mm، وأن الانحراف السفلي = +0.040mm.

2 - التوافق (Clearance)

مفهوم التوافق: هو مدى تواؤم جزأين مركبين معًا، أحدهما داخل الآخر من حيث الإحكام أو عدمه.

ومن العوامل التي تحول دون استمرار إنتاج المواد المصنعة بنفس الأبعاد المطلوبة خلال عمليات التصنيع: دقة الآلات بسبب تغيُّر خلوصاتها مع الوقت، وتآكل الحدود القاطعة لأدوات القطع، ودقة أجهزة القياس المستعملة، والأخطاء البشرية الناتجة من العمالة. ولكي تبقى المنتجات مقبولة وجب أن يكون للأبعاد حدٌّ أعلى وحدٌّ أدنى لا تتجاوزه.

انظر إلى الشكل (18) الذي يُظهر التفاوت المسموح لثلاثة أعمدة، وثلاثة ثقوب، وناقش زملاءك في سهولة تركيب العمود في الثقب وصعوبته في الحالات: (أ)، و(ب)، و(جـ).

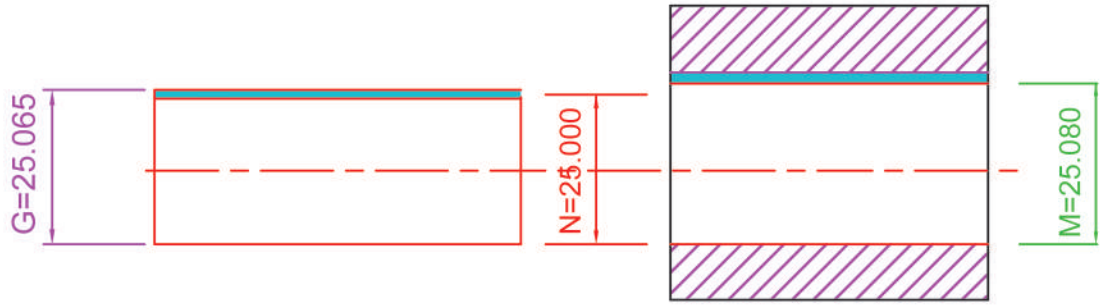


الشكل (18)

أنواع التوافق

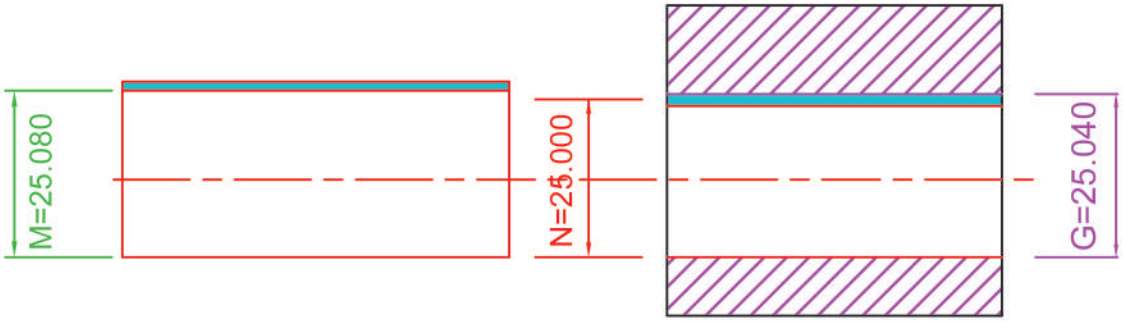
إن الذي يحدد طريقة تركيب القطع الميكانيكية بعضها ببعض (كالأعمدة والثقوب) التي لها نفس المقاس الاسمي هو قيم التفاوت المسموح والحدان الأعلى والأدنى للمقاس؛ فكلما زاد الحد الأعلى لمقاس العمود وقلَّ الحد الأدنى لمقاس الثقب، زاد الاحتكاك خلال التركيب. لذلك قُسِّم التوافق ثلاثة أنواع رئيسة، هي:

أ - **التوافق الخلوصي:** وفيه يكون الحد الأعلى لقياس العمود أقل من الحد الأدنى لقياس الثقب كما يظهر في الشكل (19)، ويكون التوافق بهذا النوع سهل الحركة أو انزلاقيًّا.



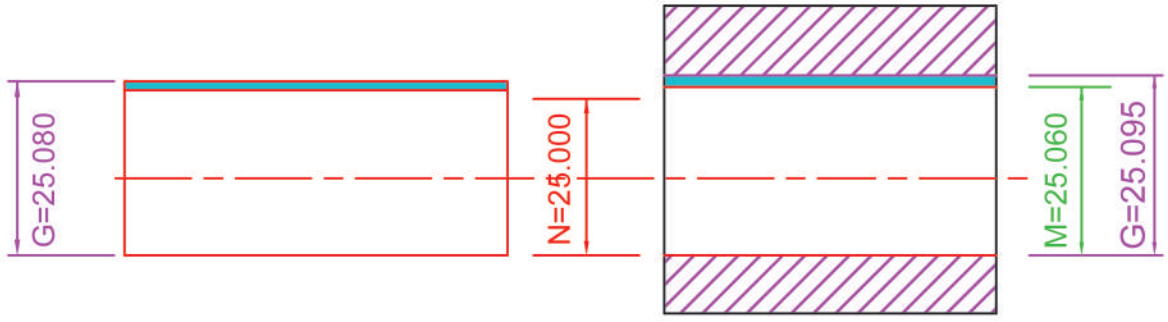
الشكل (19)

ب - **التوافق التداخلي:** وفيه يكون الحد الأدنى لقياس العمود أكبر من الحد الأعلى لقياس الثقب. كما يظهر في الشكل (20). ويكون التوافق بهذا النوع بواسطة الضغط البسيط، أو الضغط بالمكابس الهيدرولية، أو عن طريق التسخين أو التبريد.



الشكل (20)

جـ - **التوافق الانتقالي:** وفيه يكون الحد الأعلى لقياس العمود بين الحدين الأدنى والأعلى لقياس الثقب كما يظهر في الشكل (21). ويكون التوافق بهذا النوع بدفعه باليد حتى الطَّرْق بمطرقة.



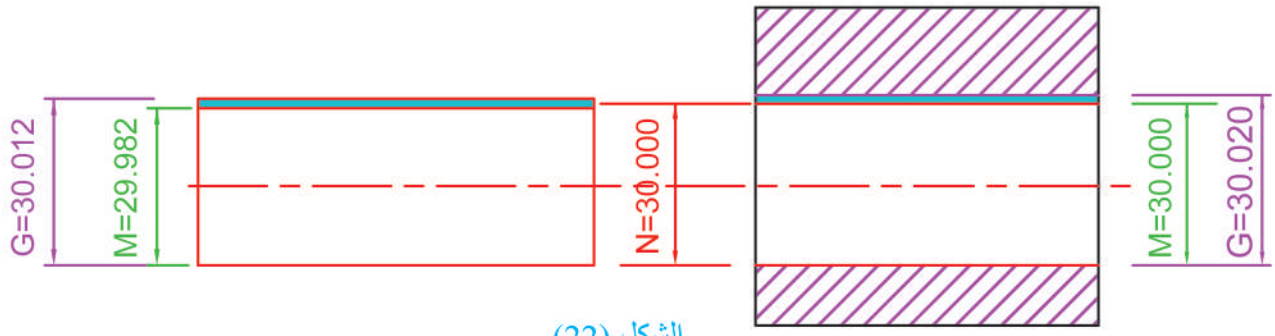
الشكل (21)

مثال (6)

ما نوع التوافق بين عمود وثقب قياسهما الاسمي 30mm إذا علمت أن الحدين الأدنى والأعلى لقياس العمود هما 29.982mm و30.012mm وأن الحدين الأدنى والأعلى لمقاس الثقب هما 30.000mm و30.020mm؟

الحل

بعد رسم قيم التفاوت للعمود والثقب، نلاحظ أن الحد الأعلى لقياس العمود يقع بين الحدين الأدنى والأعلى لقياس الثقب كما يظهر في الشكل (22)، فيكون التوافق بهذه الحالة انتقاليًّا.



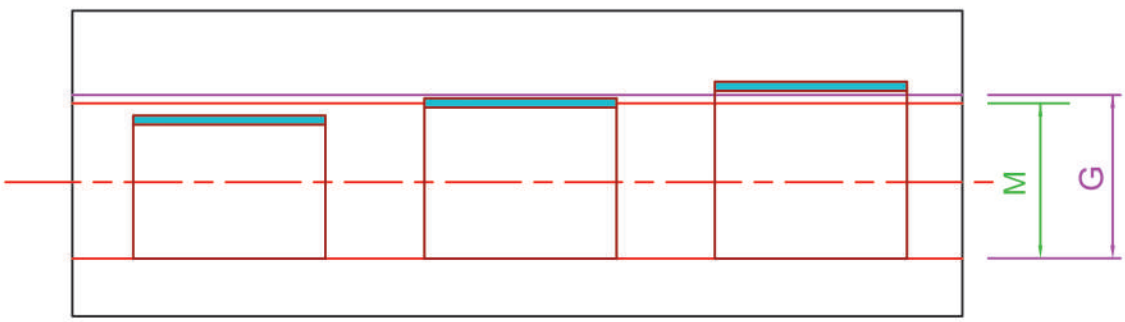
الشكل (22)

تمرين (3)

مستعينًا بالرسم جد الطريقة المناسبة لتركيب عمود في ثقب قطرهما الاسمي 40mm، إذا علمت أن الحدين الأدنى والأعلى لقياس العمود هما 39.995mm و40.000mm، والحدين الأدنى والأعلى لقياس الثقب هما 39.975mm و39.990mm.

أنظمة أساس التوافق

أ - **نظام أساس الثقب:** وفيه يثبت قطر الثقب، ويتغير قطر العمود حسب نوع التفاوت المطلوب. انظر الشكل (23).



الشكل (23)

مثال (7)

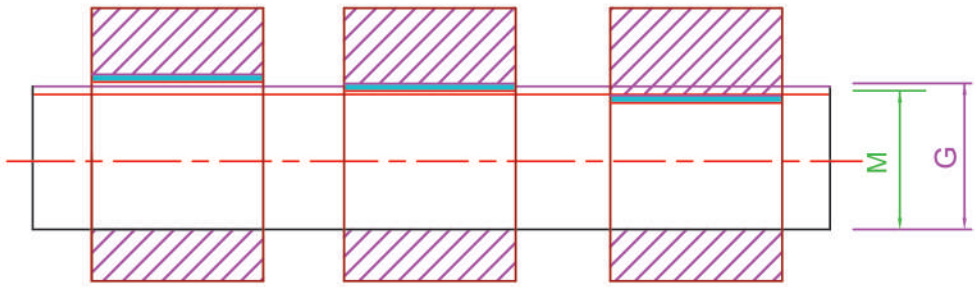
صنِّف أنواع التوافق للأعمدة المبينة في الجدول أدناه لثقب قياس حده الأعلى 25.018mm وقياس حده الأدنى 24.993mm.

الرقم	قياس الحد الأعلى (mm)	قياس الحد الأدنى (mm)
1	25.028	25.020
2	24.990	24.985
3	25.004	24.993

الحل

العمود 1: تداخلي العمود 2: خلوصي العمود 3 : انتقالي

نظام أساس العمود: وفيه يثبت قطر العمود، ويتغير قطر الثقب حسب نوع التفاوت المطلوب. انظر الشكل (24).



الشكل (24)

تمرين (4)

صنِّف (مستعينًا بالرسم) أنواع التوافق للثقوب المبينة في الجدول أدناه لعمود قياس حده الأعلى 18.000mm وقياس حده الأدنى 17.988mm.

الرقم	قياس الحد الأعلى (mm)	قياس الحد الأدنى (mm)
1	18.013	17.988
2	17.986	17.978
3	18.013	18.006

3 - جداول التفاوت للثقوب والأعمدة

نظرًا إلى التقدم الصناعي الواسع في مختلف دول العالم، واعتماد كثير من الصناعات التجميعية على مواد تستوردها من دول أخرى، كان لا بد من وجود أنظمة تحدد مواصفات القطع المستوردة لتتوافق مع حاجة المستورد، ومن تلك المواصفات قيم التفاوت للثقوب والأعمدة التي تحدد طريقة التركيب الممكنة للقطع الميكانيكية. ومن الأنظمة المعمول بها عالميًّا نظام المواصفات الألمانية (DIN)، ونظام المواصفات العالمية (ISO). وسنتعرف في ما يأتي على بعض من رموز التفاوت ودرجاته المعمول بها ضمن نظام (ISO).

تُستخدم الأحرف الكبيرة (A,B,C, … , Z) رموزًا للثقوب، وتُستثنى منها الحروف (I,L,O,Q,W). وتُستخدم الأحرف الصغيرة (a,b,c,…,z) رموزًا للأعمدة، وتُستثنى منها الحروف (i,l,o,q,w)، ويُرفق مع كل رمز رقم من (1-16) حسب درجة التفاوت بحيث تقل قيمة التفاوت كلما قلَّ الرقم، وعندها تصبح الصناعة أكثر دقة، والتكلفة أعلى. يبين الجدول (3) بعضًا من رموز تفاوت الأعمدة ودرجاته، ويبين الجدول (4) بعضًا من رموز تفاوت الثقوب ودرجاته.

نلاحظ في الجدولين وجود كلمة (over) التي تعني فوق أو أكبر، وكلمة (.inc) التي هي اختصار لكلمة (include) التي تعني يتضمن. ففي العمود الأول نجد قيم التفاوت للأقطار التي أكبر من 3mm حتى 6mm. وفي العمود الثاني نجد قيم التفاوت للأقطار التي أكبر من 6mm حتى 10mm وهكذا. ونلاحظ أيضًا وجود قيم موجبة للتفاوت، وقيم أخرى سالبة، وبعضها يساوي صفرًا؛ فالقيم الموجبة تعني أن القياس أكبر من القياس الاسمي، وأما السالبة، فتعني أن القياس أصغر من القياس الاسمي، وأما التي تساوي الصفر، فتعني أن القياس يساوي القياس الاسمي كما في الجدول صفحة (97/98/99).

مثال (8)

باستخدام (جداول التفاوت)، جد قيمة التفاوت المسموح للعمود $j5\phi12$ ، وارسم شكلًا يبين القياس الاسمي، والحدين الأعلى والأدنى له.

الحل

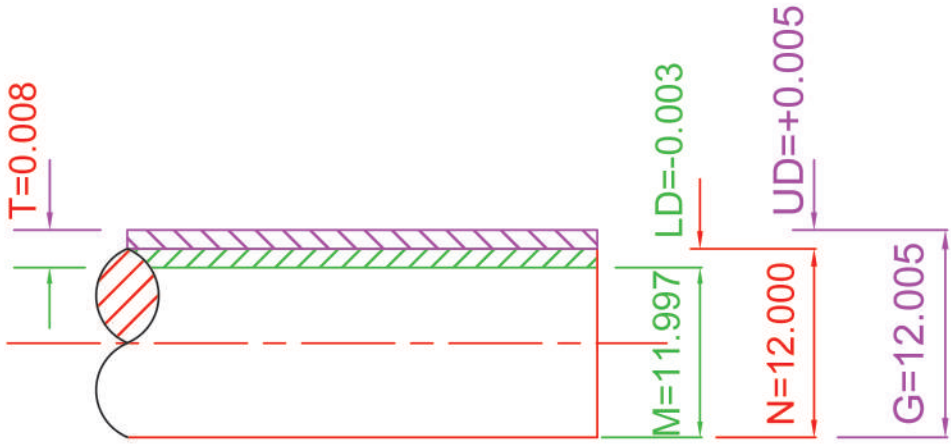
نجد أن قيمتي التفاوت هما 5+ و 3-

إذًا، قيمتا التفاوت = 0.005mm+ و 0.003mm-

وبهذا يكون الحد الأعلى للقياس = $12.000 + 0.005 = 12.005mm$

ويكون الحد الأدنى للقياس = $12.000 + (- 0.003) = 11.997mm$

وقيمة التفاوت المسموح = $(0.005) - (- 0.003) = 0.008mm$



الشكل (25): القياس الاسمي وحداه الأعلى والأدنى.

مثال (9)

مستعينًا بجداول التفاوت، جد قيمة التفاوت المسموح للثقب H6ϕ30، وارسم شكلًا يبين القياس الاسمي، وحديه الأعلى والأدنى.

الحل

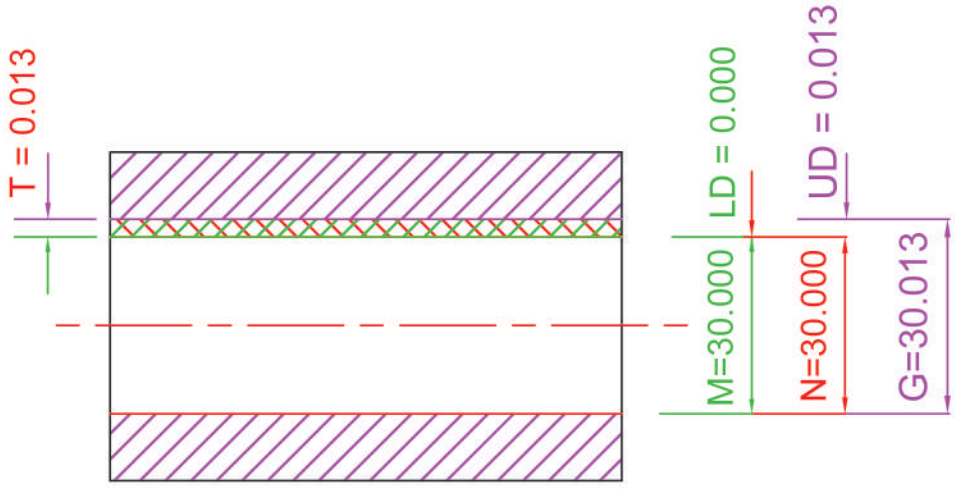
نجد أن قيمتي التفاوت هما 13+ , 0

إذًا، قيمتا التفاوت = (+ 0.013mm ، + 0.000mm)،

وبهذا يكون الحد الأعلى للقياس = 30.000 + 0.013 = 30.013mm

ويكون الحد الأدنى للقياس = 30.000 + (0.000) = 30.000mm

وتكون قيمة التفاوت المسموح = 0.013 - (0.000) = 0.013mm



الشكل (26): القياس الاسمي وحداه الأعلى والأدنى.

مثال (10)

مستعينًا بالرسم، حدد نوع التوافق للثقب والعمود الذي يحمل رمز الازدواج (H7-f5ϕ50).

الحل

من جدول التفاوت الخاص بالأعمدة نجد أن قيمتي التفاوت للعمود هما 25- ، 36-،

إذًا، قيمتا التفاوت = (-0.036mm ، - 0.025mm)

وبهذا يكون الحد الأعلى للمقاس = 50.000-0.025 = 49.975 mm

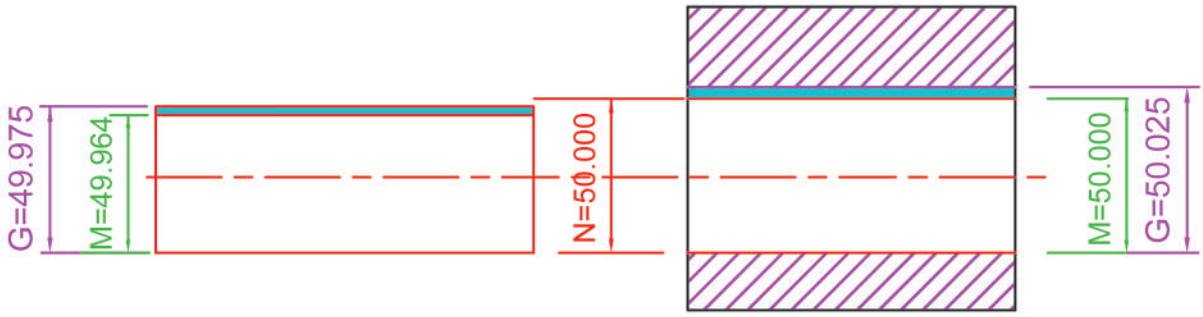
ويكون الحد الأدنى للمقاس = 50.000-0.036 = 49.964 mm

ومن جدول التفاوت الخاص بالثقوب، نجد أن قيمتي التفاوت للثقب هما 25+ ، 0 أي أن قيمتي التفاوت تساويان (0.000m ، +0.025mm).

وبهذا يكون الحد الأعلى للقياس = 50.000+0.025 = 50.025 mm

ويكون الحد الأدنى للقياس = 50.000+0.000 = 50.000 mm

وبملاحظة أن الحد الأعلى لقياس العمود أصغر من الحد الأدنى لقياس الثقب يكون التوافق خلوصيًّا.



الشكل (27)

تمرين (5)

مستعينًا بالرسم، حدد نوع التوافق للثقب والعمود الذي يحمل رمز الازدواج (J8-j6ϕ10).

الإثراء والتوسع

ابحث في وسائل البحث المتوافرة في مدرستك عن السبب في عدم استخدام الحروف (I,L,O,Q,W) رموزًا لتفاوت الثقوب، والحروف: (i,l,o,q,w) رموزًا لتفاوت الأعمدة.

الجدول (3): بعض رموز تفاوت الأعمدة ودرجاته.

القياس الاسمي للعمود (مم) Nominal Shaft Sizes (mm)

Over - فوق	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100
inc - يتضمن	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120

(مايكروميتر) Micrometers

a12	-270 -390	-280 -430	-290 -470	-300 -510	-310 -560	-320 -570	-340 -640	-360 -660	-380 -730	-410 -760
d6	-30 -38	-40 -49	-50 -61	-65 -78	-80 -96		-100 -119		-120 -142	
e6	-20 -28	-25 -34	-32 -43	-40 -53	-50 -66		-60 -79		-72 -94	
e13	-20 -200	-25 -245	-32 -302	-40 -370	-50 -440		-60 -520		-72 -612	
f5	-10 -15	-13 -19	-16 -24	-20 -29	-25 -36		-30 -43		-36 -51	
f6	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41		-30 -49		-36 -58	
f7	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50		-30 -60		-36 -71	
g5	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20		-10 -23		-12 -27	
g6	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25		-10 -29		-12 -34	
g7	-4 -16	-5 -20	-6 -24	-7 -28	-9 -34		-10 -40		-12 -47	
h4	-0 -4	-0 -4	-0 -5	-0 -6	-0 -7		-0 -8		-0 -10	
h5	-0 -5	-0 -6	-0 -8	-0 -9	-0 -11		-0 -13		-0 -15	
h6	-0 -8	-0 -9	-0 -11	-0 -13	-0 -16		-0 -19		-0 -22	

القياس الاسمي للعمود (مم) Nominal Shaft Sizes (mm)

Over - فوق	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100
inc - يتضمن	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120

Micrometers (مايكروميتر)

h7	-0 -12	-0 -15	-0 -18	-0 -21	-0 -25	-0 -30	-0 -35
h8	-0 -18	-0 -22	-0 -27	-0 -33	-0 -39	-0 -46	-0 -54
h9	-0 -30	-0 -36	-0 -43	-0 -52	-0 -62	-0 -74	-0 -87
h10	-0 -48	-0 -58	-0 -70	-0 -84	-0 -100	-0 -120	-0 -140
h11	-0 -75	-0 -90	-0 -110	-0 -130	-0 -160	-0 -190	-0 -220
h12	-0 -120	-0 -150	-0 -180	-0 -210	-0 -250	-0 -300	-0 -350
j5	+3 -2	+4 -2	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+6 -7	+6 -9
j6	+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9
j7	+8 -4	+10 -5	+12 -6	+13 -8	+15 -10	+18 -12	+20 -15

*(ملحوظة: الجدول للتطبيق وليس للحفظ)

الجدول (4): بعض رموز تفاوت الثقوب ودرجاته.

القياس الاسمي للثقب (مم) Nominal Holes Sizes (mm)

Over - فوق	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100
inc - يتضمن	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120

Micrometers (مايكروميتر)

E11	+95 +20	+115 +25	+142 +32	+170 +40	+210 +50	+250 +60	+292 +72
E12	+140 +20	+175 +25	+212 +32	+250 +40	+300 +50	+360 +60	+422 +72
E13	+200 +20	+245 +25	+302 +32	+370 +40	+440 +50	+520 +60	+612 +72
F6	+18 +10	+22 +13	+27 +16	+33 +20	+41 +25	+49 +30	+58 +36
F7	+22 +10	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+71 +36
F8	+28 +10	+35 +13	+43 +16	+53 +20	+64 +25	+76 +30	+90 +36
G6	+12 +4	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+29 +10	+34 +12
G7	+16 +4	+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10	+47 +12
G8	+22 +4	+27 +5	+33 +6	+40 +7	+48 +9	+56 +10	+66 +12
H6	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0
H7	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0
H8	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0
H9	+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0	+87 0
H10	+48 0	+58 0	+70 0	+84 0	+100 0	+120 0	+140 0
H11	+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0

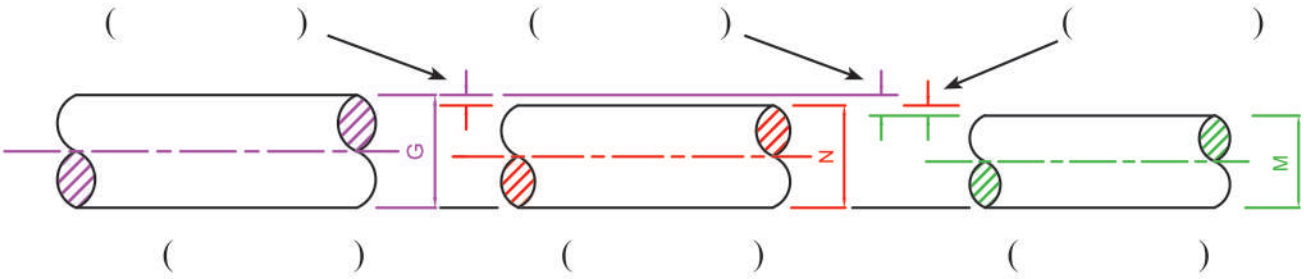
القياس الاسمي للثقب (مم) Nominal Holes Sizes (mm)

Over - فوق	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100
inc - يتضمن	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120
J6	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+8 -5	+10 -6		+13 -6		+16 -6	
J7	+6 -6	+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11		+18 -12		+22 -13	
J8	+10 -8	+12 -10	+15 -12	+20 -13	+24 -15		+28 -18		+34 -20	
K6	+2 -6	+2 -6	+2 -9	+2 -11	+3 -13		+4 -15		+4 -18	
K7	+3 -9	+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18		+9 -21		+10 -25	

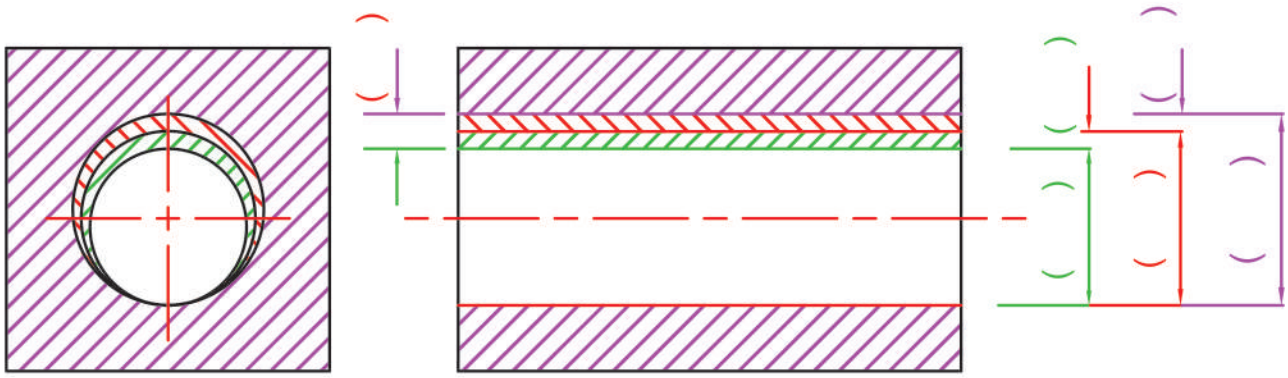
Micrometers (مايكرومتر)

*(ملحوظة: الجدول للتطبيق وليس للحفظ)

1 – املأ الفراغات بين الأقواس الظاهرة في الشكل الآتي الذي يمثل رسمًا لمصطلحات التفاوت لأحد الأعمدة:



2 – يمثل الشكل الآتي رسمًا لمصطلحات التفاوت لأحد الثقوب، املأ الأقواس بالأحرف الذي يمثل اسم المصطلح المناسب:



أ) القياس الاسمي. ب) التفاوت المسموح. جـ) الحد الأدنى للقياس.

د) الحد الأعلى للقياس. هـ) الانحراف العلوي. و) الانحراف السفلي.

3 – مستعينًا بالرسم، صنف أنواع التوافق للأعمدة المبينة في الجدول أدناه، لثقب قياس حده الأعلى 40.009mm، وقياس حده الأدنى 39.990mm.

الرقم	مقاس الحد الأعلى (mm)	مقاس الحد الأدنى (mm)
1	40.006	39.990
2	39.982	39.970
3	40.018	40.011

4 - ارسم شكلًا يمثل تفاوت أحد الثقوب إذا علمت أن قياسه الاسمي = 18mm، والحد الأعلى للقياس = 18.012mm، وأن الانحراف السفلي = -0.011mm.

5 - ارسم شكلًا يمثل تفاوت أحد الأعمدة إذا علمت أن قياسه الاسمي = 32mm، والحد الأعلى للقياس = 31.998mm، وأن قيمة التفاوت المسموح به = 0.011mm.

6 - باستخدام جداول التفاوت، جد قيمة التفاوت المسموح للعمود f7ϕ65، وارسم شكلًا يبين القياس الاسمي وحديه الأعلى والأدنى.

7 - باستخدام جداول التفاوت، جد قيمة التفاوت المسموح للثقب E11ϕ50، وارسم شكلًا يبين القياس الاسمي وحديه الأعلى والأدنى.

8 - مستعينًا بالرسم، حدد نوع التوافق للثقب والعمود الذي يحمل رمز الازدواج (H7 - f5ϕ10).

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أعرف مفهوم التفاوت والتوافق			
2	أميز بين التوافق بنظام أساس العمود ونظام أساس الثقب			
3	أعرّف أنواع التوافق المختلفة			
4	أرسم أشكالًا تمثل أنواع التوافق المختلفة			
5	أستخدم الجداول لإيجاد قيم التفاوت			

ثالثًا: وسائل نقل الحركة والقدرة

(Transmissions and Power)

النتاجات

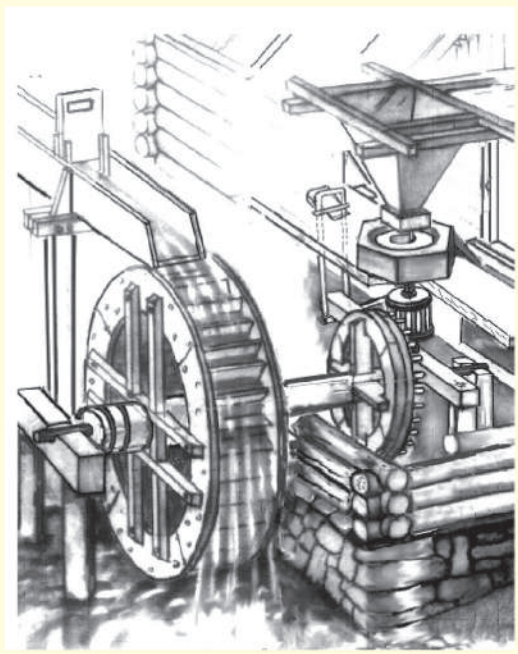
يتوقع من الطالب بعد الانتهاء من هذا الدرس أن:

- يتعرف وسائل نقل الحركة الآتية: التروس، والحدبات، والثقوب والأعمدة، والقارنات، والسيور والطارات، والسلاسل.
- يقرأ الرموز والمصطلحات الفنية المتعلقة بوسائل نقل الحركة، ويرسمها.

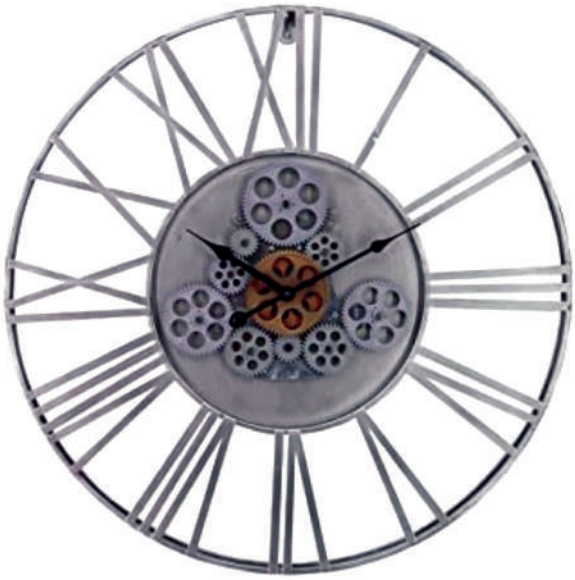
انظر وتساءل

يظهر في الشكل أدناه رسم يمثل طاحونة قديمة تعمل بالماء. لاحظ تتابع الحركة بين أجزائها.

- أي من الأجزاء المتحركة يعد قائدًا؟ وأيها يعد مُقودًا؟
- لماذا لم تُركَّب الطاحونة مباشرة على الدولاب الذي يحركه الماء لتوفير صناعة الأجزاء الوسيطة لنقل الحركة؟



استكشف



تعمل الساعات الميكانيكية بدقة متناهية؛ إذ يدور عقرب الثواني دورة كاملة ليدور عقرب الدقائق دقيقة واحدة، ويدور عقرب الدقائق دورة كاملة ليدور عقرب الساعات ساعة واحدة. فكيف يتم ذلك؟

اقرأ وتعلّم

الشكل (28)

ربما خطر ببالك ذات يوم كيف يستطيع العامل رفع جسم كتلته 2000Kg برافعة (البلانكو). ولماذا تُحرّك السلسلة مسافة قد تصل إلى 1m مقابل أن يرتفع الجسم 1cm فما مكوِّناتها من الداخل التي تحقق لنا العمل المطلوب؟

وربما خطر ببالك أيضًا لماذا لا تُركَّب أجهزة توليد القدرة مباشرة على الجزء النهائي المطلوب تحريكه من دون أية وصلات وسيطة.

وللإجابة عن هذه الأسئلة وجب علينا معرفة الأماكن والأسباب التي تُركَّب فيها وسائل نقل القدرة والحركة، وهي في مجملها كما يأتي:

1 – عدم التطابق في الشكل بين عمود مخرج الحركة من مصدر القدرة ومدخل الحركة للجزء المراد تحريكه، أو بعده عنه.

2 – عدم تطابق محور مخرج الحركة من مصدر القدرة مع محور مدخل الحركة للجزء المراد تحريكه.

3 – زيادة السرعة وتقليل العزم.

4 – تقليل السرعة وزيادة العزم.

5 – نقل القدرة إلى أكثر من جزء في الوقت نفسه.

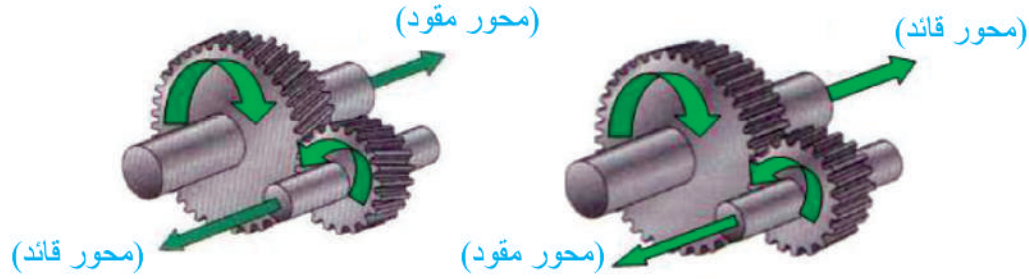
6 – تحويل الحركة من شكل إلى آخر.

وسائل نقل الحركة والقدرة

1 - التروس

تختلف التروس في أشكالها وأحجامها حسب الهدف المصممة من أجله، ومن أهم أنواعها:

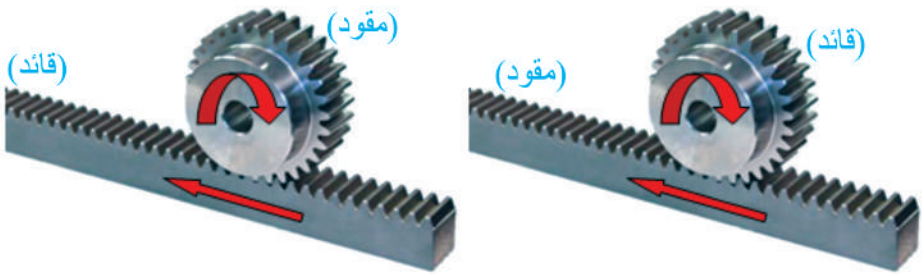
أ - **المسننات المستقيمة، والمستقيمة المائلة (Spur Gears)**، التي تُستخدم لنقل الحركة للأعمدة ذات المحاور المتوازية القريبة بعضها من بعض كما يظهر في الشكل (29).



(تقليل السرعة وزيادة العزم)　　(زيادة السرعة وتقليل العزم)

الشكل (29)

ب- **الجريدة المسننة والترس (Rack and Pinion)**، التي تُستخدم لتحويل الحركة الدورانية إلى خطية، أو الخطية إلى دورانية، كما يظهر في الشكل (30).



(تحويل الحركة الخطية إلى دورانية)　　(تحويل الحركة الدورانية إلى خطية)

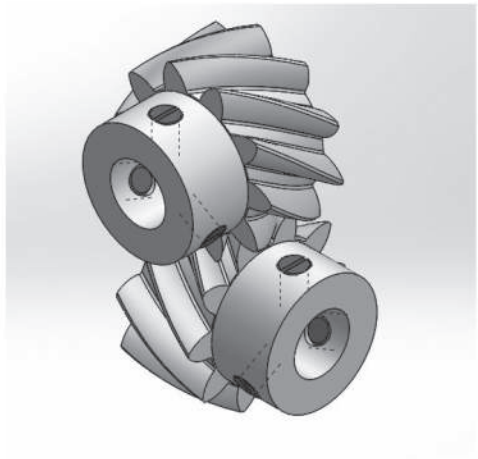
الشكل (30)

جـ - المسننات الداخلية (Internal Gears): التي تُستخدم لنقل الحركة بين الأعمدة ذات المحاور المتوازية التي لها اتجاه الدوران نفسه. انظر الشكل (31) .

أ- (زيادة السرعة وتقليل العزم)　　ب- (تقليل السرعة وزيادة العزم)

الشكل (31)

د - المسننات الحلزونية (Helical Gears): التي تُستخدم لنقل الحركة بين الأعمدة ذات المحاور المتعامدة غير المتقاطعة. انظر الشكل (32) .



الشكل (32)

(ملاحظة: بما أن المسننين لهما نفس عدد الأسنان فلا يحدث تغيير على السرعة والعزم)

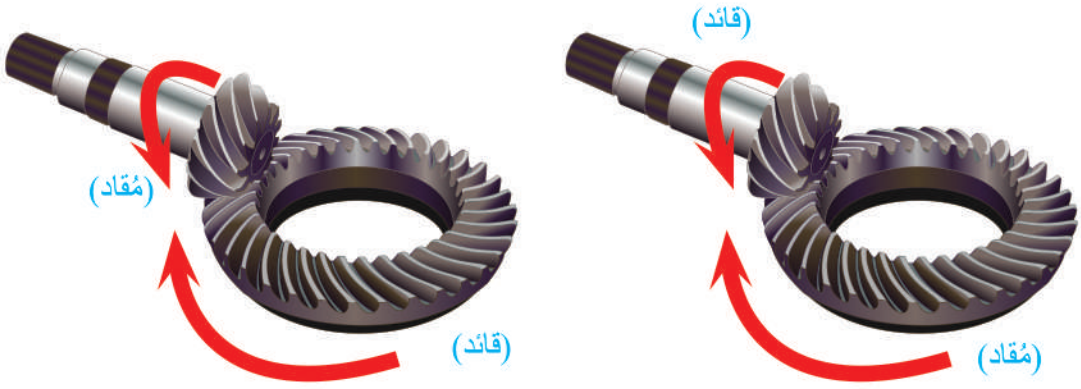
هـ - المسننات الدودية (Worm Gears): التي تُستخدم لنقل الحركة بين الأعمدة ذات المحاور المتعامدة غير المتقاطعة. انظر الشكل (33).

الشكل (33)

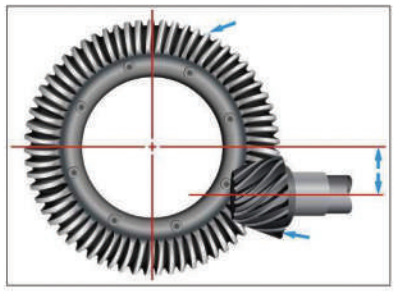
فكّر

أيٌّ من المسننين قائد؟ وأيهما المُقاد؟

و- المسننات المخروطية (Bevel Gears): التي تُستخدم لنقل الحركة بين الأعمدة ذات المحاور المتعامدة المتقاطعة، أو غير المتقاطعة مثل النقل النهائي الهيبودي. انظر الشكل (34).



أ - (تقليل السرعة وزيادة العزم) ب - (زيادة السرعة وتقليل العزم)

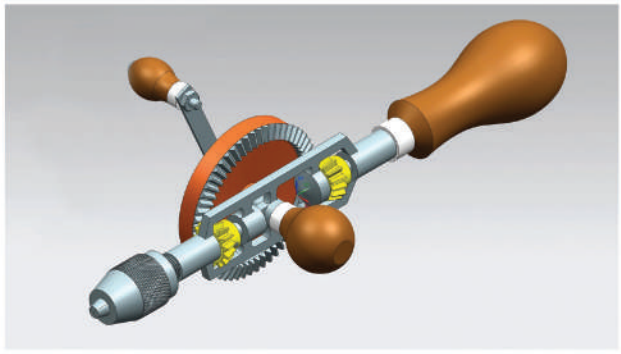


جـ – التعشيق الهيبودي

الشكل (34)

مثال (11)

ما الأداة الظاهرة في الشكل (35)؟ وما نوع المسننات المستخدمة فيها؟ وأي المسننات هو القائد؟ وأيها المقود؟ ولماذا؟



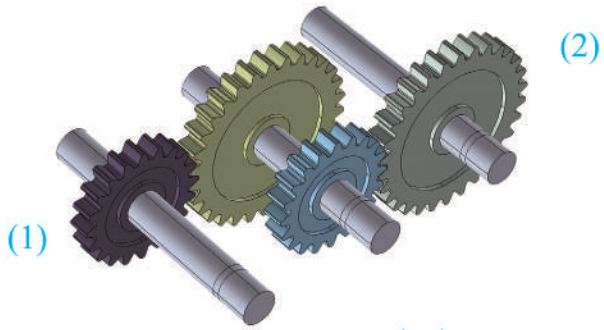
الشكل (35)

الحل

الأداة الظاهرة في الشكل مثقاب يدوي، والمسننات المستخدمة مخروطية، لأن محاور المسننات متعامدة، والمسنن الكبير هو القائد، والصغير مُقاد، وذلك لزيادة سرعة ريشة الثقب.

تمرين (6)

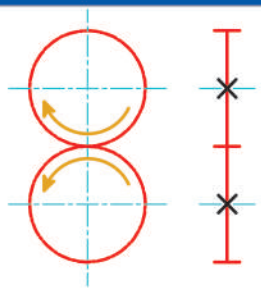
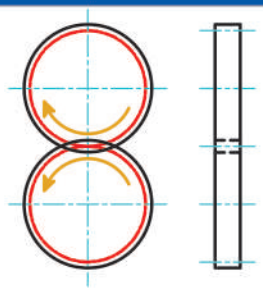
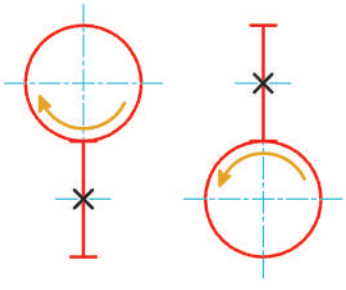
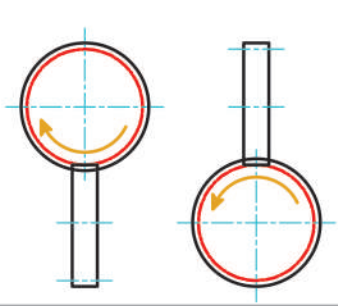
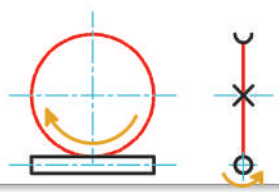
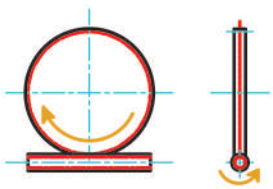
في الشكل (36) إذا كان اتجاه دوران المسنن (1) باتجاه عقارب الساعة، فما اتجاه المسنن (2)؟ وهل تمثّل الحركة الناتجة في المسنن (2) زيادة سرعة أم زيادة عزم؟

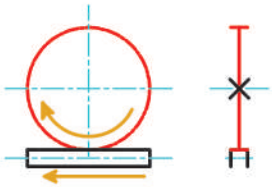
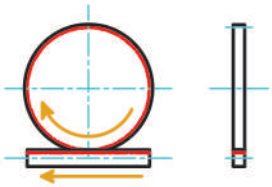
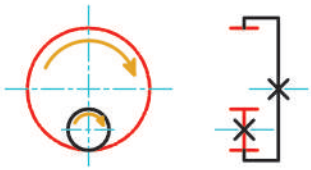
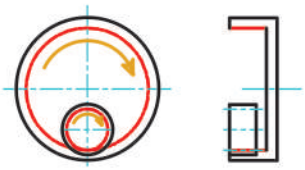
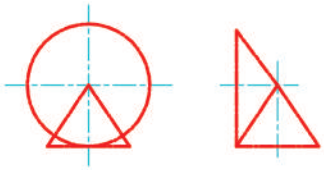
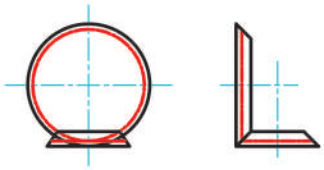


الشكل (36)

رسم التروس الرمزي والاصطلاحي: رسم التروس الرمزي والاصطلاحي هو رسم مبسط يلجأ إليه المهندسون توفيرًا للوقت، وتقليلًا للجهد المبذول خلال رسم التصميم، ويُظهر هذا النوع من الرسم نوع الترس، وموضعه، وكيفية ارتباطه بالعناصر الميكانيكية الأخرى. ويبين الجدول (5) الرسم الرمزي والاصطلاحي لعدد من التروس.

الجدول (5)

نوع الترس	الرسم الرمزي	الرسم الاصطلاحي
المسننات المستقيمة		
المسننات الحلزونية		
المسننات الدودية		

الجريدة المسننة والبنيون		
المسننات الداخلية		
المسننات المخروطية		

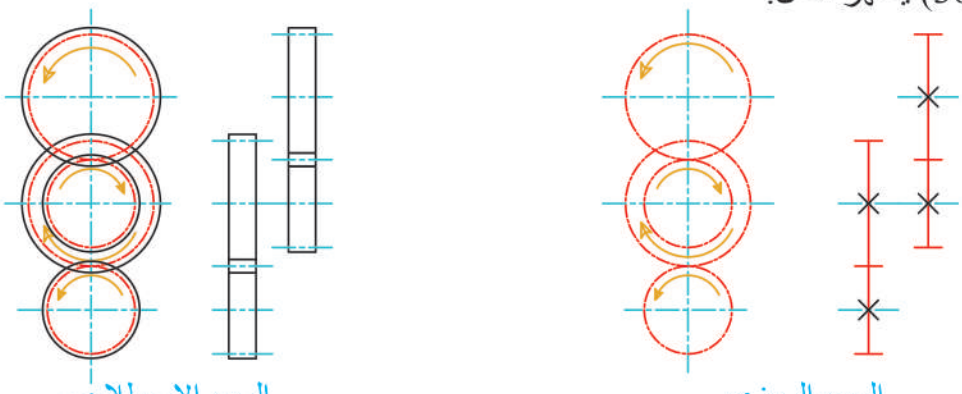
(ملاحظة: الرسم (X) على محور المسننات في الرسم الرمزي يعني أن المسنن مثبت على عمود محوره فلا يدور بالنسبة إلى العمود، ولا ينزلق عليه، فإذا دار العمود دار المسنن بالسرعة الزاويَّة نفسها، وإذا دار المسنن دار العمود بالسرعة الزاويَّة نفسها)

مثال (12)

ارسم الرسم الرمزي والرسم الاصطلاحي لمجموعة المسننات الآتية الظاهرة في الشكل (37):

الشكل (37)

الحل الشكل (38) يُظهر الحل.



الرسم الرمزي

الرسم الاصطلاحي

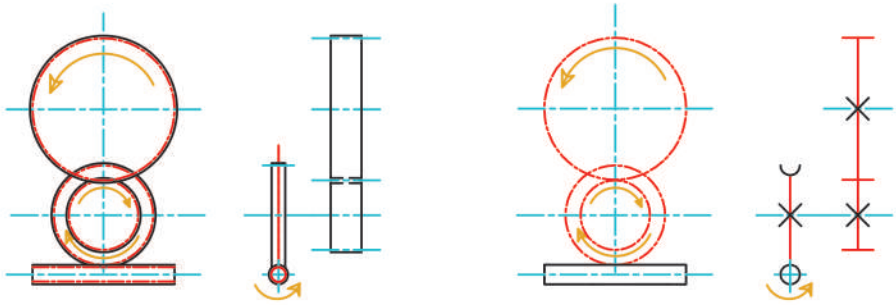
الشكل (38)

مثال (13)

ارسم رمزيًا واصطلاحيًّا مجموعة المسننات الآتية الظاهرة في الشكل (39) :

الشكل (39)

الحل في الشكل (40)



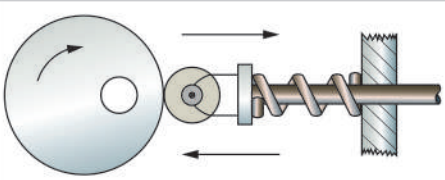
الرسم الرمزي　　الرسم الاصطلاحي

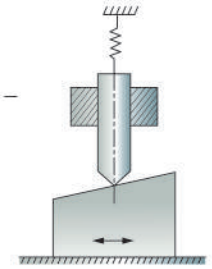
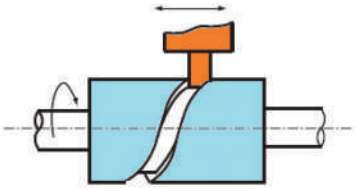
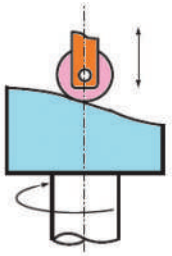
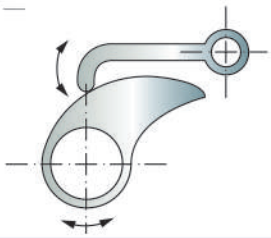
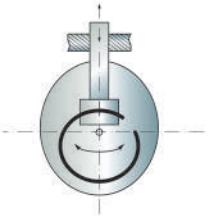
الشكل (40)

2 - الحدبات (الكامات) Cams

الحدبة هي جزء ميكانيكي يتحرك حركة دائرة أو ترددية لتشغيل جزء ميكانيكي آخر. وتستعمل كثيرًا في المركبات والآلات الصناعية المختلفة لفتح صمامات معينة أو إغلاقها أو إيصال التيار الكهربائي لجزء معين أو فصله عنه لتتزامن مع حركات لِقطَع ميكانيكية أخرى في الآلة. وفي الجدول (6) الآتي بعض أنواع الحدبات ونوع حركتها، وحركة التابع الخاصة بها في الرسم:

الجدول (6)

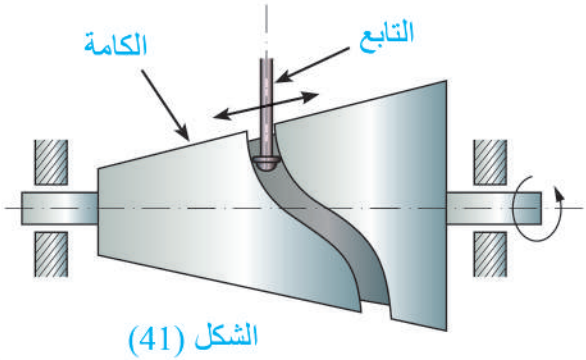
اسم الحدبة	شكل الحدبة	نوع حركة الحدبة	نوع حركة التابع
الحدبة الشعاعية (Radial Cam)		دورانية	ترددية خطية
الحدبة اللامركزية (Non Centric Cam)		دورانية	ترددية خطية

الحدبة الوتدية (Wedge Cam)		ترددية خطية	ترددية خطية
الحدبة الأسطوانية (Cylindrical Cam)		دورانية	ترددية خطية
الحدبة الأسطوانية ذات الطرف (Cylindrical End Cam)		دورانية	ترددية خطية
الحدبة الناتئة (البندولية) (Non Centric Cam)		زاويَّة ترددية	زاويَّة ترددية
الحدبة ذات الوجه (Face Cam)		زاويَّة ترددية	ترددية خطية

ومن الجدير بالذكر أنَّ الذي يحدد طبيعة حركة التابع هو طبيعة الدليل؛ فإذا كان الدليل مجرًى مستقيمًا كانت حركة التابع خطية، وإذا كان الدليل نقطة مركزية مثبتًا عليها الدليل كانت حركة التابع زاويَّة، وهكذا. إذن، لا بد لنا من تخيل حركة التابع بناء على شكل الدليل وشكل الحدبة نفسها.

مثال (14)

كيف تكون حركة التابع الظاهر في الشكل (41) بناءً على شكل الحدبة المصنعة لأغراض خاصة؟



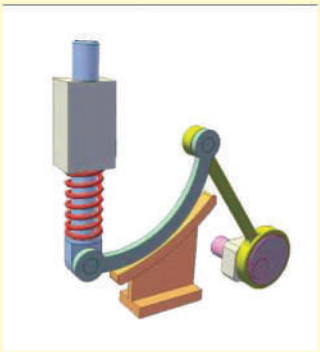
الشكل (41)

الحل

بما أنَّ شكل الحدبة مخروطي، ويتغير بُعد التابع عن المركز مع الحركة (أي يتغير الارتفاع)، ويتغير الموقع الأفقي له أيضًا، فستكون حركة التابع خطية ترددية موازية لحد المخروط من الأعلى.

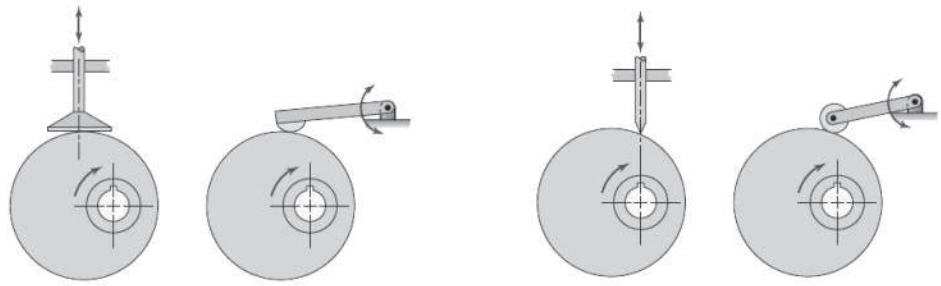
فكِّر

ما نوع حركة كل جزء من أجزاء المنظومة الظاهرة في الشكل (42) إذا علمت أن حركة الحدبة اللامركزية حركة دورانية؟



الشكل (42)

للتوابع أنواع عديدة، ومن أكثرها استخدامًا: التابع المدبَّب، والتابع الدحروجي، والتابع المسطَّح، والتابع الكروي. انظر الشكل (43).



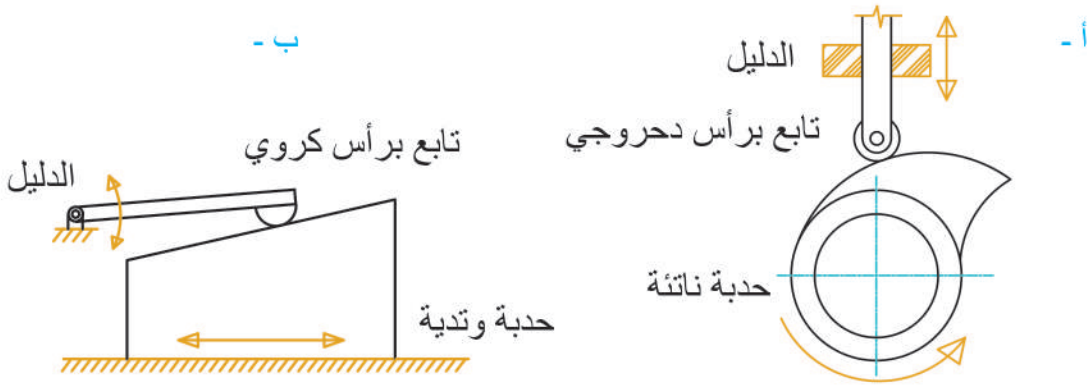
الشكل (43)

مثال (15) ارسم كلًّا مما يأتي:

1 - حدبة ناتئة (بندولية) تتحرك حركة دائرية، وتابعًا برأس دحروجي ذا حركة ترددية خطية عمودية.

2 - حدبة وتدية ذات حركة ترددية خطية، وتابعًا برأس كروي ذا حركة ترددية زاويَّة.

الحل



الشكل (44)

تمرين (7)

ارسم كلًّا مما يأتي:

1 - حدبةً ذات وجه تتحرك حركة دائرية، وتابعًا برأس دحروجي ذا حركة ترددية خطية أفقية.

2 - حدبةً شعاعية ذات حركة دائرية، وتابعًا برأس مدبب ذا حركة ترددية خطية عمودية.

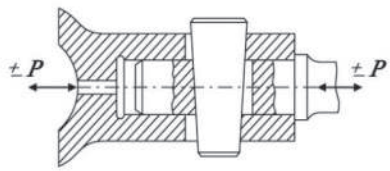
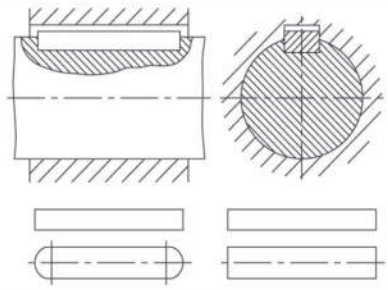
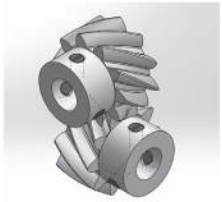
3 - الثقوب والأعمدة

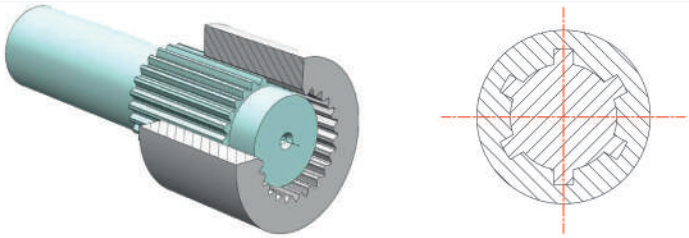
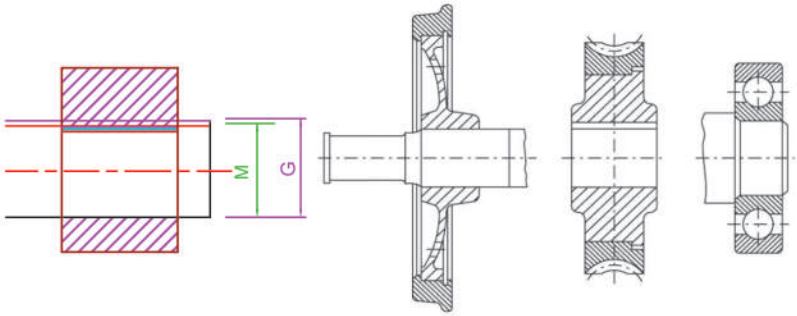
لا تكاد تخلو وسيلة من وسائل نقل الحركة من وجود عمود وثقب على الأقل لربط الأجزاء المتحركة بعضها ببعض؛ فالمسنن لا بد له من وجود عمود محور يأخذ الحركة منه، أو يعطيه إياها (إن لم يكن مسننًا وسيطاً فقط)، وكذلك الطارات وغيرها من وسائل نقل الحركة.

تختلف طريقة ربط الثقوب بالأعمدة؛ فمنها ما هو دائم، مثل الربط باللحام، ومنها ما هو غير دائم، مثل الربط بالبراغي والخوابير والأسافين، ومنها ما لا يُستخدم فيه أية وسيلة ربط مساعدة، وإنما يكون الربط اعتمادًا على شكل عمود المحور والثقب (كالمحاور المخددة)، أو يعتمد على نوع التوافق بين الثقب والعمود الذي يكون تداخليًّا (أي أن الحد الأدنى لمقاس العمود أكبر من الحد الأعلى لمقاس الثقب) كما تعلمنا سابقًا. ويكون التركيب هنا بتسخين الثقب، أو تبريد العمود، أو استخدام المكابس الهيدرولية.

والجدول (7) الآتي يبين بعضًا من أنواع الربط بين الثقوب والأعمدة:

الجدول (7)

نوع الربط	صورة توضيحية
الربط بالأسافين	
الربط بالخوابير	
الربط بالبراغي	

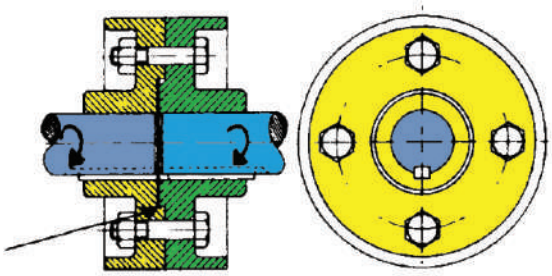
نوع الربط	صورة توضيحية
الأعمدة المخددة	
التوافق التداخلي	

4 - القارنات (Couplings)

تُستخدم القارنات لنقل العزوم بين الأعمدة، وتُقسم إلى نوعين رئيسين هما:

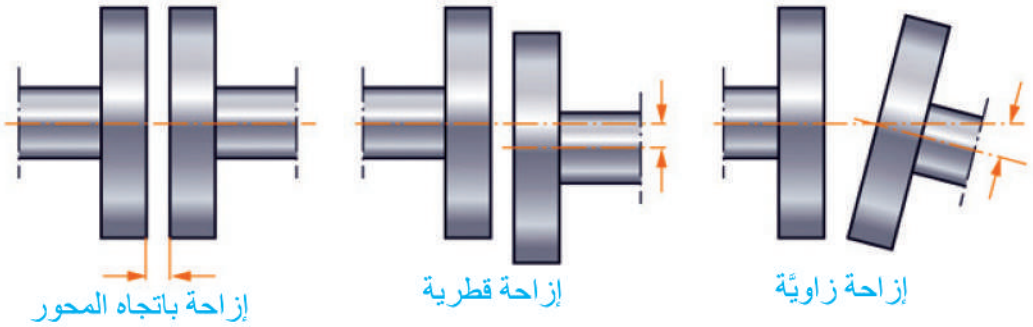
أ ـ **القارنات الجاسئة (Rigid Couplings):** التي تُستخدم في الحالات التي يكون فيها نهايتا العمودين متقابلتين تمامًا؛ أي على استقامة واحدة. ويبين الجدول (8) بعضًا من القارنات الجاسئة.

الجدول (8)

نوع القارنة	صورة توضيحية
القارنة الجاسئة القرصية (Rigid Flange Coupling): تتكون من قرصين مثبت أحدهما بالآخر بالبراغي بعد تثبيت كل منهما بأحد الأعمدة بخابور.	
قارنة الجلبة الجاسئة (Muff Coupling): وهي أسطوانة قطرها الداخلي يساوي قطر الأعمدة، وتُثبت داخلها الأعمدة بواسطة الخوابير لنقل الحركة، وتُشد بالبراغي منعًا من الانزلاق.	

نوع القارنة	صورة توضيحية
قارنة الكم الجاسنة (Sleeve Coupling): تتكون من قطعتين تُثبَّت إحداهما بالأخرى بالبراغي على أطراف الأعمدة.	

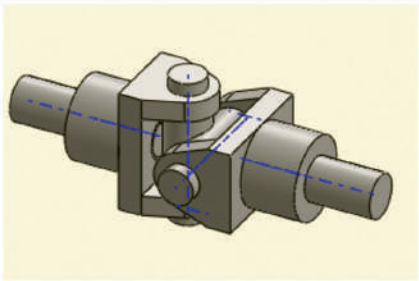
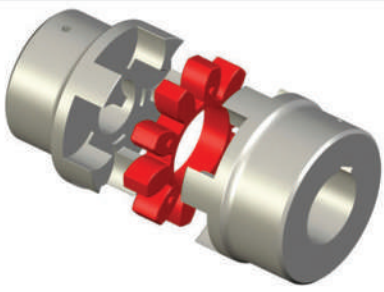
ب- القارنات المرنة (Flexible Couplings): التي تُستخدم في الحالات التي يتغير فيها محور العمود القائد عن محور العمود المُقاد خلال الحركة. كما يظهر في الشكل (45).

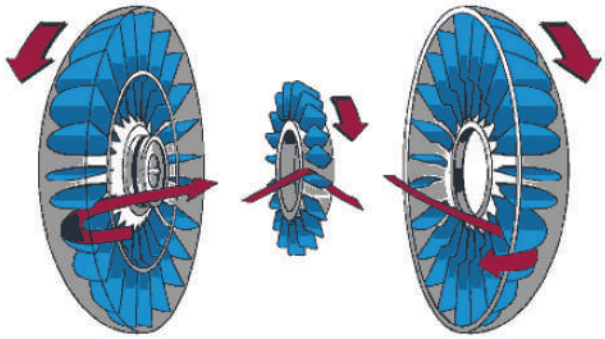
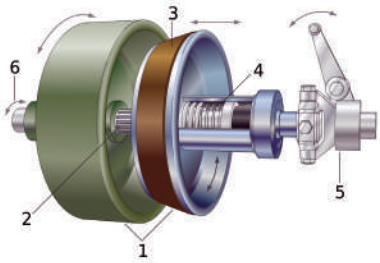
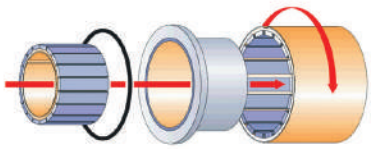
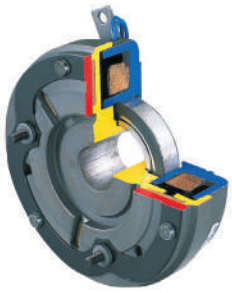


الشكل (45)

وكذلك يبين الجدول (9) بعضًا من هذه القارنات.

الجدول (9)

نوع القارنة	صورة توضيحية
القارنة العامة (Universal Coupling): تتكون من شوكتين بينهما عمود مصلب يسمح بنقل الحركة بين العمودين ضمن زاوية معينة.	
قارنة النجمة المطاطية (Jaw Coupling): تسمح النجمة المطاطية بنقل الحركة بين العمودين ضمن زاوية محدودة.	

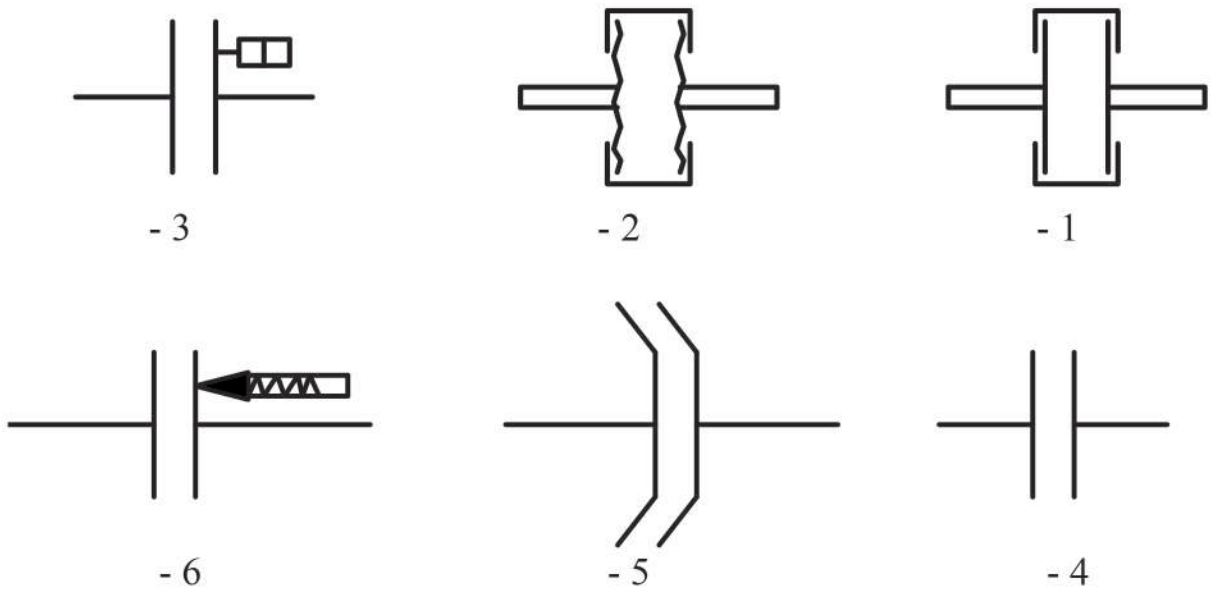
نوع القارنة	صورة توضيحية
القارنة ذات القرص المطاطي الوسيط (Rubber Coupling): يسمح القرص بنقل الحركة بين العمودين مع اختلاف في زاوية المحور قد تصل إلى 10 درجات في بعض الأحيان.	
القارنة الهيدرولية (Hydrolic Coupling): في هذه القارنة تحتوي نهاية العمود القائد على قرص له زعانف يُسمى المضخة، ويسبب حركة الزيت باتجاه قرص آخر له زعانف يُسمى العنفة مثبت بنهاية العمود المُقاد، فتتحرك العنفة ناقلة الحركة للعمود المُقاد.	
القارنة الاحتكاكية (Frictional Coupling): تتكون من فلنجتين بينهما قرص احتكاكي، بحيث تنتقل الحركة من خلال احتكاك السطوح المتلامسة.	
القارنة الالكترومغناطيسية (Electromagnetic Coupling) عند مرور التيار الكهربائي في الملفات الكهربائية يتولد مجال مغناطيسي يسبب تجاذب القطع التي في نهايتي العمودين مما يؤدي إلى نقل الحركة بينهما.	 

مثال (16)

ارسم الرمز الخاص بكل قارنة من القارنات الآتية:

1 - قارنة جاسئة.
2 - قارنة مرنة.
3 - القارنة الهيدرولية.
4 - القارنة الاحتكاكية.
5 - قارنة احتكاكية مخروطية.
6 - قارنة كهرومغناطيسية.

الحل

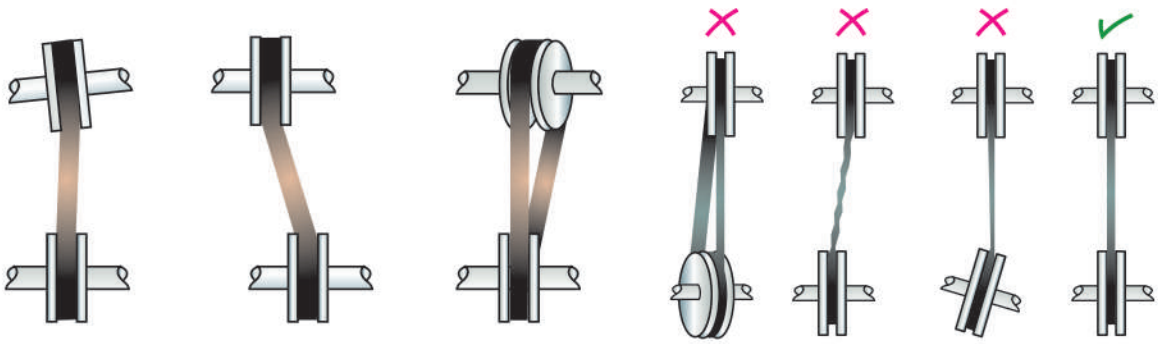


الشكل (46)

5 - السيور والطارات (Belts and Tires)

السيور حلقة مصنعة من مادة مرنة تُستخدم لربط اثنتين أو أكثر من الطارات (البكرات) الدائرية لنقل القدرة والحركة الدورانية بين أعمدتها.

تنقل السيور الحركة بين الأعمدة ذات المحاور المتوازية أو غير المتوازية كما يظهر في الشكل (47).



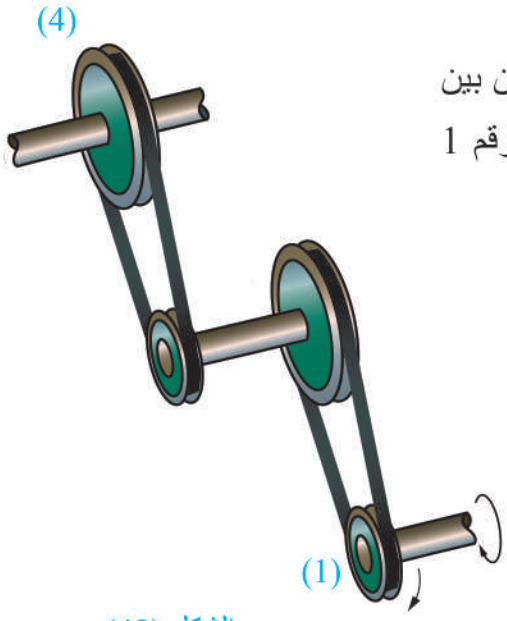
الشكل (47)

ولكن يكون التركيب الأفضل للسيور عندما تكون المحاور متوازية؛ لأن عمر السيور يكون أطول بسبب الشد والتآكل المتساوي على طرفي السيور.

وكما هو الحال في المسننات؛ فإن نقل القدرة من طارة بقطر أصغر إلى طارة بقطر أكبر يمنحنا سرعة أقل وعزمًا أكبر، ونقل القدرة من طارة بقطر أكبر إلى طارة بقطر أصغر يمنحنا سرعة أكبر وعزمًا أقل.

مثال (17)

حدد اتجاه دوران الطارة رقم 4 في الشكل (48)، وقارن بين سرعتها وسرعة الطارة رقم 1، إذا علمت أن الطارة رقم 1 على العمود القائد، واتجاه حركتها مع عقارب الساعة.

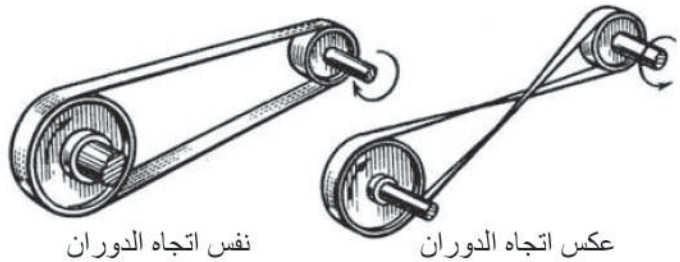


الشكل (48)

الحل

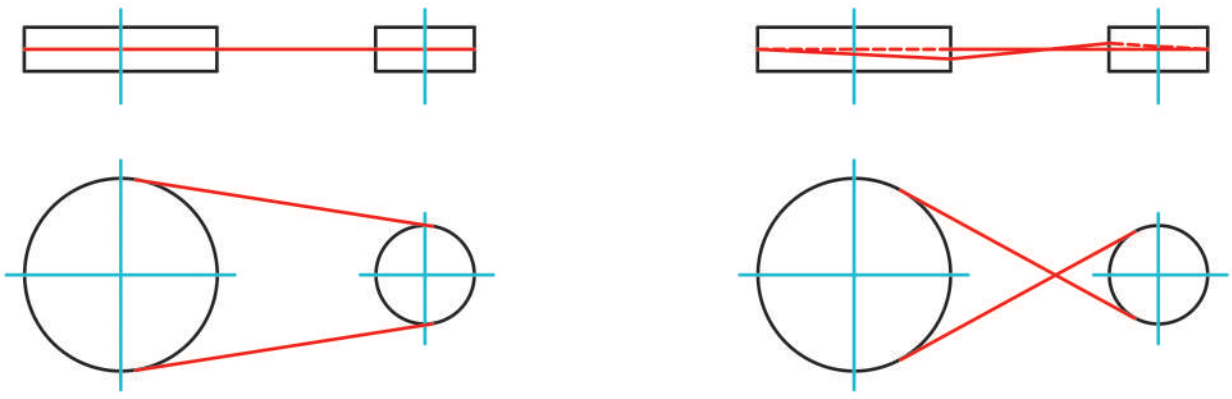
اتجاه دوران الطارة 4 مع عقارب الساعة، وسرعتها أقل من سرعة الطارة 1.

ولعكس اتجاه دوران الأعمدة تُربط السيور على الطارات ربطًا متصالبًا كما يظهر في الشكل (49).



الشكل (49)

ويُظهر الشكل (50) الرسم الرمزي للربط النظامي والربط المتصالب للسيور والطارات.

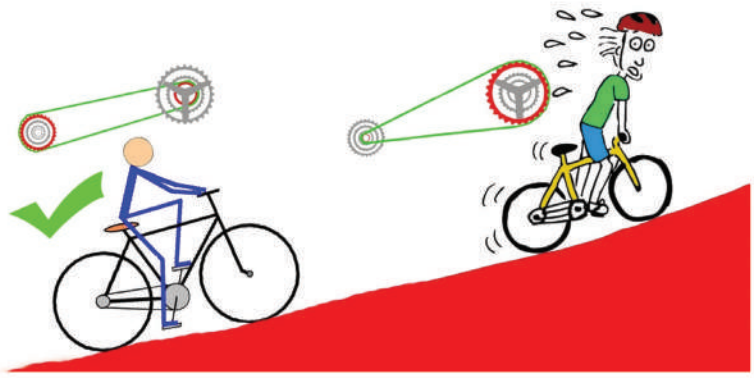


الربط النظامي الشكل (50) الربط المتصالب

6 - السلاسل والأقراص المسننة (Chains and Toothed Disks)

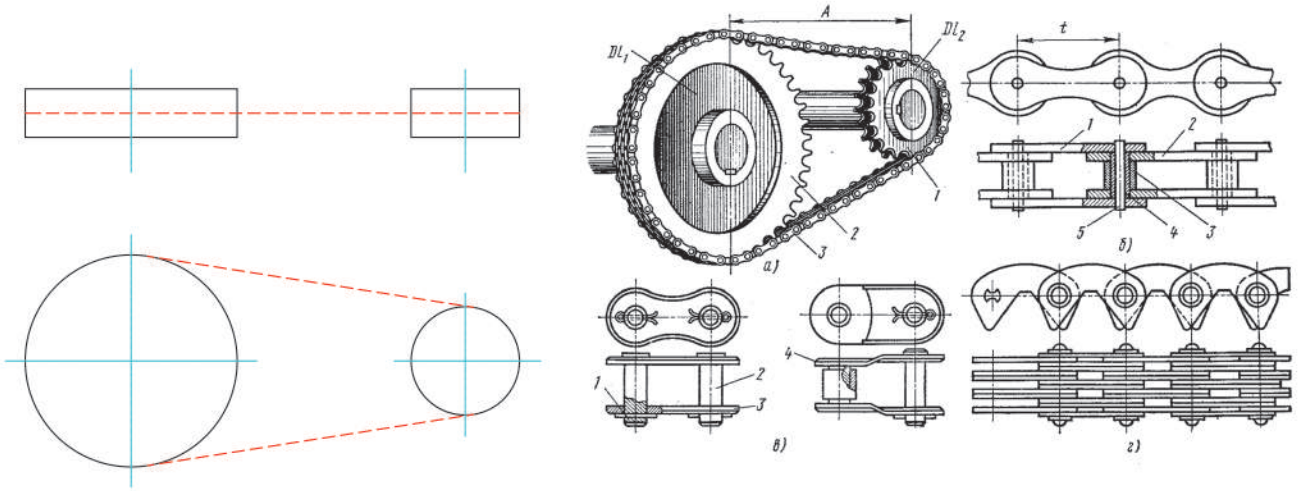
فكّر

تأمل الشكل (51)، ثم ناقش زملاءك في سبب التعب الزائد الظاهر على سائق الدراجة الأمامي بالنسبة إلى سائق الدراجة الخلفي.



الشكل (51)

تنقل السلاسل الحركة الدورانية بين الأقراص المسننة ذات المحاور المتوازية، وكما هو الحال في المسننات والسيور والطارات؛ فإننا نستطيع الحصول على عزوم وسرعات مختلفة باختلاف أقطار الأقراص المسننة القائدة والأقراص المسننة المُقادة. ويمكن أيضًا من خلال السلاسل نقل الحركة إلى أكثر من قرص مسنن في آن واحد. ويظهر في الشكل (52) بعض أشكال السلاسل والرسم الرمزي للسلاسل والأقراص المسننة.



بعض أنواع السلاسل

الرسم الرمزي للسلاسل والأقراص المسننة

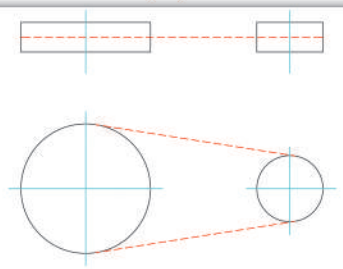
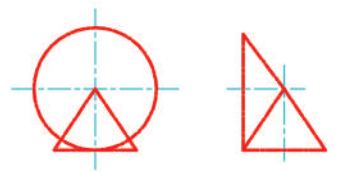
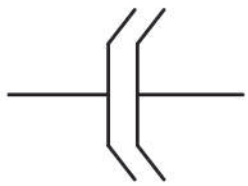
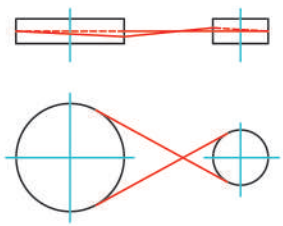
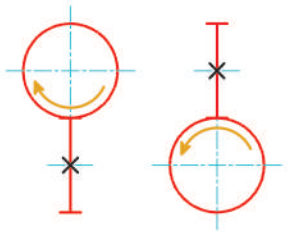
الشكل (52)

الإثراء والتوسع

- ابحث في وسائل البحث المتوافرة في مدرستك عن نقل القدرة بين الأعمدة ذات المحاور المتعامدة بواسطة السيور والطارات.
- ابحث في وسائل البحث المتوافرة في مدرستك عن آلية عمل مضخة الزيت الترسية.

القياس والتقويم

1 - صل بخط بين وسيلة نقل الحركة في المجموعة (أ)، والرسم الرمزي الذي يناسبها من المجموعة (ب).

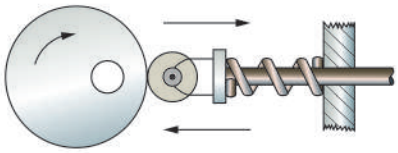
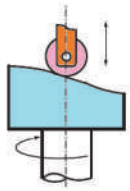
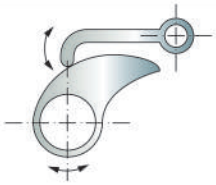
(أ)	(ب)
قارنة احتكاكية مخروطية	
السلاسل والأقراص المسننة	
المسننات الحلزونية	
مسننات مخروطية	
السيور والطارات	

2 - ارسم شكل الرسم الرمزي والرمز الاصطلاحي لكل مما يأتي:

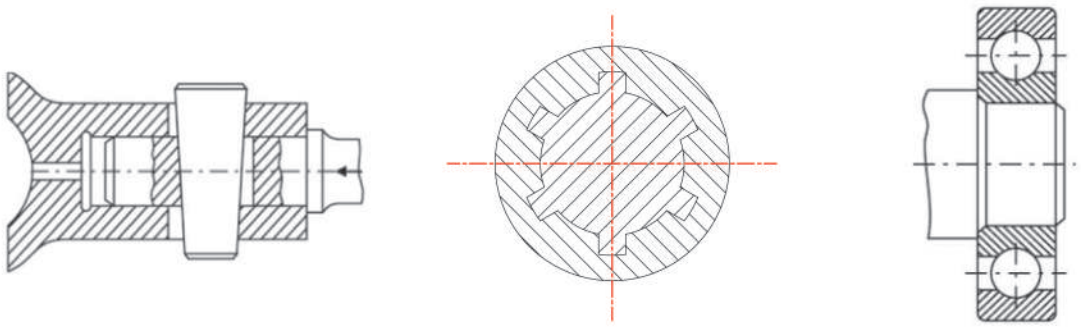
أ - المسننات المستقيمة. ب - المسننات الدودية.

ج- المسننات الداخلية. د - الجريدة المسننة والبنيون.

3 - املأ الفراغات في الجدول الآتي بما يناسبها:

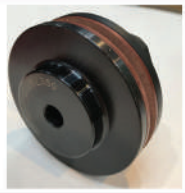
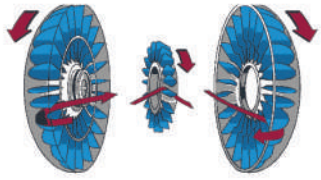
اسم الحدبة	شكل الحدبة	نوع حركة الحدبة	نوع حركة التابع
الحدبة الشعاعية (Radial Cam)			
			ترددية خطية
الحدبة الوتدية (Wedge Cam)		ترددية خطية أفقية	ترددية خطية
الحدبة الأسطوانية (Cylindrical Cam)		دورانية	ترددية خطية
الحدبة الأسطوانية ذات الطرف (Cylindrical End Cam)			
		زاويَّة ترددية	ترددية خطية

4 - ما نوع الربط بين الثقوب والأعمدة في الصور الظاهرة في الشكل الآتي:

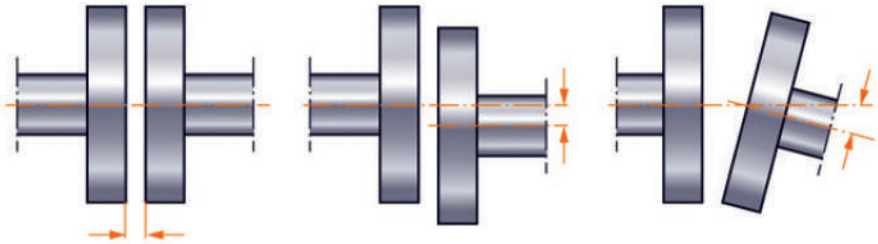


ا - ب - جـ -

5 - اذكر اسم القارنات الظاهرة في الجدول الآتي، وحدد إن كانت قارنة جاسئة أم مرنة، وارسم رمز كل منها:

صورة القارنة	اسم القارنة	النوع (جاسئة أم مرنة)	الرمز
			
			

6 - ما نوع الإزاحة في كل شكل من الأشكال الآتية؟

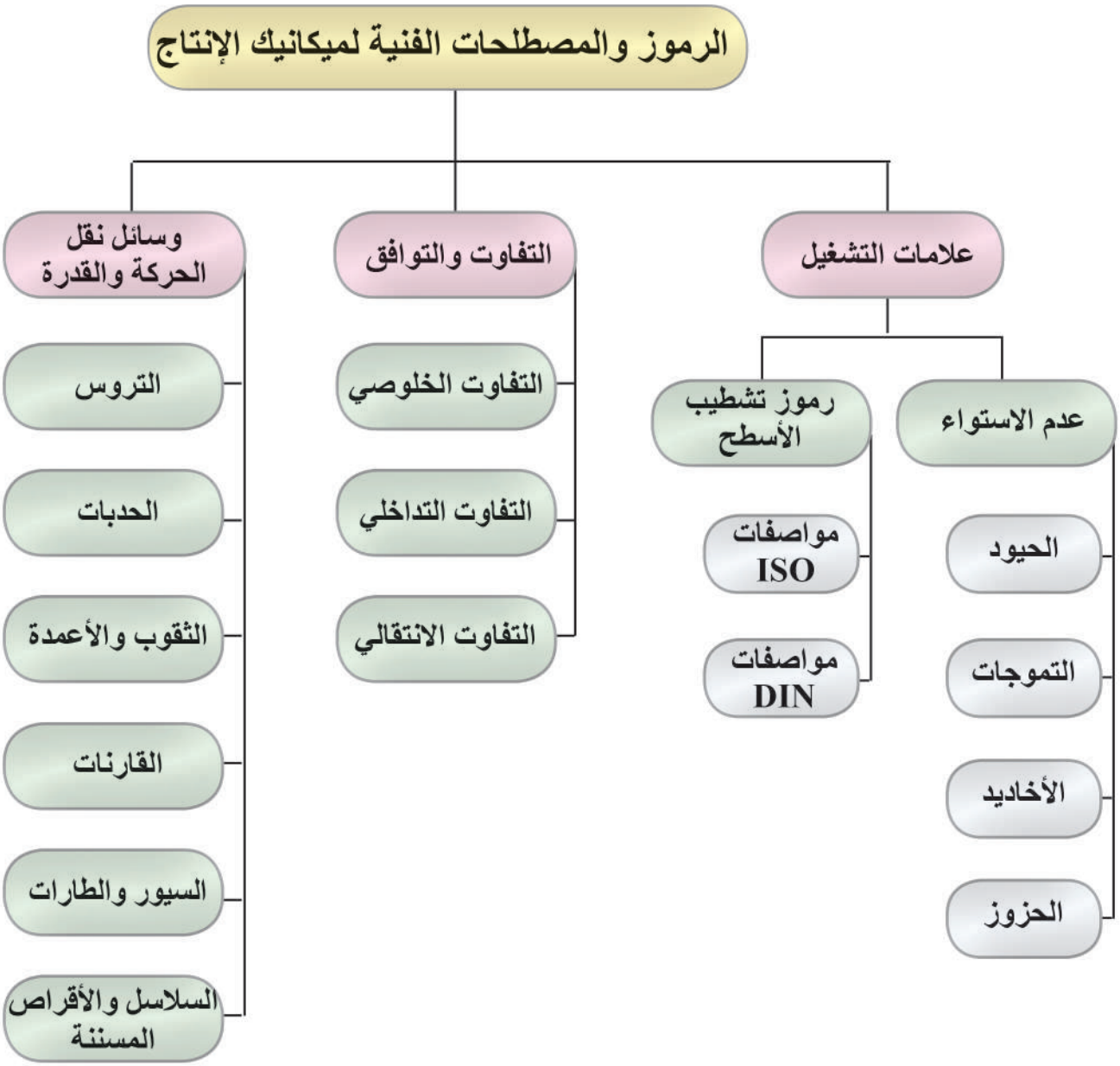


التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أعرف وسائل نقل الحركة الآتية: التروس، والحدبات، والثقوب والأعمدة، والقارنات، والسيور والطارات، والسلاسل.			
2	أقرأ الرموز والمصطلحات الفنية المتعلقة بوسائل نقل الحركة.			
3	أرسم الرموز والمصطلحات الفنية المتعلقة بوسائل نقل الحركة.			

الخريطة المفاهيمية



مسرد المصطلحات

المصطلح بالعربية	المصطلح المقابل بالانجليزية
قطع محاذاة	Aligned section
عمود استناد دعم	Bar
سير (قشاط)	Belt
ترس مخروطي	Bevel gear
البراغي	Bolts
خط الكسر	Breaking line
الحدبة	Cam
حديد الزهر	Cast iron
خط المركز(المحور)	Center line
خلوص	Clearance
توافق خلوصي	Clearance fit
قابض	Clutch
عمود	Column
القارنات	Couplings
خط مستوى القطع	Cutting line
مستوى القطع	Cutting plane
أسطوانة	Cylinder
الحدبة الأسطوانية	Cylindrical Cam
الحدبة الأسطوانية ذات الطرف	Cylindrical End Cam
عملية الثقب	Drilling
القارنة الإلكترومغناطيسية	Electromagnetic Coupling
الحدبة ذات الوجه	Face Cam
جلبة	flange

المصطلح بالعربية	المصطلح المقابل بالانجليزية
القارنات المرنة	Flexible Couplings
القارنة الاحتكاكية	Frictional Coupling
قطع أمامي كامل	full Front section
نصف قطع	half section
خطوط تهشير	Hatching lines
ترس حلزوني	Helical gear
خط مخفي	Hidden line
القارنة الهيدرولية	Hydraulic Coupling
رسم اصطلاحي	idiomatic drawing
توافق تداخلي	Interference fit
المسننات الداخلية	Internal Gears
قارنة النجمة المطاطية	Jaw Coupling
المقاس الاسمي	Nominal size
الحدبة اللامركزية	Non Centric Cam
قطاع متنقل	offset section
قطاع جزئي	partial section
قطاع مُزال	Removed section
قطاع مُدار	Revolved section
القارنات الجاسئة	Rigid Couplings
النوابض	springs
ترس عدل	spur gear
فولاذ مقاوم للصدأ	stainless steel
حديد (صلب - فولاذ)	Steel
حامل	Support

المصطلح بالعربية	المصطلح المقابل بالانجليزية
رسم رمزي	symbolic drawing
التفاوت	Tolerance
توافق انتقالي	Transition fit
وسائل نقل الحركة و القدرة	Transmissions and Power
لامركزي	Un centric
القارنة العامة	Universal Coupling
ترس لولبي (دودي)	Warm gear
الحدبة الوتدية	Wedge Cam

قائمة المراجع

1 - زعمط، محمود صالح (2006). **المرجع في الرسم الهندسي.** الأردن: دار الشروق.

2 - العشري، السعيد. يوسف، رشا (2021). **التقنية في الرسم الهندسي (الجزء الثاني).** الأسكندرية: جامعة الأسكندرية.

3- David A. Madsen, David P. Madsen (2012). **Engineering Drawing & Design**, USA: Delmar Cengage Learning,

4- Butterworth Heinemann (2009). **Manual Of Engineering Drawing, Britain**: Elsevier LTD, Oxford.

5- Dorling Kindersley (2007). **Engineering Drawing**, India: say print o-pace,

6- Cesel Jensen, Jay D. Helsel (2005). Engineering Drawing & Design, USA: McGraw-Hill.

تم بحمد الله تعالى

منهاجي
متعة التعليم الهادف