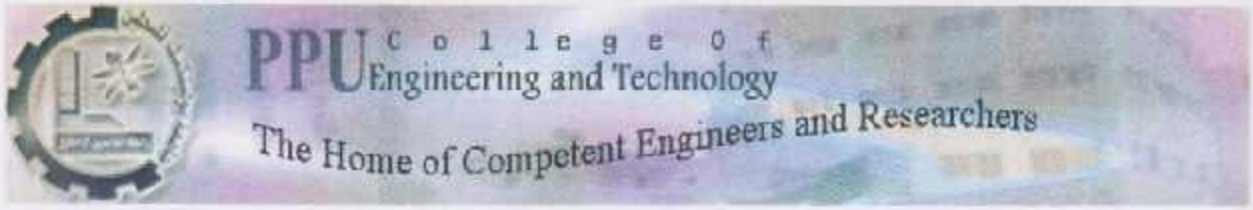


دائرة الهندسة الميكانيكية

درجة البكالوريوس في الهندسة الميكانيكية

مشروع التخرج

تصميم آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً

طالبا المشروع

عبداللطيف أسامة جوابرة

محمد جميل مصطفى

إشراف

د.يوسف السويطي

فلسطين – الخليل

2012-2011م

الفهرس

	الموضوع	رقم الصفحة
	صفحة الإهداء	ii
	صفحة الشكر والتقدير	iii
	الفهرس	iv
الفصل الأول	المقدمة	١
١.١	نظرة عامة على المشروع.	٢
١.٢	ملخص المشروع.	٨
١.٣	أهمية المشروع.	٩
١.٤	الجدول الزمني.	١٠
١.٥	محتويات الفصول.	١٢
الفصل الثاني	التصميم الميكانيكي.	١٣
٢.١	حسابات قوة الثني.	١٤
٢.٢	حساب قطر مكبس الضغط.	١٨
٢.٣	تصميم رأس المكبس.	٢٢
٢.٤	تصميم نقاط الارتكاز.	٢٣
٢.٥	تصميم دعامة راس المكبس.	٢٤
٢.٦	حسابات معامل أمان تحمل المعدن.	٢٤
٢.٧	معامل أمان"Buckling" لذراع المكبس	٢٥
٢.٨	عملية اللحام	٢٧
الفصل الثالث	التصميم الميكاترونيكي.	٣٠
٣.١	النظام الهيدروليكي.	٣١
٣.٢	الحسابات الهيدروليكية	٥٥
٣.٣	المتحكم المنطقي المبرمج.	٦٧
٣.٤	آلية وأداء الماكينة العامة.	٧١

الفصل الرابع	أبعاد وقياسات	٨٤
٤.١	طاولة الآلة.	٨٥
٤.٢	الوحدة الميكانيكية	٨٦
٤.٣	نظام التوجيه	٨٧
٤.٤	قسم الإدخال	٨٨
٤.٥	قسم الإخراج	٩٠
الفصل الخامس	هيدروليكية الآلة الكهربائية	٩١
٥.١	المتحكم المنطقي المبرمج	٩٢
٥.٢	صمامات التحكم المبرمج	٩٢
٥.٣	المحركات	٩٢
٥.٤	المفاتيح الكهربائية	٩٣
الفصل السادس	النموذج	٩٥
٦.١	مقدمة	٩٦
٦.٢	مكونات النموذج	٩٦
٦.٣	مبدأ العمل	٩٩
٦.٤	المخطط الكهربائي	١٠١
٦.٥	التحكم	١٠٢
الفصل السابع	النتائج والتوصيات	١٠٩
٧.١	النتائج	١١٠
٧.٢	التوصيات	١١١
	المصادر والمراجع	١١٢
	الملحقات	١١٣

الفصل الأول

المقدمة

١.١ نظرة عامة.

١.٢ ملخص المشروع.

١.٣ أهمية المشروع.

١.٤ الجداول الزمنية للمشروع.

١.٥ محتويات الفصول.

المقدمة

١.١ نظرة عامة :

من خلال نظرتنا إلى المباني المنشأة من حولنا نرى أن عملية بناءها تمر بمراحل عدة منها بناء الهيكل الأساسي للمنشأة المعمارية ، حيث يجب على المهندس المسؤول مراعاة قوة ومتانة هذا الهيكل الأساسي بحيث يكون قادر على حمل المنشأة المعمارية ، حيث تقع متانة هذا الهيكل بالدرجة الأولى على الخرسانة . وهي عبارة عن مادة تتكون من الاسمنت والرمل والماء ، وتعد الخرسانة من أهم مواد البناء في العصر الحديث خصوصا مع تدعيمها بالحديد لتصبح خرسانة مسلحة. والحديد عبارة عن معدن لامع فضي أبيض اللون تتراوح صلادته ما بين (٤) إلى (٥) بمقياس موس ، وهو معدن ناعم الملمس قابل للسحب والطرق ، ويتمغنط بسهولة في درجات الحرارة العادية ، بينما تصعب عملية المغنطة عندما يسخن الحديد، وعند درجة حرارة (790) درجة مئوية ، تختفي خاصية المغنطة. والحديد من العناصر المعدنية الانتقالية ، ويتصهر الحديد عند درجة حرارة (1535) مئوية، ويغلي عند درجة حرارة (2750) مئوية.

وإذا عدنا في عجلة الزمن إلى الوراء نجد أن الرومان هم أول من استعمل الخرسانة العادية في التاريخ من حوالي ألفي عام وقد استعملت في معظم مبانيهم لسهولة تشكيلها وإمكانية تنفيذها بعمالة مدربة تدريبا بسيطا.

الشكل(١.١):الخرسانة

والخرسانة شديدة المقاومة للضغط ولكنها في نفس الوقت ضعيفة جدا في مقاومتها للشد لذلك فالخرسانة العادية (غير المسلحة) لا تستخدم أبداً في الأماكن التي تحدث فيها إجهادات الشد .

وللتغلب على هذه المشكلة، يوضع الحديد وهو مقاوم ممتاز لقوى الشد وقوى الضغط ، في حين أن قضبان الحديد الطويلة يمكن أن تتحمل قوى الشد كلها فإن الخرسانة لا تتحمل قوى الضغط كلها خاصة إذا كانت قطاعاتها نحيفة فيحدث نتيجة لهذا انبعاج في الخرسانة.

لذلك، نجد أن مركبا خليطا من الخرسانة والحديد يعطى مادة مثالية لمقاومة الإجهادات المختلفة المؤثرة عليها ، وهذا المركب هو ما يعرف باسم الخرسانة المسلحة .

ولضمان توزيع الضغط والشد بالتساوي على الخرسانة المسلحة يتم ربط قضبان الحديد بعضها ببعض عن طريق مجموعة من قضبان الحديد يتم تشكيلها بشكل وأبعاد معينة تتناسب مع الأهداف المرجوة منها حيث سميت هذه الأداة باسم الكانة.

من هنا نرى أهمية هذه الأداة في العملية الإنشائية حيث تستحق هذه الأداة أن يكون هنالك جهد لصناعة آلة توفر الجهد والوقت في صناعة الكانة ولذلك جاء اختيار البحث في تصميم آلة تعمل على تصنيع الكانة من دون الحاجة إلى عامل يقوم بالوظائف المختلفة.

وبعد إجراء عملية البحث في المشاريع الإنشائية وورش تشكيل الحديد عن كيفية تشكيل الكانة وما هي الآلات المستخدمة وما نوع الحديد المستخدم وما مدى سماكته وكل ما يتعلق بهذه الأداة تم تسجيل الملاحظات المهمة التي توجه البحث إلى الطريق السليم.

الشكل (١.٢):كانة صندوق

ثم تم التوجه إلى الانترنت حتى تتوسع دائرة البحث من الدائرة المحلية إلى الدائرة العالمية.

وبعد هذا الجهد في البحث تم التوصل إلى نقاط رئيسية هي :

١- **يوجد أنواع عدة للكانات ومنها :-**

أ- كانة صندوق : تستخدم في الأعمدة المربعة أو المستطيلة بحسب قطاع العمود. ويُلاحظ ترك مسافة مقدارها ١,٥سم من كل جهة داخل الهيكل الخشبية وهو عبارة عن الغطاء الخرساني. كما نرى في الشكل(١.٢).

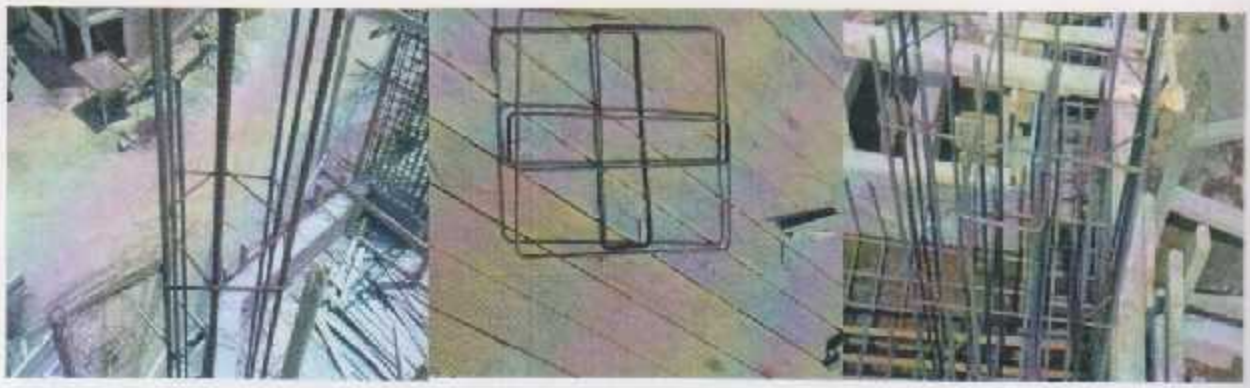
وهذا النوع من الكانات سوف نبني عليه بحثنا في تصميم آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً.

الشكل(١.٣): كانة عيون.

ب- كانة بعيون: حيث تستخدم العيون لربط القضبان الحديدية في أماكنها حتى لا تتغير أماكن القضبان أثناء العمل أو الصب ، كما نرى في الشكل(١.٣). ولان هذه الكانة صعبة التنفيذ وتحتاج إلى مجهود ووقت كبير لذلك استخدامها يكون قليل.

ويكفي استخدام ثلاث كانات في العمود الواحد ، واحده في أسفل العمود ، وأخرى في وسطه ، والأخيرة في أعلاه وهذه الكانات تضبط قضبان الحديد تماماً.

جـ- كانة أوتوماتيك: تستخدم في قطاعات الأعمدة ذات الثماني أسياخ ويوجد عدة أشكال منها كما نرى في الشكل(١.٤).



الشكل(١.٤):أشكال كانة أوتوماتيك.

د- كانة حباية : كما هي في الشكل(١.٥).

الشكل(١.٥): كانة حباية.

هـ- كانة نجمة أو حجاب: تستخدم في الأعمدة ذات الثماني قضبان.

و- كانة بجناح: تستخدم في الكمرة المقلوبة على شكل حرف ' L ' عندما تكون في الطرف.

ز- كانة بجناحين: تستخدم في الكمرة المقلوبة في الوسط على شكل حرف ' T ' مقلوب.

الشكل(١.٦):كانة دائرية.

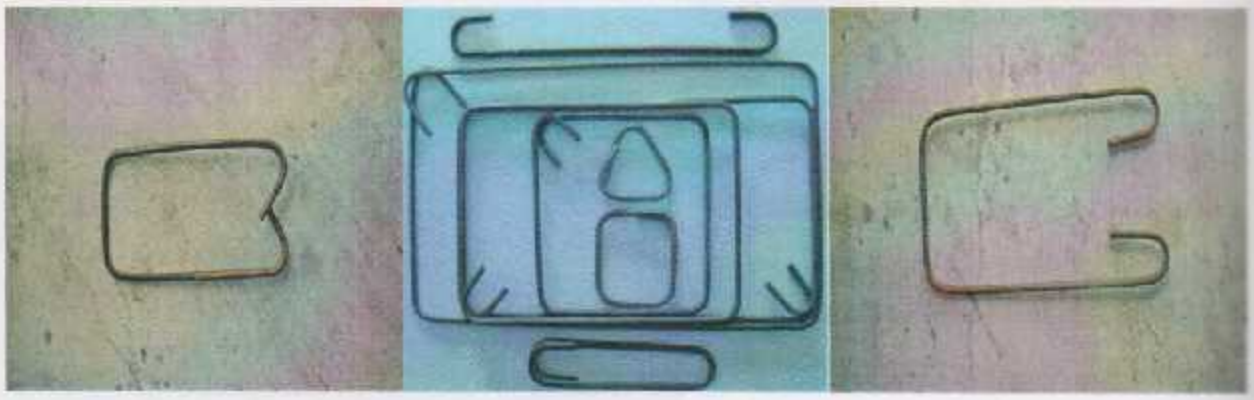
ح- كانة شنش: تستخدم في أعمال التشكيلات المعمارية وحفظ مسافات ثابتة بين الحديد.

ط- كانة دائرية: تستخدم في الأعمدة الدائرية كما في الشكل(١.٦).

ي- كانة دائرية بعيون.

ك- كانة على شكل حرف: " L "

ل- كانة على شكل حرف: " T " .



الشكل(١.٧): عدة أشكال لأنواع الكانات.

٢- **أهمية الكانات بالأعمدة ترجع لأسباب عدة منها :**

أ- مقاومة الكانة لإجهادات القص التي تنتج عن القوى الأفقية التي تؤثر على المنشأة.

ب- تحزم وتحيط بالقضبان الرأسية وبالتالي تزيد من قوتها وحمايتها من الانبعاج.

جـ- حفظ قضبان التسليح الرأسية في مكانها أثناء الصب والتشغيل.

د- مقاومة الكانة لإجهادات الانفلاق الأفقية والتي تنتج من قوى وإجهادات الضغط الرأسية.

هـ- تعمل الكانة على تقليل الانكماش في الخرسانة.

الشكل(١.٨):كانة صندوق.

٣- من خلال مشاهدتنا لكانة الصندوق كما هو في الشكل(١.٨). يتبين لنا أنها مكونة من خمس زوايا متساوية، ويمكننا أن نرى أن كل جزء من قضيب الحديد يكون مساوي الجزء المقابل له في الطول .

٤- إن عملية تشكيل الكانة تتم بإحدى الطرق التالية:

أ-باستخدام الطاولة البسيطة لثني قضبان الحديد : حيث تحتاج هذه الآلية إلى عامل يعمل على تشكيل الكانة باستخدام أداة بسيطة مكونة من ذراع القوة يصل طوله تقريبا إلى واحد متر ومن دعامة صغيره (نقطة ارتكازية) يبلغ طولها تقريباً ٥سم ومن مجرى لمرور قضيب الحديد كما في الشكل(١.٩).

الشكل(١.٩):الطاولة البسيطة لثني قضبان الحديد.

حيث تعتمد عملية تشكيل الكانة بقدر كبير على قدرة العامل وسرعته في أداء هذه المهمة حيث يجب عليه إحضار قضبان الحديد وترتيبها ومن ثم وضع قضبان الحديد في المجرى الموجود على ذراع القوة (يعتمد عدد القضبان الموضوعة على قوة ذراع العامل ومدى اتساع المجرى لهذه القضبان) ومن ثم يقوم العامل بشد ذراع القوة فيتولد عزم مقداره القوة التي يبذلها العامل مضروبةً بطول ذراع القوة ونتيجة لهذا العزم تعمل نقطة الارتكاز المثبتة على ذراع القوة بإحداث قوة على قضيب الحديد ويكون مقدار القوة أكبر من مقاومة الحديد للانثناء فينثني قضيب الحديد بحسب الزاوية التي يدخلها العامل من خلال ذراع القوة.

ب- باستخدام الطاولة الميكانيكية لثني قضبان الحديد: حيث تحتاج هذه الآلية إلى عامل يعمل على تشكيل الكانة باستخدام آلية أحدث حيث تتكون هذه الآلية من محرك كهربائي ونقاط ارتكاز مثبتة على مسننات تولد عزم مرتفع ، يقوم العامل بوضع قضيب الحديد في نقاط الارتكاز ويتم تحديد المسافة بواسطة العامل حيث يقوم العامل بالضغط بقدمه على دواسة موجودة أسفل الطاولة كما هو في الشكل(١.١٠). تقوم هذه الدواسة بتشغيل المحرك الكهربائي الذي يولد عزم ينتقل عبر المسننات إلى نقاط الارتكاز فتعمل على ثني القضيب.

الشكل(١.١٠)الطاولة الميكانيكية لثني قضبان الحديد.

٥- إن عملية تشكيل الكابلة سواء كانت بإحدى الطريقتين السابقتين تحتاجان إلى عامل بشكل أساسي لكي تتم هذه العملية.

٦- إن الوسيلتين اللتان تحدثنا عنهما سابقا لا تتعديان كونهما وسيلتين تقليديتين بسيطتين فمن خلال بحثنا وجدنا أن هاتين الطريقتين تم الاستغناء عنهما وتم إيجاد وسائل بديله أفضل منهما بحيث توفر هذه الوسائل بالدرجة الأولى الوقت والجهد والمال على مالك المشروع.

هذه النتائج ستكون مشاكل رئيسية في هذا البحث الذي يعمل على حلها باستخدام مهارات التصميم وأنظمة الميكاترونكس والتحكم لبرمجة الوظائف المختلفة في أنظمة عملية التشكيل داخل هذه الآلة بتكنولوجيا حديثة تقدم هذه الأداة بالشكل والأبعاد المطلوبان.

٢.١ملخص المشروع :

"تصميم وتنفيذ آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً"

- إن الهدف الأساسي والمرجو من هذا المشروع هو توفير اكبر قدر ممكن من الوقت والجهد واختزال الأيدي العاملة داخل وورش البناء.

- من هنا انطلقت فكرة تصميم آلة تقوم بتشكيل الكانات المستطيلة الشكل أوتوماتيكياً ، تتمتع بكافة معايير الجودة الإنتاجية والكفاءة والآلية عند التشغيل وذلك من خلال برمجة الوظائف المختلفة لإعداد الكانة حسب الشكل والأبعاد المطلوبان.وقد تم اختيار كانة الصندوق (المستطيلة) وذلك لكثرة استخدامها في المباني الإنشائية مقارنة مع الأشكال الأخرى.

- إن التسارع الكبير الحاصل في عالم البناء والعمارة والحاجة لانجازه بأفضل الطرق والوسائل بحيث يساهم مساهمه بناءه في التطور العمراني والإنشائي بشتى أنواعه شجعنا على العمل في هذا المشروع والقيام به على أكمل وجه.

- هذه الأمور مجتمعه جعلت من فكرة تصميم آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً فكرة قابلة للترجمة في عالم الصناعة.

١.٣ أهمية المشروع:

تكمن أهمية هذا المشروع في تطوير الأداء الصناعي في تقديم الخدمات العامة والسير قدماً نحو الطريق المؤدي للازدهار الصناعي في هذا العالم بشكل عام وفي بلدنا بشكل خاص.

كما وان التسارع الزمني في عصرنا الحالي يجعل من الاتجاه نحو التفكير في توفير الوقت والجهد في كل شيء أمراً ضرورياً يعالج أمورا ومشاكل كثيرة.

هذه الأمور وأخرى سترد لاحقاً جعلت لهذا المشروع أهمية من الناحية الخدماتية في المجتمع تزيد من سرعة انجاز المشاريع المعمارية.

١.٤ الجداول الزمنية للمشروع :

الجدول الزمني للفصل الأول

الأسبوع / المهمة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
تحديد المشروع																
جمع المعلومات																
تحديد الوظائف والمهام																
دراسة تصميمية																
تحديد الأجزاء والأدوات والقطع																
تجارب تمهيدية																
توثيق وكتابة التقرير																

الجدول الزمني للفصل الثاني

الأسبوع / المهمة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
جمع القطع																
تركيب الأجزاء																
اختيار الأجزاء																
برمجة المتحكم																
التجميع النهائي																
جمع وكتابة التقرير																

١.٥ محتويات الفصول:

لقد تم توزيع هذا المشروع على عدة فصول تتناول الجانبين العملي والنظري بحيث يختص كل فصل بجزء من هذا المشروع ونلخص ما كتب في هذه الفصول بعناوين كالتالي :

الفصل الأول :-

- ويشمل هذا الفصل على مقدمة تتناول وصفاً عاماً للمشروع والمهام الأساسية له وعن أهميته في توفير الخدمات البشرية تمهيداً للسير على طريق الازدهار الصناعي.

الفصل الثاني :-

- يبحث هذا الفصل في التصميم الميكانيكي للوحدات الميكانيكية في المشروع .

الفصل الثالث :-

- يتطرق هذا الفصل إلى الوصف العام للمشروع من حيث آلية العمل والوصف الكامل لكل جزء من أجزاء العمل حيث يبين الأداء العام للماكينة وكيفية توزيع الوظائف بين الأجزاء الرئيسية في الآلة وكيفية تكامل هذه الوظائف وترابطها.

الفصل الرابع :-

- يضم هذا الفصل ملاحظات حول الأبعاد والقياسات الرئيسية لآلة ثني الكانات.

الفصل الخامس:-

- يتطرق هذا الفصل إلى الدائرة الكهربائية الخاصة بالمشروع.

الفصل السادس :-

- النموذج العملي للمشروع من حيث أجزاء ووظائف ومبدأ عمل النموذج.

الفصل السابع :-

- النتائج والتوصيات.

الفصل الثاني

التصميم الميكانيكي

٢.١ حسابات قوى الثني.

٢.٢ حساب قطر مكبس الضغط.

٢.٣ تصميم رأس المكبس.

٢.٤ تصميم نقاط الارتكاز.

٢.٥ تصميم دعامة المكبس.

٢.٦ حسابات معامل أمان تحمل المعدن.

٢.٧ معامل أمان "Buckling" لذراع المكبس.

٢.٨ عملية النحام.

الفصل الثاني

٢.١ حسابات قوة الثني :

٢.١.١ حديد التسليح :

لحساب القوة اللازمة لثني قضيب حديد التسليح يجب معرفة بعض المعلومات و الخصائص الميكانيكية للحديد الذي سوف نقوم بعملية تشكيله لعمل الكانة.

حيث انه سيتم استخدام حديد التسليح ذي الخصائص التالية كمُدخل أساسي لا يصح استخدام غيره.

Classification :ASTM ,Grade 420(60).

Diameter : 8 [mm]

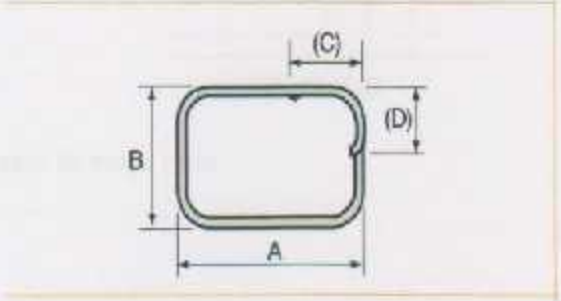
Yield Strength: 420 [MPa]

60000 [lb/in^2]

أما عن طول القضيب فيتم تحديده بما يتوافق وأبعاد الكانة المُراد الحصول عليها.

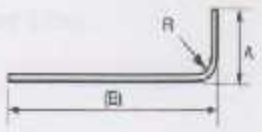
٢.١.٢ تحليل البيانات :

يتم تشكيل الكانة على شكل رباعي يحتوي على ستة أضلاع كما في الشكل(٢.١) علما بأن بعض المؤسسات تطلق عليه رمزا هو "Code 51".



الشكل (٢.١)

يتم ثني الزوايا في الكانة بزاوية مقدارها ٩٠ درجة حيث أن الزاوية تأخذ شكل قوس نصف قطره يساوي ١٦ مم لقضيب الحديد الذي قطره يساوي ٨ مم. كما الشكل(٢.٢).



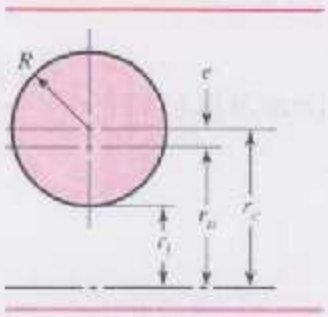
الشكل (٢.٢)

٢.١.٣ حساب القوة اللازمة للثني :

لعملية الثني يجب أن نحصل على قوة تتعدى قوة احتمال الحديد. حيث سوف نقوم بحساب القوة التي يتحول فيها المعدن من مجال المرونة إلى مجال البلاستك ومن ثم سوف نأخذ معامل أمان مقداره ٢ وبالتالي نكون قد ضمنا انتقال الحديد إلى مجال البلاستك وبذلك نحافظ على شكل القضيب من بعد الثني نظريا .

ومن خلال تصفح الأرقام في التصميم الميكانيكي للمشروع والتي سترد لاحقا يتبين لنا أن معاملات الأمان كبيرة يتجاوز بعضها ١٩ و يعود ذلك لصغر قوة الثني وبالتالي وبحسب مواصفات المضخات في السوق فإننا نحصل على مضخة بضغط مقداره ١٤٠ بار تقريباً والتي تزودنا بقوة كبيرة أكبر بكثير من قوة الثني المحسوبة نظريا . ففيما لو كانت القوة اللازمة لثني القضيب عمليا أكبر من المحسوبة نظريا فإنه بإمكاننا زيادة القوة الناتجة من ضغط المضخة والتي لن تزيد بفارق كبير عن القوة المحسوبة نظريا ويتوفر معاملات أمان كبيرة سيبقى التصميم محافظا على قيم معاملات أمان كبيرة نسبيا .

Curved Beams in Bending



الشكل(٢.٣)

c_i =distance from neutral axis to inner fiber

ri= inner radius

r_n = radius of neutral axis

r_c =radius of centroidal axis

e= distance from centroidal axis to neutral axis

M= bending moment; positive M decreases curvature

$$\sigma = \frac{Mc_i}{\mathrm{Aer_i}}$$

c_i: distance from neutral axis to inner fiber

A: area

Calculations:

$r_i = 16$ [mm]

$$e = r_c - r_n \tag{2.1}$$

$$r_c = r_i + R \tag{2.2}$$

R= radius or the bar

$$r_c = 16 + 4 = 20[mm] \tag{2.3}$$

$$r_n = \frac{R^2}{2[r_c - \sqrt{r_c{}^2 - R^2}} \tag{2.4}$$

$$r_n = \frac{4^2}{2[20 - \sqrt{20^2 - 4^2}]} = 19.7979[mm] \tag{2.5}$$

$$e = 20 - 19.7979 = 0.2021[mm] \tag{2.6}$$

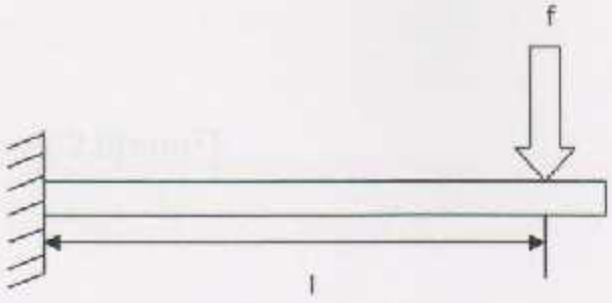
$$M = \frac{\sigma_i Aer_i}{c} = \frac{[420 * \pi * 4^2 * 0.2021 * 16]}{19.7979 - 16} = 17974.8[N.mm] \tag{2.7}$$

$$M = f * l \tag{2.8}$$

f=bending force

l –bending arm

$$f = \frac{M}{l} = \frac{17974.8}{16+9} = 719[N] \tag{2.9}$$



الشكل (٢.٤) رسم توضيحي للقوة وذراع القوة.

الشكل(٢.٥) عملية الثني.

إذا ثني قضيب واحد من مسافة مقدارها ٢٥ مم من نقطة التثبيت يلزم قوة مقدارها (٧١٩)نيوتن .

وبما أن الآلة سوف تعمل على ثني ثلاثة قضبان معا سيلزمنا قوة مقدارها(٢١٥٧) نيوتن.

وإذا أخذنا معامل أمان وقدره (٢) وذلك للتعويض عن القوة الديناميكية الناتجة عن تسارع الأجزاء المتحركة وقوى الاحتكاك تصبح مقدار القوة اللازمة (٤٣١٤)نيوتن.

٢.٢ حساب قطر مكبس الضغط :

لتزويدنا بالقوة التي سوف تقوم بعملية الثني نحتاج إلى حساب مقطع اسطوانة المكبس التي سوف يزودنا بالقوة المطلوبة لعملية الثني :

$$P = \frac{f}{A} . \quad (2.10)$$

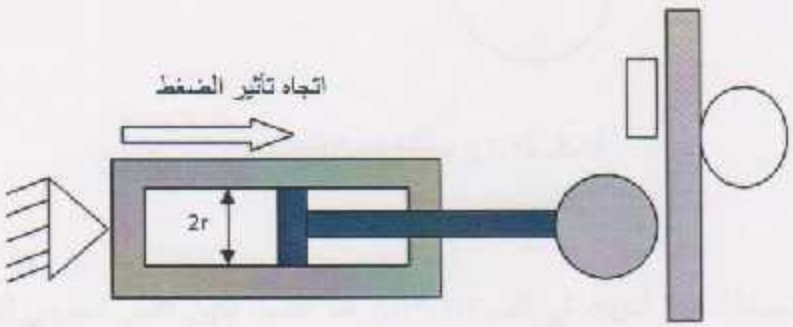
$$A = \frac{f}{p} = \frac{4314}{5} = 862.8[mm^2] \quad (2.11)$$

$$A = \pi r^2 \quad (2.12)$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 16.6 \text{ [mm]} \quad (2.13)$$

بناءا على ما تقدم يلزمنا مكبس بضغط ومقداره(٥) ميجا باسكال و قطر (٣٣.٢) مم.

بالرجوع إلى السوق المحلي فإن مواصفات المكبس المتوفر هو :(١٠٠) بار ، القطر الداخلي للاسطوانة (٥٠)مم، و القطر الخارجي للأسطوانة (٦٤)مم وقطر ذراع المكبس هو (٣٢)مم.



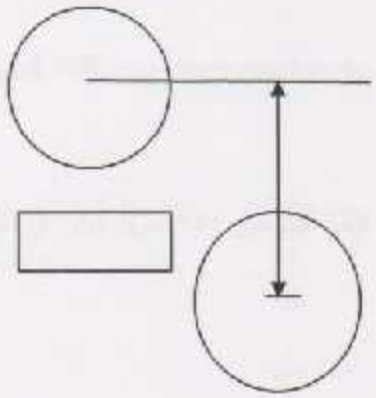
الشكل (٢.٦) رسم توضيحي لعملية الثني تحت تأثير الضغط الهيدروليكي.

٢.٢.١ حساب طول ذراع المكبس :

إن المسافة التي سيقطعها المكبس أفقيا لثني قضيب الحديد تساوي نصف قطر البيليا في رأس المكبس و نصف قطر نقطة الارتكاز و مسافة مجرى الحديد كما في الشكل (٢.٧) بالإضافة إلى مسافة وقدرها (٥مم) .

حيث أن نصف قطر نقطة الارتكاز يجب أن يكون (٣٢مم) وذلك وفقا لمواصفات الكانة .ومجرى المكبس (٩ مم) .وأما نصف قطر بيليا رأس المكبس فيلزمنا إجراء بعض الحسابات.

الحديد المستخدم لنقطة الارتكاز وباقي أجزاء النظام فيما عدا الحديد الذي يذكر غير ذلك هو الحديد الإنشائي 'Carbon Steel A36. S_y=240Mpa .



الشكل (٢.٧): مسافة شوط المكبس.

من خلال عمليات الحسابات التي أجريت في القسم٢.٢.٣ من هذا الفصل يكون القطر الخارجي للبيليا المستخدمة هو ٣٥ مم وبناءا عليه يكون شوط المكبس المطلوب كالتالي:

$$l = 16 + 9 + \frac{35}{2} + 5 = 47.5\,mm \qquad (2.14)$$

إذا بناءا على ما تقدم سيكون شوط المكبس ٥٠ مم، كما تبين من خلال المعطيات السابقة حيث أن قطر ذراع المكبس ٣٢ مم.

٢.٢.٢ تحديد مواصفات بيليا رأس المكبس :

حديد رأس المكبس هو الحديد الإنشائي A36، كما هو الحال لحديد مسمار تثبيت البيليا .وبناءا عليه سوف نقوم بحسابات الأبعاد وفق معامل أمان وقدره "٢".

الإجهاد القصي على مسمار تثبيت بيليا رأس المكبس إذا كانت القوة اللازمة للعملية الثني (٤٣١٤نيوتن) كما تم حسابها سابقا.

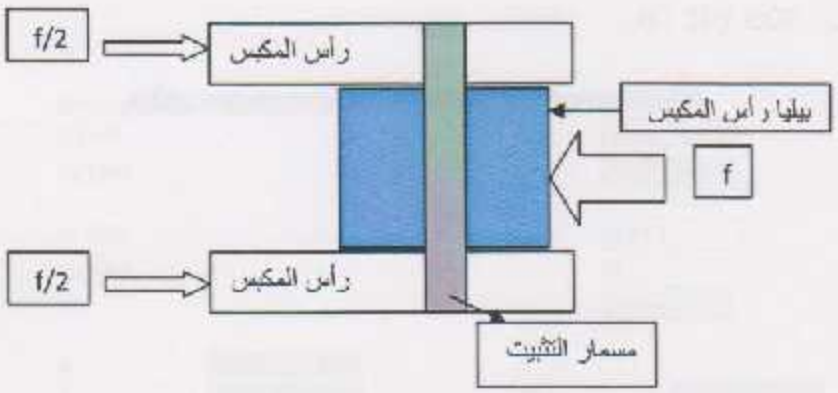
$$\frac{S_y}{2} = \frac{f}{2A} \quad (2.15)$$

$$\frac{240}{2} = \frac{4314}{2A} \quad (2.16)$$

$$A = 17.975\ mm^2 \quad (2.17)$$

$$minmum\ r = \sqrt{A/\pi} = 2.4\ \text{mm} \quad (2.18)$$

بناءا على الحسابات السابقة سيكون قطر المسمار (١٥ مم)المتوفر في السوق آمنا كفاية .وبذلك نكون قد حددنا القطر الداخلي لبيليا الثني.



الشكل (٢.٨) توزيع الحمل على بيليا الثني

٢.٢.٣ بيليا الثني" بيليا رأس المكبس" :

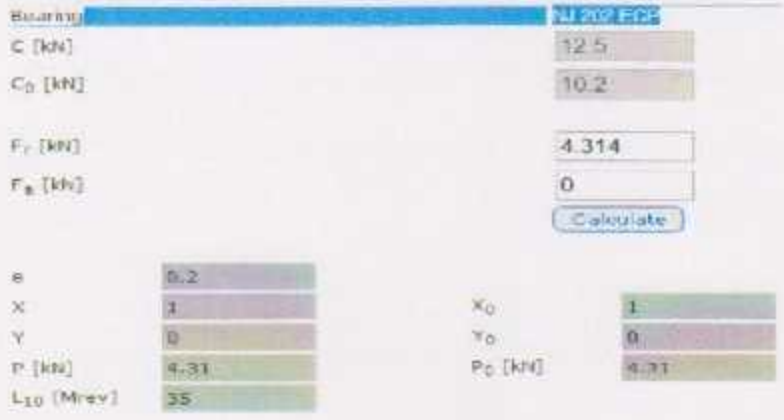
لعملية اختيار بيليا الثني نجد أن البيليا تتعرض لقوى استاتيكيه وتصنيفات هذا النوع يرجع إلى مواصفات المُصنع وبالعودة لشركة "SKF" نجد أن مواصفات البيليا المطلوبة وفق التصنيف التالي:

Cylindrical roller bearings, single row

جدول(٢.١) مواصفات البيليا

Principal dimensions			Basic load ratings dynamic	static	Fatigue load limit	Speed ratings Reference speed	Limiting speed	Mass	Designation
d	D	B	C	C_0	P_u				* - SKF Explore
mm			kN		kN	r/min		kg	-
15	35	11	12,5	10,2	1,22	22000	26000	0,049	NJ 202 ECP
15	35	11	12,5	10,2	1,22	22000	26000	0,047	NU 202 ECP
15	35	11	12,5	10,2	1,22	22000	34000	0,047	NU 202 ECPHA
17	40	12	17,2	14,3	1,73	19000	22000	0,066	N 203 ECP
17	40	12	17,2	14,3	1,73	19000	34000	0,070	NJ 203 ECML
17	40	12	17,2	14,3	1,73	19000	22000	0,070	NJ 203 ECP
17	40	12	17,2	14,3	1,73	19000	34000	0,068	NU 203 ECML
17	40	12	17,2	14,3	1,73	19000	22000	0,068	NU 203 ECP
17	40	12	17,2	14,3	1,73	19000	22000	0,073	NUP 203 ECP

نلاحظ أنه وعند قطر داخلي (١٥مم) نجد أن مقدار C_0 تقدير الحمل الاستاتيكي ثابت عند قطر ١٥ مم وعند إجراء الحسابات في موقع الشركة SKF كما في الشكل(٢.٩) سوف يكون معدل العمر الافتراضي ل البيليا هو ٣٥ مليون دورة وذلك عند اختيار البيليا ذات التصنيف NJ 202 ECP.



الشكل(٢.٩):حساب قيمة L_{10} وفقا لتصنيف الشركة المُصنعة SKF.

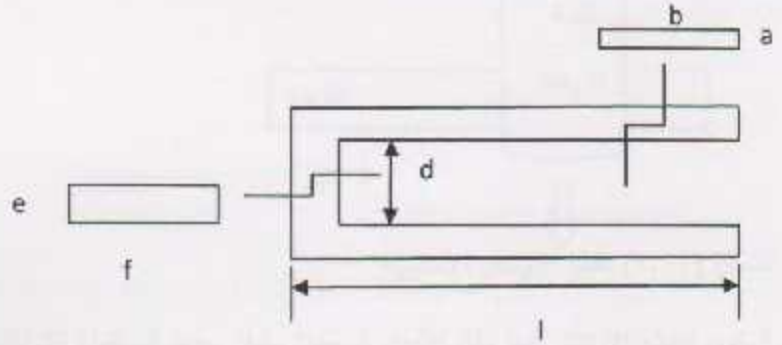
ملاحظة هامة:

بناءا على الحسابات السابقة لبيليا الثني الموجودة لدى رأس المكبس والتأكد من أنها آمنة من حيث التصميم وفق القوى المطلوبة لثني ثلاثة قضبان من حديد التسليح، سوف يتم اختيار نفس المواصفات لدى البيليا الاستنادية.

٢.٣ تصميم رأس المكبس :

يتكون رأس المكبس من الحديد الإنشائي A36 الوارد ذكره سابقا،على شكل حرف الانجليزية U كما في الشكل (٢.١٠) وفق الأبعاد التالية:

f=50mm،e=10mm،d=33mm،l=120mm،b= 50 mm،a=5mm.



الشكل(٢.١٠): رسم توضيحي لرأس المكبس

حساب معامل الأمان حسب الأبعاد المفروضة أعلاه.

Section a-b.

$$\frac{Sy}{n} = \frac{f}{A} \qquad (2.19)$$

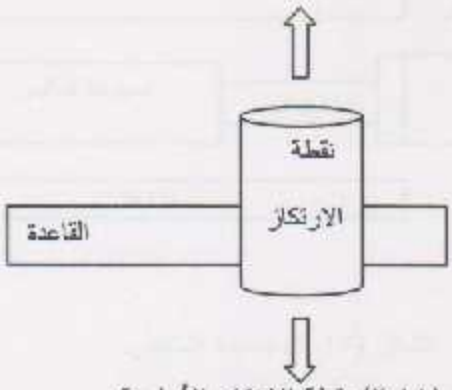
$$\frac{240}{n} = \frac{4314}{250} \qquad (2.20)$$

$$n = 13.9 \qquad (2.21)$$

نلاحظ أن معامل الأمان ١٣.٩ كبيرا عند الأبعاد المستخدمة ويعود ذلك لصغر القوة المطلوبة لثني قضبان حديد التسليح وبناءا عليه تكون بقية الأجزاء في داخل دائرة الأمان بعيدة عن الانهيار.

٢.٤ تصميم نقاط الارتكاز :

بالأخذ بعين الاعتبار أن جميع نقاط الارتكاز الأساسية هي نقاط متحركة وتتكون من الحديد الإنشائي A36 . تعبر من خلال قاعدة الوحدة الميكانيكية التي أيضا تتكون الحديد الإنشائي A36 بسماكة (١٠ مم).حيث أننا ملزمون بالقطر (٣٢مم) بحسب متطلبات كانة الحديد المكونة من قضيب حديد التسليح ذي القطر (٨ مم).وسيكون ارتفاع الاسطوانة " نقطة الارتكاز" بحيث يلائم وظيفته في الوحدة الميكانيكية (٦٠مم).



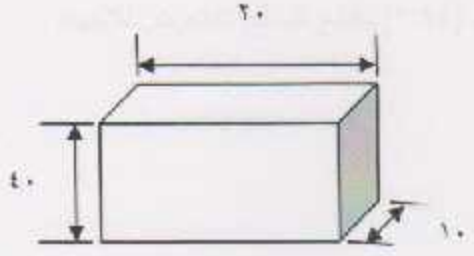
الشكل (٢.١١) نقطة الارتكاز الأساسية

للتأكد من أن الحديد الإنشائي المكون لنقطة الارتكاز آمنا وفق الأبعاد المعطاة سابقا حيث أن نقطة الارتكاز سوف تتعرض لإجهاد قصي وبالنظر إلى المعادلات (2.19)،(2.20) و(2.21) فإن المعطيات تشير إلى أن معامل الأمان كبير عند المساحة ٢٥٠مم فيكون التصميم آمنا وعليه سيكون التصميم آمنا عند مساحة ٨٠٤.٢٤مم^2.

٢.٤.١ تصميم نقطة الارتكاز الثانوية :

باستخدام الأبعاد ٢٠×١٠×٤٠ مم لنقطة الارتكاز الثانوية كما هو موضح في الشكل (٢.١٢) من الحديد الإنشائي A36 سيكون آمنا لقوى إجهاد القص الذي يتعرض له،علما أن الحديد سينهار عند القوة المطلوبة لثني.

الحديد(٤٣١٤نيوتن) عند مساحة وقدرها (١٨.٩مم^2) بالنظر إلى مساحة مقطع نقطة الارتكاز (٢٠٠ مم^2) سنجد أن نقطة الارتكاز تتمتع بمعامل أمان كبير.



الشكل (٢.١٢) نقطة الارتكاز الثانوية.

٢.٥ تصميم دعامة المكبس :

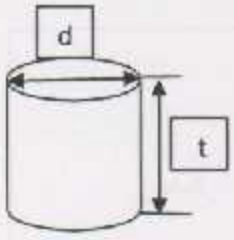
دعامة المكبس من الحديد الإنشائي A36 على شكل حرف الانجليزية U بمساحة مقطع ٢٠×٢٠مم وبناءا على ما سبق سيكون التصميم آمنا وأما طول الدعامة سيعتمد على أبعاد المكبس المستخدم مع ملاحظة أن شوط المكبس ٥٠مم وطول رأس المكبس الحامل لبيليا الثني هو ١٢٠مم.

الشكل (٢.١٣) دعامة المكبس.

٢.٦ حسابات معامل أمان تحمل المعدن "Bearing in Joints &members safety factor" :

٢.٦.١ تحمل مسمار تثبيت بيليا الثني في رأس المكبس :

كما هو موضح في شكل (٢.١٤) فإن المسمار يتعرض لإجهاد قصي وبناءا عليه نحدد معامل الأمان وفق العملية الحسابية التالية.



الشكل (٢.١٤) مقطع السطح المتعرض للإجهاد

$$\sigma = \frac{f}{td} = \frac{Sy}{n} \qquad (2.22)$$

$$n = \frac{tdSy}{f} = \frac{5*15*240}{4314/2} = 8.34 \qquad (2.23)$$

σ:Strength, f:force, Sy :yield Strength, d:diameter ,t :thick, n :safety factor.

٢.٦.٢ تحمل حديد رأس المكبس :

مقدار معامل أمان تحمل معدن رأس المكبس هو ٨.٣٤ كما هو موضح في المعادلة (٢.٢٣) وذلك لوجود الخصائص والأبعاد ذاتها.

٢.٦.٣ تحمل حديد نقطة الارتكاز الأساسية :

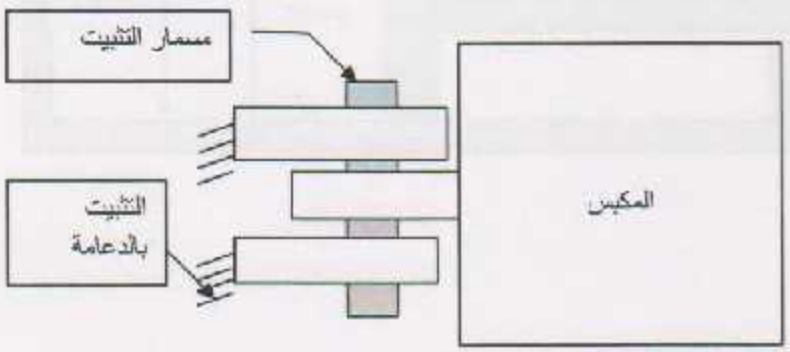
معامل أمان تحمل حديد نقطة الارتكاز الذي يساوي معامل أمان تحمل القاعدة ١٧.٨ .

$$n = \frac{tdSy}{f} = \frac{10*32*240}{4314} = 17.8 \qquad (2.24)$$

٢.٦.٤ تحمل مسمار تثبيت المكبس بالدعامة :

على افتراض أن قطر المسمار ١٥مم ، حيث أن معامل الأمان للإجهاد القصي هو ١٩.٦.

وبالتالي سيكون آمناً من التشوه.



الشكل (٢.١٥) مسمار تثبيت المكبس

[illegible] لذراع المكبس 'Buckling' [illegible]:

[illegible] حسب المواصفات الموجودة في السوق المحلي فإن خصائص المكبس المطلوبة كالتالي:

[illegible] ذراع المكبس: Chrome plated CK45 normalized steel

Sy=370Mpa.

[illegible] قطر ٣٢ مم وطول ٥٠مم

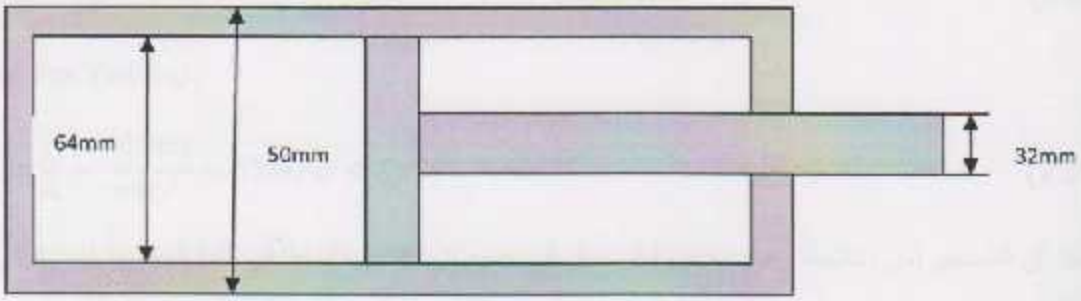
أسطوانة المكبس: ST52.3 E55 cold drawn material

Sy=580Mpa

قطر داخلي ٥٠ مم

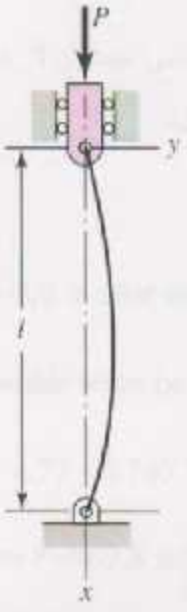
قطر خارجي ٦٤ مم.

ضغط =١٠٠ بار.



الشكل (٢.١٦) المكبس الهيدروليكي

على اعتبار أن ذراع المكبس مثبت بواسطة مسمار من الطرفين كما في الشكل(٢.١٧)



(a) C = 1

الشكل (٢.١٧)

'Both ends rounded or pivoted :

C=1 'End-Condition Constant C'

$$Pcr = \frac{C\pi^2 EI}{l^2} \qquad (2.25)$$

$$f = 4314[N]$$

$$\frac{P_{cr}}{f} = nd = 420.6KN/4314N = 9.7 \qquad (2.26)$$

Assume Euler with C= 1

$$I = \left(\frac{\pi}{64}\right) d^4 = 51471.8[mm^4] \qquad (2.27)$$

$$Pcr = \frac{C\pi^2 EI}{l^2} = \frac{1*3.14^2*207*10^9*5.1471.8*10^{-8}}{(0.05)^2} = 42.06KN \qquad (2.28)$$

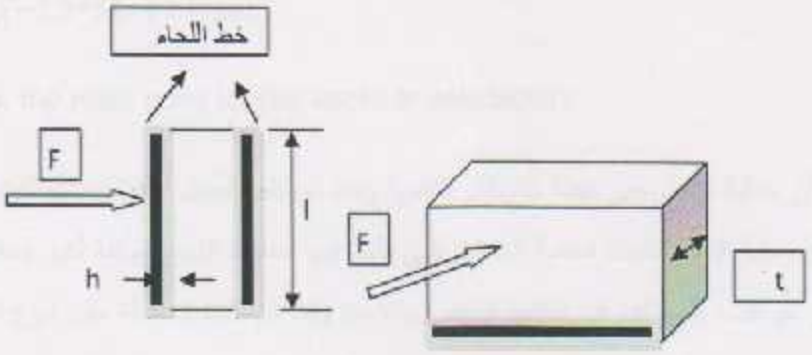
Test For Yielding.

$$\sigma_x = \frac{f}{A} = \frac{42060}{\pi 16^2} = 52MPa < Sy \qquad (2.29)$$

مما سبق نلاحظ أن التصميم آمن ونلاحظ وجود معامل أمان عال في جميع الحالات وذلك لصغر القوة المطلوبة لعملية ثني قضبان حديد التسليح.

٢.٨ عملية اللحام :

٢.٨.١ لحام نقطة الارتكاز الثانوية :



الشكل (٢.١٨) نقطة الارتكاز الثانوية.

كما هو ملاحظ في الشكل (٢.١٨) فإن خطوط اللحام على نقطة الارتكاز تتعرض لإجهاد قصي حيث أن"l" تساوي ٢٠ملم (٠.٧٨٧ انش) ومقدار القوة ٤٣١٤ نيوتن .مع ملاحظة أن القوة المؤثرة تؤثر على السطح ككل.

سنقوم باختيار سلك اللحام "E60XX" حيث أن "Sy=[50kpsi]345Mpa"

(h) -3/8 in fillet weld 2 in long on both sides with an E60XX electrode .

allowable force per unit length for 3/8-in is 4.77kip/in

$$f = 4.77 * 0.787 = 3.754kip \qquad (2.30)$$

Force F=969.8 ip(4314N) < 3.754kip , weld metal strength is satisfactory.

the allowable attachment shear stress is

$$\tau_{all} = 0.4Sy = 0.4*36 = 14.4kpsi. \qquad (2.31)$$

The shear stress τ on the base metal adjacent to the weld is

$$\tau = \frac{F}{2hl} = \frac{969.8}{2 * 0.375 * 0.787} = 1643.3psi \qquad (2.32)$$

Since $\tau_{all} \geq \tau$, the attachment is satisfactory near the weld beads.

The tensile stress in the resting point metal σ is

$$\sigma = F/tl = 969.8/\ 0.3937*0.787 = 3129.98\ psi \qquad (2.33)$$

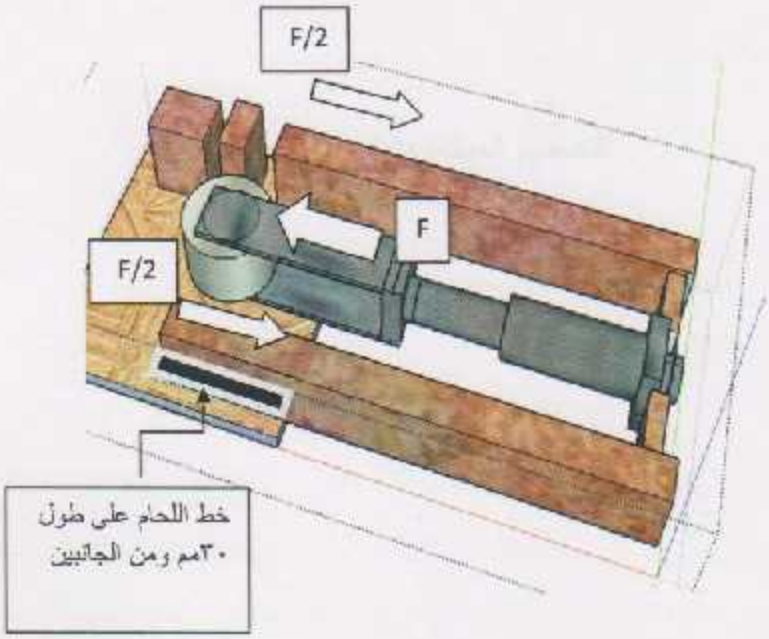
The allowable tensile stress σ_{all}, "shear" ,S_{ut} for A36=58 kpsi

$$\sigma_{all} = 0.30\ S_{ut} = 0.3*58 = 17.\ Kpsi. \qquad (2.34)$$

Since $\sigma_{all} \geq \sigma$, the reset point tensile stress is satisfactory.

نلاحظ مما سبق أن عملية اللحام على نقطة الارتكاز الثانوية وعند تحميلها الحمل الأقصى من القوة وهي ٤٣١٤ نيوتن آمنة وبناءا عليه فإن عملية اللحام لتثبيت دعامة المكبس التي تأخذ فيها خطوط اللحام مسافة أكبر وملاحظة أن الحديد المستخدم في نقطة الارتكاز هو نفسه المستخدم في دعامة المكبس والقاعدة وكما أن القوة المحملة على ذراع المكبس مقسومة

على طرفي الدعامة كما في الشكل (٢.١٩) أي ٢١٥٧ نيوتن وتعمل على توليد إجهاد قصى في خطوط اللحام كما في نقطة الارتكاز الثانوية فإن اللحام المستخدم يحقق هدفه .



الشكل(٢.١٩) توزيع القوة على دعامة المكبس.

الفصل الثالث

التصميم الميكاترونيكي.

٣.١ النظام الهيدروليكي.

٣.٢ الحسابات الهيدروليكية.

٣.٣ المتحكم المنطقي المبرمج .

٣.٤ آلية وأداء الماكينة العامة.

الفصل الثالث

٣.١ النظام الهيدروليكي:

لمحة تاريخية عن التحكم الهيدروليكي :

لقد استخدم الماء لقرون عديدة من الزمن لتوليد الطاقة وذلك باستخدام العجلات المائية ، غير أنه كان يتطلب استعمال حركة وكمية كبيرة من المائع ، لأن الضغط المتوفر في الطبيعة منخفض نسبياً.

في الواقع لقد بدأ استخدام تقنية الموائع في القرن السابع عشر وتحديداً سنة ١٦٥٠م مع اكتشاف العالم بلازا باسكال لقانون المشهور باسمه وهو قانون باسكال والذي ينص على انه عندما تؤثر قوة على سائل في إناء من خلال سطح مساحته ينشأ ضغط في السائل تتوقف قيمته على مقدار مركبة القوة العمودية على السطح وعلى مساحة السطح ويؤثر هذا الضغط آنياً وبنفس المقدار على كافة الجوانب. أي أن الضغط المؤثر على كل الأسطح يكون متساوياً.

ثم في سنة ١٧٥٠م استطاع برنولي أن يطور القانون المعروف بقانون حفظ الطاقة أو بقانون برنولي والذي ينص على انه في حالة انسياب السوائل فإن الطاقة الكلية في السائل المتدفق تبقى ثابتة عند كل مقطع ، طالما أن السائل لم يكتسب طاقة من الوسط المحيط به أو أن يفقد طاقة إليه.

يعتبر كل من قانون باسكال وبرنولي كالقلب لتطبيقات قدرة الموائع ، لكن لم يتم استغلالهما عملياً وتطبيقياً إلا بعد ١٨٠٠م أثناء الثورة الصناعية في بريطانيا . أما في الوقت الحاضر فلا يكاد يوجد تقريباً فرع من فروع الصناعة إلا وتجد استعمال لقدرة الموائع فيه.

ما معنى هيدروليك ؟

استخلاح الهيدروليك يعني التحكم في نقل الحركة والقوى داخل الآلات مستخدماً السوائل المضغوطة.

حيث يتميز استخدام السوائل عن الغازات في كون السائل مادة غير قابلة للانضغاط حيث إذا وضعنا كمية من سائل داخل وعاء أو عبوة فان التغير في حجم السائل سوف يكون قليلاً جداً مع تغير الضغط ودرجات الحرارة ، وعلى العكس من ذلك في الغازات بحيث أن التغير في حجمها سوف يكون كبيراً جداً مع تغير الضغط ودرجات الحرارة . لذلك تسمى السوائل مادة غير قابلة للانضغاط أي أن الحجم والكثافة لا تتغيران بشكل ملحوظ بتغير الضغط ودرجات الحرارة .وتسمى الغازات المادة القابلة للانضغاط لان حجمها وكثافتها تتغيران بتغير الضغط ودرجات الحرارة.

لقد تم استخدام النظام الهيدروليكي لما يتميز به من خواص وهي:

١- التصميم البسيط (عوضاً عن الأجهزة الميكانيكية المعقدة).

٢- المرونة حيث أن أجزاء النظام الهيدروليكي توضع بشكل مرن بالنسبة لبعضها البعض وذلك بسبب الأنابيب المرنة الواصلة بين هذه الأجزاء (أي يمكن تغيير مكان أي جزء بسهولة وبدون إعادة تكوين النظام بكامله).

٣- قابلية التحكم بالتدفق والضغط والاتجاه باستخدام الصمامات المختلفة.

٤- قدرة النظام الهيدروليكي على مضاعفة القوى بشكل كبير وذلك طبقاً لقانون باسكال (عندما تؤثر قوة (F) على سائل في إناء من خلال سطح مساحته (A) كما في الشكل(٣.١) ينشأ ضغط (P) في السائل تتوقف قيمته على مقدار مركبة القوة العمودية على السطح وعلى مساحة السطح) باستخدام المعادلة(٣.١).

$$P1-P2 \qquad (٣.١)$$

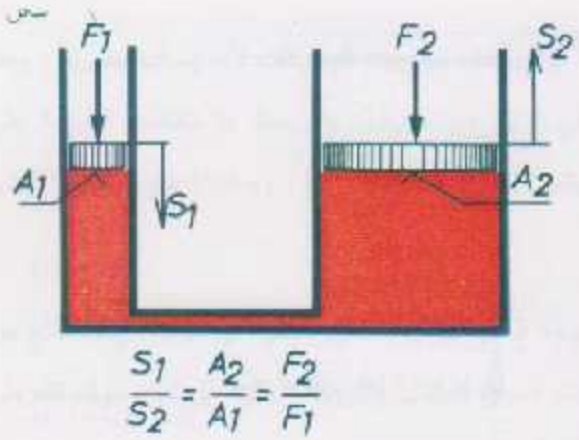
والضغط عبارة عن مقدار القوة المؤثرة على وحدة المساحة.ويقاس الضغط بعدة وحدات منها الباسكال والبار.

ومنه يمكننا ترجمة المعادلة السابقة إلى المعادلة(٣.٢) :

$$\frac{S1}{S2} = \frac{A2}{A1} = \frac{F2}{F1} \qquad (٣.٢)$$

نستنتج من هذه المعادلة أن القوة تتناسب طردياً مع المساحة. يعتمد الضغط في مثل هذه النظم على الحمل والمساحة. ويعني ذلك أن الضغط يبدأ بالارتفاع حتى يصل إلى القيمة اللازمة للتغلب على الحمل الخارجي وتحريكه.

وهكذا فانه يمكن عن طريق القوة (F1) والسطح (A1) رفع ضغط هذه الدورة إلى القيمة اللازمة للتغلب على الحمل (F2) على السطح (A2)، فإنه يمكن رفع هذا الحمل.وبذلك نستنتج أن القوة المكابس تتناسب تناسباً عكسياً مع مساحتهما.



الشكل(٣.١): قاعدة باسكال

ويعد النظام الهيدروليكي أكثر أنظمة تحويل الطاقة اقتصادياً مقارنة مع النظام الميكانيكي أو النظام الكهربائي.

والحمل الافتراضي كبير للأجهزة الهيدروليكية كونها تشحم نفسها تلقائياً.

مساوئ النظام الهيدروليكي :

١- عدم إمكانية تغيير الأجزاء الرئيسية بشكل متكرر نظراً لكلفتها على الرغم من أنها تتعرض لمشاكل أثناء عملها كالصدأ والتآكل وتقادم الزيت المستعمل والشوائب... الخ لذلك من المهم اتخاذ إجراءات تحمي أجزاء النظام الهيدروليكي من هذه المشاكل كاستخدام المرشحات (الفلاتر) والطلاء المناسب... الخ.

٢- يعد الضجيج الصادر عن النظام الهيدروليكي أيضاً من إحدى مساوئه.

٣- يعد النظام الهيدروليكي ملوث للبيئة لأنه يعتمد بالأساس على استخدام الزيت في عمله وهذا الزيت ملوث للبيئة.

٤- اعتماده على درجات الحرارة بحيث أنه مع تغيير درجات الحرارة تتغير لزوجة الزيت المستخدم وبالتالي يؤثر على آلية عمل النظام.

٥- حدوث ظاهرة التكهف بالمضخات : في أي نظام هيدروليكي ونتيجة لظروف التشغيل، يحدث ما يسمي بالضغوط السالبة عند مدخل المضخة بالتحديد فيجب أن لا يقل الضغط عن قيمة معينة تسمي ضغط التبخير وعندما يصل الضغط إلي هذه القيمة في درجة حرارة التشغيل للمعدة فان السائل يبدأ في تحليل الهواء من السائل مكون فقاعات وعندما يحدث معادلة الضغط تبدأ الفقاعات في الانفجار محدثة التثقير والتآكل للسطح الصلب الملامس لها.

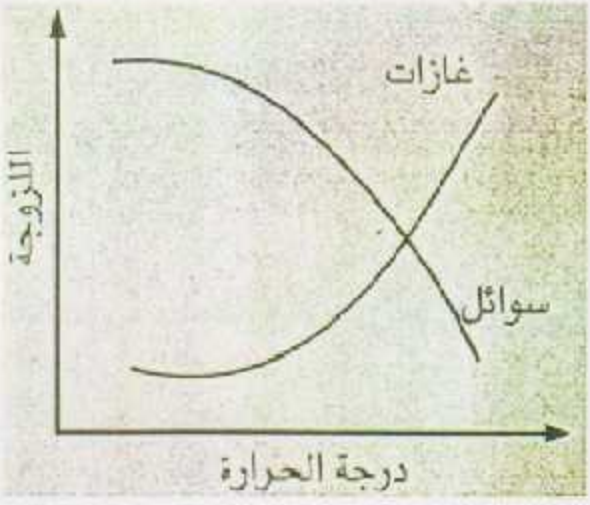
تنساب بعض السوائل بسهولة مقارنة بغيرها ، فالماء مثلاً سائل أخف من زيت المحركات لأنه ينساب بسهولة . وهذا يعني أن لكل سائل خاصية تتحكم بمعدل سريانه. هذه الخاصية في الواقع هي ما يعرف باللزوجة. ولا تختصر اللزوجة على السوائل فقط ، وإنما تعم كل الموائع أي السوائل والغازات . وبها يتعين سهولة انسياب المائع . ويمكن اعتبارها مقياسا لمدى مقاومة المائع لقوى القص التي تحاول تحريف شكله.

عند تشغيل الدائرة الهيدروليكية ، تسبب الزيوت ذات اللزوجة العالية في توليد حرارة عالية في الزيت. وذلك ناتج من الاحتكاك الداخلي في جزيئات الزيت الهيدروليكي. لذلك عند درجات الحرارة المتدنية واللزوجة العالية للزيت ، سوف تتعرض المضخة والمحرك الكهربائي إلى تلف جراء المقاومة العالية للمائع للدوران.

كما أن الزيوت ذات اللزوجة المنخفضة تحسن وتزيد في كفاءة المضخة والمحرك ، إلا أنها تسبب انزلاقاً وانحشارا في الأجزاء الصغيرة في المنظومة مما يسبب التسرب في بعض الأجزاء مثل الصمامات.

وعليه يتحتم علينا اختيار اللزوجة المناسبة للزيت حسب طبيعة عمل المنظومة ودرجة حرارة البيئة المحيطة والمعرضة لها أثناء العمل مما يعود على أداء المنظومة بالشكل المجدي مع الأخذ في الاعتبار تبريد وتزييت المنظومة في نفس الوقت بدون أي تسرب أو نقص للزيت.

تأثير درجة الحرارة على اللزوجة:



تتأثر اللزوجة بدرجة كبيرة بدرجة الحرارة . حيث تقل لزوجة السوائل بزيادة درجة الحرارة وتزيد اللزوجة لجميع الغازات بارتفاع درجة الحرارة كما في الشكل(٣.٢) ويرجع ذلك إلى أن قوى التماسك بين جزيئات السائل تقل بزيادة درجة الحرارة وبالتالي تقل اللزوجة. أما في الغازات ، فيؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة كمية حركة الجزيئات مما يؤدي إلى زيادة معدل تصادم هذه الجزيئات بعضها ببعض وبالتالي تزيد قوة الاحتكاك وقوى القص بين الجزيئات مما يزيد من لزوجة الغازات.

الشكل(٣.٢): تأثير الحرارة على لزوجة السوائل والغازات.

تأثير لزوجة الزيوت على أداء الدوائر الهيدروليكية :

للزوجة أهمية كبيرة حيث تؤثر بدرجة كبيرة على أداء الدوائر الهيدروليكية مثل :

- فاقد الضغط في الأنابيب والصمامات (تناسب طردي).
- التسريب في الخلوصات (تناسب عكسي).
- معدل فصل الشوائب من الزيوت (تناسب عكسي).
- معدل فصل الغازات من الزيوت (تناسب عكسي).
- تكوين الرغوة على سطح الزيت (تناسب طردي).

٦-إخماد الاهتزازات (تناسب طردي).

٧-الخلوص بين الأجزاء المتحركة (تناسب طردي).

٨- معدل تآكل الأسطح (تناسب طردي).

مكونات وحدة القدرة الهيدروليكية :

تجدر الإشارة إلى أن مكونات وحدة القدرة الهيدروليكية تختلف حسب تعقيدات المنظومة وتختلف أيضاً حسب التطبيق ومن ثم يتم تعيين المكونات اللازمة.

١- الخزان (Reservoir) :

هو عبارة عن مكان تخزين الزيت داخل النظام الهيدروليكي ، ويحتوي على كمية زيت كافية لاستخدامها من قبل النظام الهيدروليكي. كما في الشكل(٣.٣).

الشروط الواجب توفرها في الخزان :

يجب على الخزان :

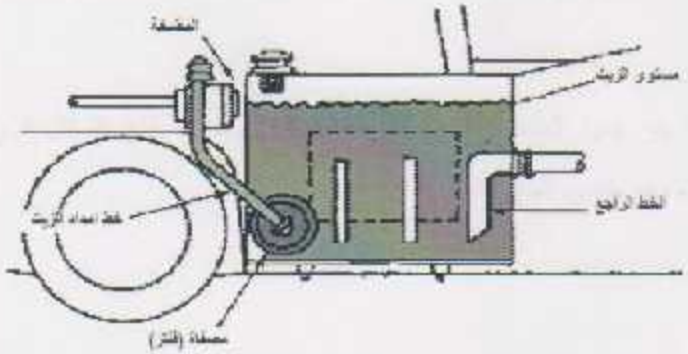
١- أن يبدد حرارة السائل الهيدروليكي.

٢- أن يفصل ما بين السائل الهيدروليكي والهواء.

٣- أن يقوم بإخراج الملوثات الداخلة إليه.

يتم تشكيل الخزان بواسطة اللحام لذلك من الضروري تسوية السطح وتنظيفه بعد عملية اللحام. ويجب أن يكون الخزان عالياً وضيقاً لا أن يكون مسطحاً وعريضاً وذلك للاستفادة من السائل الهيدروليكي قدر المستطاع. كما أن السائل الهيدروليكي يجب أن يكون على ارتفاع عالٍ في الخزان فوق فتحة توصيل الخزان مع المضخة وذلك لمنع الهواء الموجود في خطوط التوصيل من التأثير على عمل السائل الهيدروليكي.

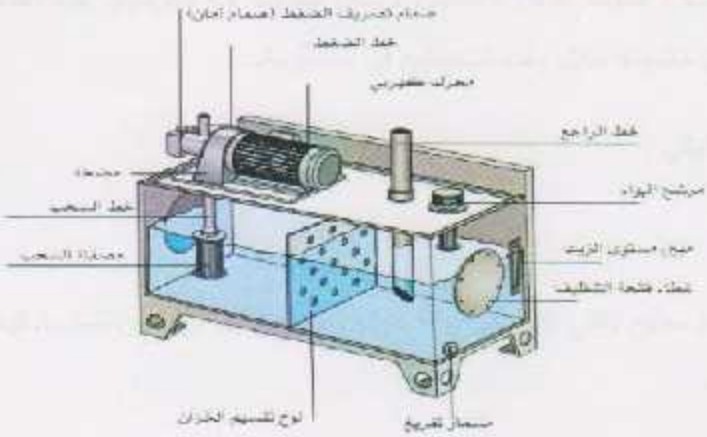
يجب أن يكون حجم الخزان مناسباً لكمية الزيت المستخدمة داخل النظام الهيدروليكي لأنه وفي حال كانت جميع المكونات في حالة راحة يجب على الخزان استيعاب كل كمية الزيت. وأيضاً في حال تمدد الزيت بفعل درجات الحرارة العالية يجب أن تكون سعة الخزان كافية.



الشكل(٣.٣): خزان الزيت

٢- المحرك :

يستعمل المحرك (محرك كهربي) لدفع النظام الهيدروليكي. حيث يزود المحرك الكهربي الطاقة الميكانيكية للمضخة المستعملة في وحدة القدرة الهيدروليكية الثابتة.



الشكل(٣.٤): مكونات وحدة القدرة الهيدروليكية.

الشكل(٣.٥): محرك كهربائي موصول مع مضخة هيدروليكية.

وحدة توليد القدرة الهيدروليكية (المضخة) :

تقوم المضخة في النظام الهيدروليكي بتحويل الطاقة الميكانيكية الناتجة عن المحرك إلى طاقة هيدروليكية كما في الشكل(٣.٥) فهي الجهاز المسؤول عن ضخ السائل عبر مواسير وأنابيب النظام الهيدروليكي من مكان إلى آخر.

والمضخة تصنف على الطريقة التي تطور بها هذا الضغط وأشهرها وأكثرها استخداماً مضخات الطرد ومضخات الإزاحة الموجبة.

إن أهم ما يميز أداء المضخة هو عمود الضغط الذي تطوره المضخة ومعدل سريان السائل الذي تعطيه والقدرة التي تحتاجها وكفاءة المضخة وتسمى هذه بخصائص المضخة.

٤- السوائل الهيدروليكية :

إن الهدف الاساسي من الزيت الهيدروليكي هو نقل القدرة الهيدروليكية إلى اسطوانات الدائرة الهيدروليكية على شكل قوة أو حركة ، حيث يشفط الزيت من الخزان عن طريق المضخة ، ليتم إرساله إلى صمامات التحكم التوجيهية (٤/٣) ومن ثم إلى اسطوانات النقاط الإرتكازية الأساسية واسطوانات الثني ، ومن ثم تعود إلى الخزان مرة أخرى لتبريدها واستقرارها قبل استخدامها مرة أخرى.

هناك خصائص معينة تؤثر على كفاءة الزيت الهيدروليكي تشتمل على : اللزوجة ، القابلية للانضغاط ، تخميد الرغوة ، مقاومة الأكسدة ، مقاومة التآكل ، الغليان ، مدى الملائمة مع الخراطيم. هذه العوامل لا تحدد ملاءمة السائل للاستخدام فحسب ، بل مقاومته خلال وقت استخدامه في المنظومة.

أهم صفات السائل الهيدروليكي :

١- الانزلاقية الجيدة :

لنظام الهيدروليكي عدة سطوح والتي تكون في حالة حركة وبنفس الوقت قريبة من بعضها البعض فيجب على السائل أن يحميها من التآكل والإهتراء.

٢- لزوجة ثابتة :

اللزوجة خاصية هامة جداً للسوائل المعرضة لدرجات حرارة مختلفة وضغط متغير ، فالسوائل التي تتغير لزوجتها مع الحرارة يكون عامل لزوجتها منخفض والعكس صحيح.

٣- ثبتية الخصائص الفيزيائية والكيميائية :

يجب أن تبقى صفات السائل ثابتة خلال زمن العمل الطويل ، ولذلك تكون درجة حرارة المكان الذي سيعمل فيه السائل من أهم عوامل اختيار السائل.

٤- توصيل حراري منخفض.

٥- مقاوم للتآكل.

٦- ضد الصدأ :

الرطوبة والأكسجين يسببان صدأ لبعض الأماكن داخل النظام الهيدروليكي مما ينتج طبقة خشنة.

٧-نقطة الاشتعال :

وهي درجة الحرارة التي يتحول عندها السائل الهيدروليكي إلى بخار والذي يشتعل بمجرد تعرضه للهب.

٨- عامل تمدد حراري منخفض :

لكي لا يزيد حجم السائل بارتفاع درجات الحرارة.

٩- درجة السمية :

يجب أن تقل درجة السمية للزيت الهيدروليكي لمنع حدوث تسمم للعاملين بالقرب من النظام الهيدروليكي.

١٠- درجة الحموضة :

يجب أن تكون درجة الحموضة في أقل مستوى ، حتى لا يحدث صدأ للأجزاء المعدنية بالدائرة الهيدروليكية.

١١- أن يكون رخيص الثمن ومتوفر بشكل دائم.

وظيفة زيت الهيدروليك :

١- نقل القوة من المضخة إلى أجزاء النظام مثل الاسطوانات.

٢- العمل على تشحيم الأجزاء المتحركة في النظام.

٣- العمل على سد الفراغات بين الأجزاء المتلامسة.

٤- العمل على التخلص من درجات الحرارة من خلال طرحها داخل خزان الزيت.

٥- أن يبقى صامداً لفترة طويلة مع تغير درجة الحرارة وتغير ظروف العمل.

٥- عناصر التحكم (الصمامات الهيدروليكية) :

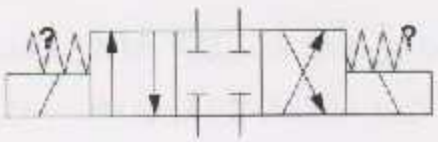
يوجد هنالك عدة أنواع من الصمامات الهيدروليكية تتحكم في الطاقة الحركية الموجودة في الزيت والتي قد اكتسبها من وحدة توليد القدرة الكهربائية.

توجد ثلاثة أنواع أساسية للصمامات :

- صمامات تتحكم في اتجاه سريان الزيت (صمامات التحكم التوجيهية) :

صمامات التحكم التوجيهية هي أجهزة تحكم في بداية حركة اتجاه سريان السائل وإيقافه في الدائرة الهيدروليكية ، وبالتالي تحديد اتجاه حركة الأسطوانات الهيدروليكية.

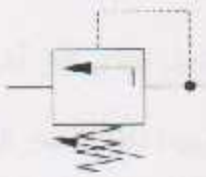
وتعتمد طريقة تشغيل صمامات التحكم التوجيهية على طبيعة استخدامه وعلى رغبة المستخدم. إذ يمكن تشغيل الصمام عن طريق اليد ، القدم ، الهواء المضغوط ، هيدروليكياً أو باستخدام الكهرباء. أما بالنسبة للصمام المستخدم في آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً فسوف نستخدم صمام يعمل باستخدام الكهرباء. كما في الشكل(٣.٦).



الشكل(٣.٦): صمام (٤/٣) تحكم توجيهي.

- صمامات تتحكم في ضغط الزيت (وتسمى صمامات التحكم في الضغط) :

تعمل هذه الصمامات على التحكم وضبط الضغط في النظام الهيدروليكي وفي أجزاءه.وسوف نستخدم في آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً صمام حد الضغط. كما في الشكل(٣.٧) وذلك لتصريف السائل الهيدروليكي إلى الخزان عند زيادة الضغط داخل الدائرة الهيدروليكية عن الضغط المسموح به والتي يتم ضبطه باستخدام صمام حد الضغط.

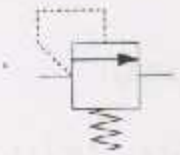


الشكل(٣.٧): صمام حد الضغط.

- صمامات توالي العمليات في الدوائر الهيدروليكية :

إن صمام توالي العمليات كما في الشكل(٣.٨) يسمح بتدفق الزيت من خلال شبكة هيدروليكية أخرى عند الوصول إلى قيمة ضغط معينة قابلة للمعايرة.

حيث يستعمل لعمليات التتابع للشبكات الهيدروليكية الأخرى عند الوصول إلى ارتفاع معين في قيمة الضغط. وعليه فسوف نقوم باستخدامه في دائرة الهيدروليك الخاصة بآلة ثني الكانات أوتوماتيكياً حيث وبعد وصول اسطوانة نقطة الارتكاز الأساسية إلى نهاية الشوط ومع ازدياد الضغط سوف يفتح صمام توالي العمليات عند وصول الضغط داخل الشبكة الهيدروليكية إلى الضغط المعير عنده صمام توالي العمليات مما سيسمح بمرور الزيت إلى اسطوانة الثني للقيام بعملية ثني قضبان الحديد.



الشكل(٣.٨): صمام توالي العمليات

- الصمامات اللارجعية :

لقد تم استخدام الصمامات اللارجعية في الدائرة الهيدروليكية لآلة ثني الكانات أوتوماتيكياً كما في الشكل(٣.٩) لحماية المضخة عند توقف المحرك الكهربائي لأن ضغط الحمل لا يمكن قيادة المضخة في الاتجاه المعاكس.

الشكل(٣.٩): صمام لارجعي (ردّاد).

- المرشحات (فلاتر التصفية) :

المرشح كما في الشكل(٣.١٠) دور أساسي في ضمان تشغيل جيد و عمر أطول لأجزاء الأنظمة الهيدروليكية.

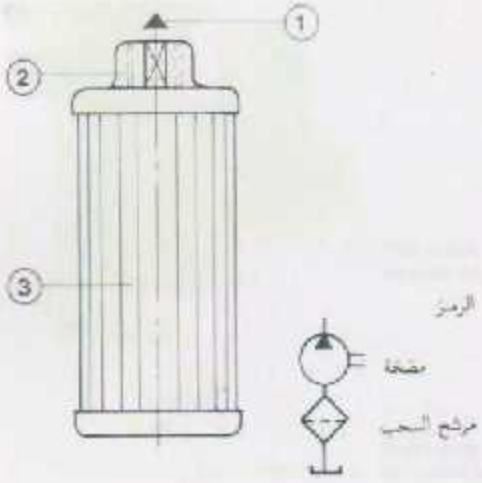
حيث تكمن مهمة المرشح في إزالة الشوائب الموجودة داخل السائل الهيدروليكي والتي تخفض فعالية هذا السائل لدى تواجدها فيه . كما أن هذه الشوائب الموجودة داخل هذا السائل يمكن أن تتسرب على سطوح الخزانات أو الاسطوانات مما يؤدي إلى الصدأ وغيره من العوامل التي تؤدي إلى اهتراء هذه السطوح.

يتم تصميم المرشح بحيث يكون متعدد الطبقات كما انه يحتوي على مغناطيس لجذب المعادن المتطايرة في المنظومة وحمايتها منها.

يوضع المرشح عادة عند مدخل خزان الزيت العائد له من المنظومة بعد أن أكمل دورته ، ولا يوضع أمام مدخل المضخة حتى لا يسبب لها التكهف كون ضغط الزيت الخارج من المرشح يكون أقل من الضغط الداخل له وذلك لطبقاته المتعددة التي تقلل من الضغط بشكل ملحوظ.

الشكل(٣.١٠): مرشح (فلتر).

أنواع المرشحات المستخدمة في آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً:



١- **مرشحات السحب** : يركب مرشح السحب كما في الشكل(٣.١١) في خط سحب المضخة. يجهز بفتحة ملولبة(٢). يتم سحب السائل من الخزان من خلال عنصر المرشح (٣)بحيث لا يصل إلى الفتحة (١) إلا السائل الذي تم ترشيحه . ولهذا النوع عيوب أهمها صعوبة الوصول إليه وبالتالي صعوبة صيانته كما أنه يجعل عملية سحب المضخة صعبة نوعاً ما.

الشكل(٣.١١):مرشح السحب

٢- **عناصر الفعل الهيدروليكي** :

لقد تم استخدام عناصر الفعل الخطية (الاسطوانة الهيدروليكية) في آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً حيث أن الاسطوانة الهيدروليكية تقوم بتحويل طاقة الضغط إلى طاقة ميكانيكية. و هي تنشئ الحركة الخطية . وتتكون الاسطوانات الهيدروليكية من مكبس يتحرك داخل غلاف الاسطوانة بواسطة السائل المضغوط ، كما أن هذا السائل موصول بذراع ، وهذا الذراع يتصل بدوره من طرفه الآخر بالقضبان المراد ثنيها. تعتمد القوة القصوى (F) المتاحة من اسطوانة معينة على المساحة الفعالة لمقطع الاسطوانة (A) والضغط الأقصى للتشغيل المسموح به (P) كما في المعادلة(٣.٣):

$$F = p \times A \qquad (٣.٣)$$

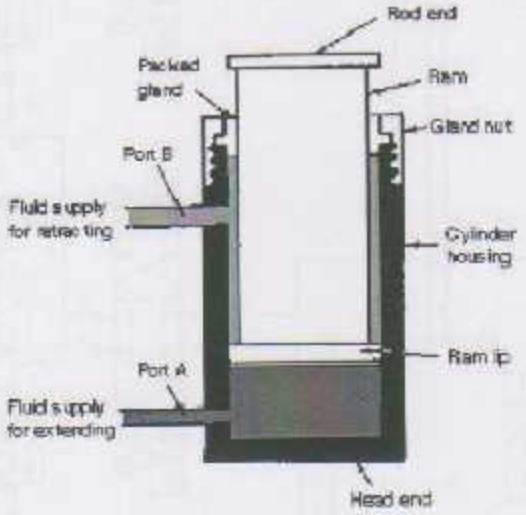
تعتمد سرعة الاسطوانة الهيدروليكية على معدل تدفق الزيت (Q) ومساحة المقطع (A) كما في المعادلة(٣.٤):

$$V = Q / A \qquad (٣.٤)$$

لقد تم استخدام الاسطوانات ثنائية الفعل في آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً كما في الشكل(٣.١٢). في هذا النوع من الاسطوانات توجد فتحتان يمكن إدخال وإخراج السائل الهيدروليكي من خلالهما.

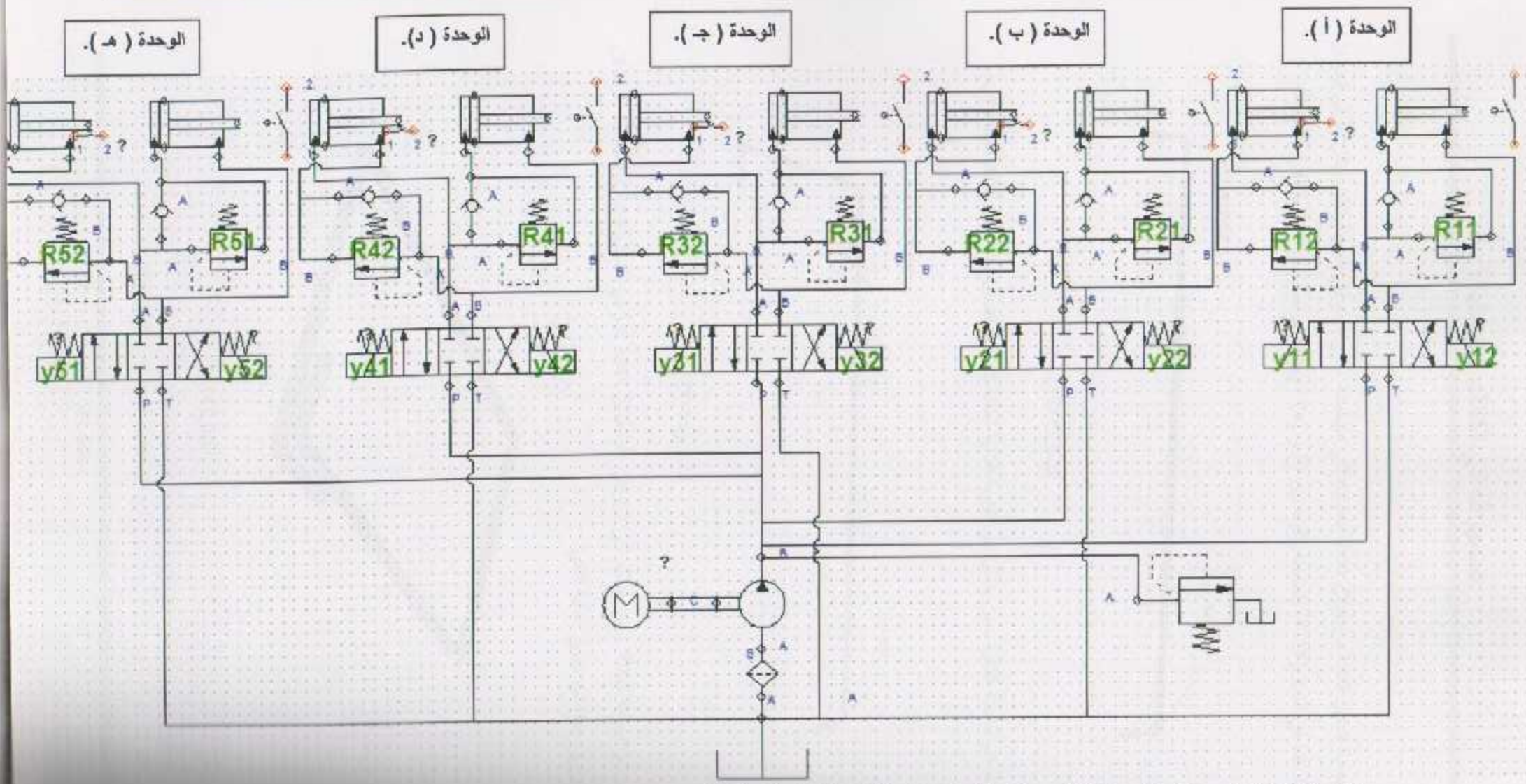
لتحريك المكبس للأعلى يتم إدخال السائل المضغوط إلى الاسطوانة من خلال الفتحة السفلية وبالتالي فان السائل الموجود في القسم العلوي سيعود من خلال الفتحة العلوية إلى الخزان.

أما لتحريك المكبس للأسفل فيتم إدخال السائل المضغوط إلى الاسطوانة من خلال الفتحة العلوية ، وبالتالي فإن السائل الموجود في القسم السفلي سيعود من خلال الفتحة السفلية للخزان. ويتم التحكم باتجاه تدفق السائل الهيدروليكي عن طريق صمام تحديد الاتجاه.



شكل (٣.١٢): مقطع لأسطوانة ثنائية الفعل.

وبذلك نكون قد أتممنا شرحاً كافياً ووافياً عن النظام الهيدروليكي ومكوناته المستخدمة في آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً المذكورة في المخطط(٣.١).



المخطط(٣.١): الرسم التخطيطي لنظام الهيدروليكي المستخدم في آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً.

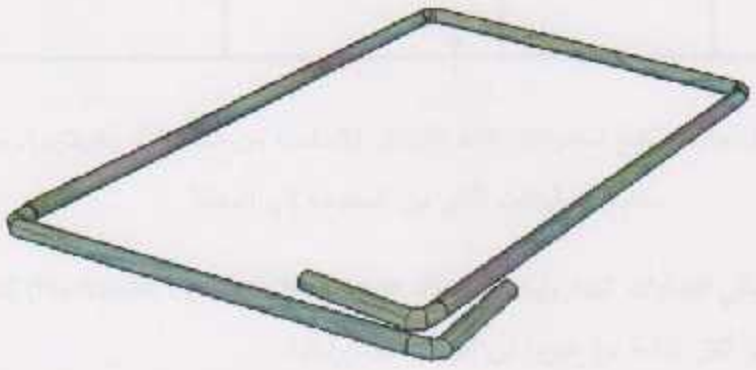
تتم عملية تشكيل الكانة من خلال ثلاث عمليات ثني متسلسلة ، حيث يتم في العملية الأولى ثني طرفي قضبان الحديد كما في الشكل(٣.١٣) باستخدام الوحدتين (أ) و (هـ) ، وبذلك تتم عملية ثني الزاوية الأولى للكانة.

الشكل(٣.١٣)

ومن ثم تتم العملية الثانية ، من خلال ثني الزاوية الثانية للكانة كما في الشكل(٣.١٤) باستخدام الوحدة (ب).

الشكل(٣.١٤)

وأخيراً تتم العملية الثالثة ، من خلال ثني الزاويتين المتبقيتين للكانة كما في الشكل(٣.١٥) باستخدام الوحدتين (جـ) و(د) ، وبالتالي تنتهي عملية الثني.

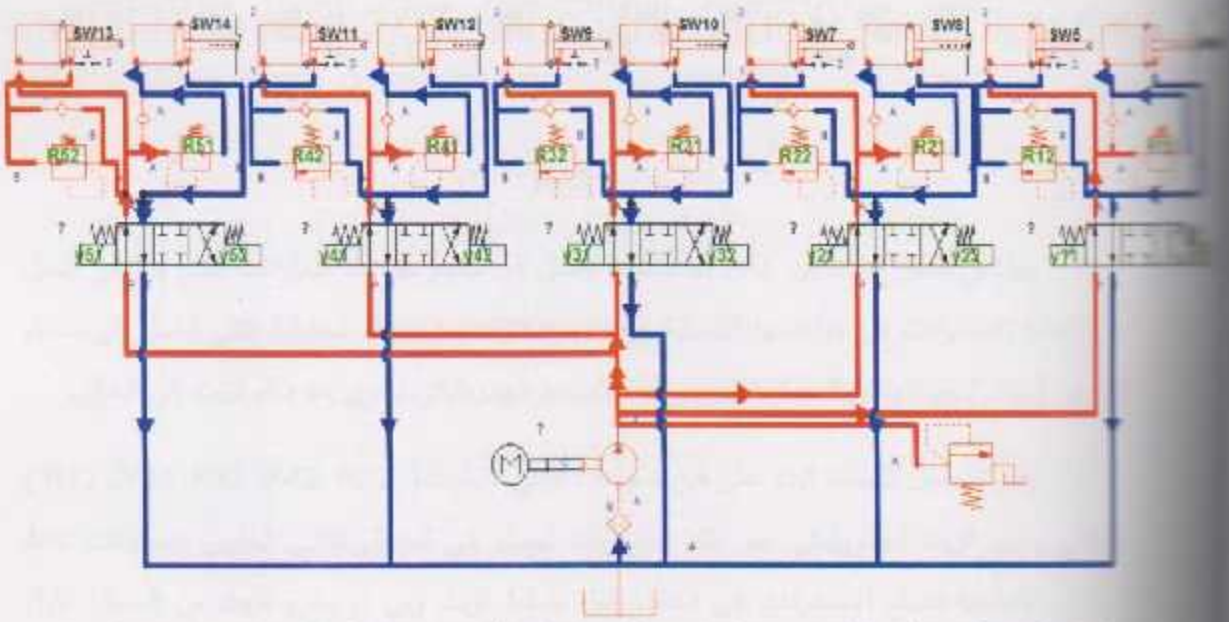


الشكل(٣.١٥)

لقد تم استخدام مفتاحين (NO Push Button Switch) في كل وحدة، وذلك لمحاكاة الآلة وترتيب تسلسل عملية الثني باستخدام المتحكم المنطقي المبرمج (PLC).

حيث تم تركيب خمسة مفاتيح (NO Push Button Switch) على اسطوانات نقاط الارتكاز الأساسية ، وعندما تكون هذه الاسطوانات في موضعها الأصلي تكون حالة هذه المفاتيح مغلقة كما في مخطط الهيدروليك (٣.١) وبمجرد تحرك هذه الاسطوانات تتحول حالة المفاتيح إلى الوضعية المفتوحة كما في الشكل(٣.١٦).

وقد تم تركيب أيضاً خمسة مفاتيح أخرى (NO Push Button Switch) أمام اسطوانات الثني وذلك لتحديد نهاية الشوط حيث تكون في وضعها الأصلي مفتوحة كما في مخطط الهيدروليك(٣.١) وبمجرد وصول اسطوانات الثني إلى نهاية الشوط تتحول حالة المفاتيح من الحالة المفتوحة إلى المغلقة كما في الشكل(٣.١٦).



الشكل(٣.١٦): تحول حالة مفاتيح اسطوانات نقاط الارتكاز الأساسية من المغلقة إلى المفتوحة. وتحول حالة مفاتيح اسطوانات الثني من المفتوحة إلى المغلقة.

لقد تم استخدام دائرة توالي العمليات الهيدروليكية(Hydraulic cylinder sequence circuit) كما في مخطط الهيدروليك(٣.١). لأنها أكثر كفاءة من غيرها من الدوائر الهيدروليكية.

لبدء عملية الثني يجب أن تكون جميع الوحدات في موضعها الأصلي حيث يجب أن يكون جميع اسطوانات نقاط الارتكاز الأساسية في موضعها الأصلي ويتم تحديد ذلك من خلال حالة المفاتيح الخاصة باسطوانات نقاط الارتكاز الأساسية (SW5,SW7,SW9,SW11,SW13) حيث يجب أن تكون حالة جميع المفاتيح مغلقة ، ويجب أن تكون جميع اسطوانات الثني في موضعها الأصلي ويتم تحديد ذلك من خلال حالة المفاتيح الخاصة باسطوانات الثني (SW14 , SW12 , SW10 SW8 , SW6) حيث يجب أن تكون حالة المفاتيح في الوضعية المفتوحة.

في بداية عملية الثني يجب الضغط على مفتاح (homing) الذي يعمل باستخدام المتحكم المنطقي المبرمج على عودة جميع الاسطوانات إلى موضعها الأصلي وذلك من خلال إرسال إشارة كهربائية إلى لفائف صمامات التحكم التوجيهية

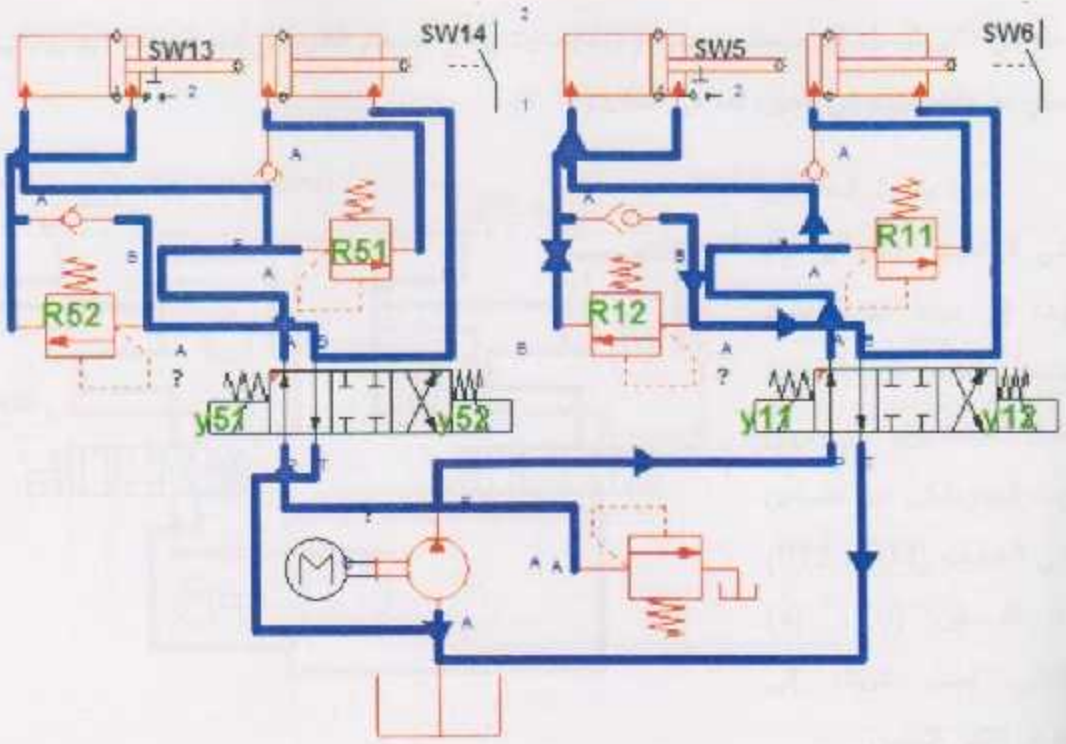
(y52, y42, y32, y22, y12) عند ذلك يتولد مجال مغناطيسي في اللفائف حيث يتم إرجاع الزلاق كما في الشكل(٣.١٧)

الشكل(٣.١٧)

وبالتالي يتدفق الزيت من خلال الصمامات ليصل إلى جميع مقدمات اسطوانات الثني وبالتالي العمل على إعادة الاسطوانات إلى مواضعها الأصلية حيث يخرج الزيت من مدخل اسطوانة الثني ليصل إلى صمام الارجعي (زداد) حيث ينفتح الصمام اللارجعي أمام الضغط الهيدروليكي ليسري بعد ذلك الزيت إلى الخزان.

ومن ثم يعمل الضغط الزائد على فتح صمامات توالي العمليات(R52, R42, R32, R22, R12) وبالتالي يسري الزيت الهيدروليكي عبر تلك الصمامات ليصل إلى المدخل الثاني الخاص باسطوانات نقاط الارتكاز الأساسية فتندفع الاسطوانات إلى الخلف بفعل ضغط الزيت ومن ثم يخرج الزيت من المدخل الأول لاسطوانات نقاط الارتكاز الأساسية ليسري بعد ذلك الزيت إلى الخزان. وبمجرد رجوع جميع اسطوانات نقاط الارتكاز الأساسية إلى موضعها الأصلي تتحول حالة المفاتيح الخاصة باسطوانات نقاط الارتكاز الأساسية إلى الوضعية المغلقة وبالتالي تتم عملية تهيئة آلة ثني الكانات لبدء عملية الثني كما في مخطط الهيدروليك(٣.١).

كما تحدثنا سابقا يجب أولاً ثني أطراف قضبان الحديد ، حيث يتم ذلك من خلال إرسال إشارة كهربائية إلى كل من (Y51 , Y11) لصمامي التحكم التوجيهي (٤/٣) الخاصين بالوحدتين (أ) و (هـ) ، فيتولد مجال مغناطيسي في اللفيفين ، فيتم سحب الزلاق الداخلي للصمامين ويتحولان إلى الوضع المفتوح كما في الشكل(٣.١٨).

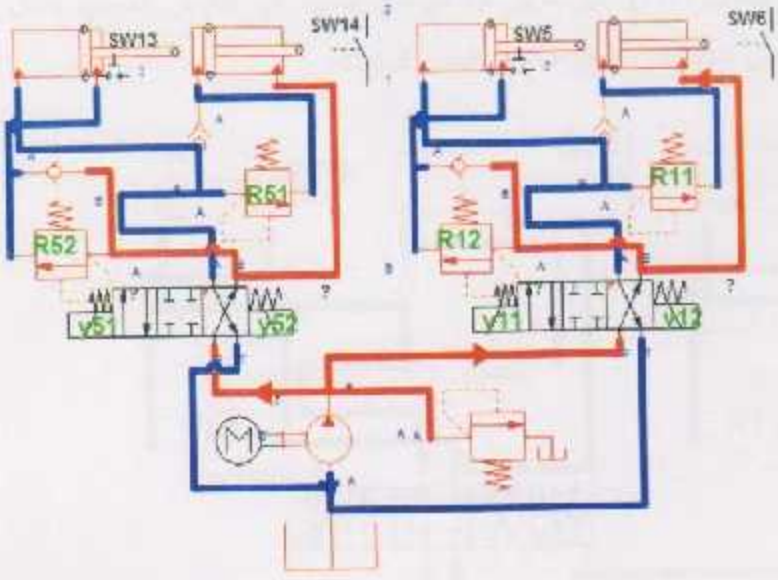


الشكل(٣.١٨)

وبالتالي يتدفق الزيت الهيدروليكي داخل دائرة توالي العمليات (hydraulic sequence circuit) حيث يصل الزيت الهيدروليكي إلى صمامي توالي العمليات (R51 , R11) ، وإلى صمامين لارجعيين ، كما ويصل إلى اسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين للوحدتين (أ) و(هـ) ، ويفعل ضغط الزيت الهيدروليكي المتولد من المضخة تندفع اسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين إلى الأمام ، وعند وصول اسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين إلى نهاية الشوط يزداد الضغط القادم من المضخة ، فيعمل الضغط الزائد على سريان الزيت الهيدروليكي عبر صمامي توالي العمليات (R51 , R11) لكلا الوحدتين (أ) و(هـ) وبالتالي يصل الزيت إلى اسطوانتي الثني فتندفعان إلى الأمام متغلبتان على مقاومة الحديد للانثناء ، فتعملان على ثني أطراف قضبان الحديد .

وعند وصول اسطوانتي الثني إلى نهاية الشوط حيث يتم تحديد ذلك من خلال (SW6,SW14) تتحول حالة المفتاحان من الحالة المفتوحة إلى الحالة المغلقة وبالتالي يرسل إشارة كهربائية إلى وحدة التحكم المنطقي المبرمج ، ووفقاً للبرنامج المحمل على وحدة التحكم المنطقي المبرمج والذي يعمل على إرسال إشارة كهربائية إلى اللفيفين (Y52 , Y12) بمجرد وصول إشارة كهربائية من المفتاحين (SW6,SW14) حيث تتولد مجال مغناطيسي في اللفيفين (Y52 , Y12) ويتم إرجاع الزلاق الداخلي للصمامين ، وبالتالي يتدفق الزيت من خلال صمامي التحكم التوجيهي الخاصين بالوحدتين (أ) و(هـ) حيث يتدفق الزيت إلى مقدمة اسطوانتي الثني ويفعل الضغط تندفع الاسطوانتان إلى موضعهما الأصلي ، حيث يخرج الزيت من مدخل

اسطوانتي الثني ليصل إلى صمام لارجعي (زداد) بحيث ينفتح الصمام اللارجعي أمام الضغط الهيدروليكي ، ليمري بعد ذلك الزيت إلى الخزان كما في الشكل (٣.١٩).

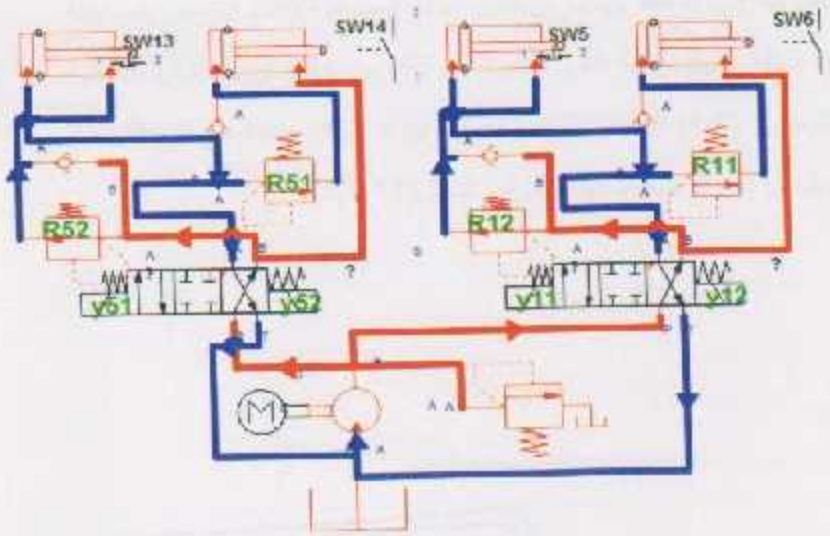


وبعد وصول اسطوانتي الثني الخاصتين بالوحدتين (أ) و(هـ) إلى نهاية الشوط يزداد الضغط القادم من المضخة فيعمل الضغط الزائد على سريان الزيت الهيدروليكي عبر صمامي توالي العمليات (R12 , R52) لكلا الوحدتين (أ) و (هـ) وبالتالي يصل الزيت إلى المدخل الثاني الخاص

الشكل(٣.١٩)

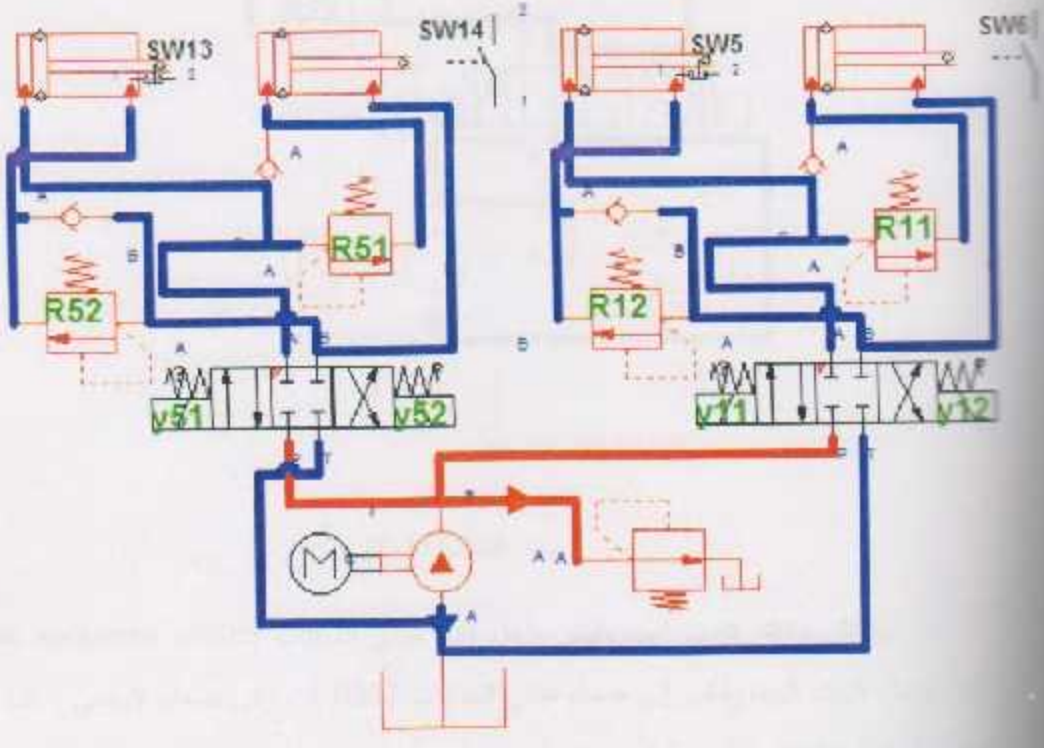
باسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين ، فتندفعان إلى الخلف حيث يخرج الزيت من المدخل الأول الخاص باسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين ليصل إلى صمام لارجعي (زداد) بحيث ينفتح الصمام اللارجعي أمام الضغط الهيدروليكي ليمري بعد ذلك الزيت إلى الخزان.

برجوع اسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين (أ)و(هـ) إلى موضعهما الأصلي تتحول حالة المفتاحان (SW5,SW13) من الحالة المفتوحة إلى المغلقة كما في الشكل(٣.٢٠)



الشكل(٣.٢٠)

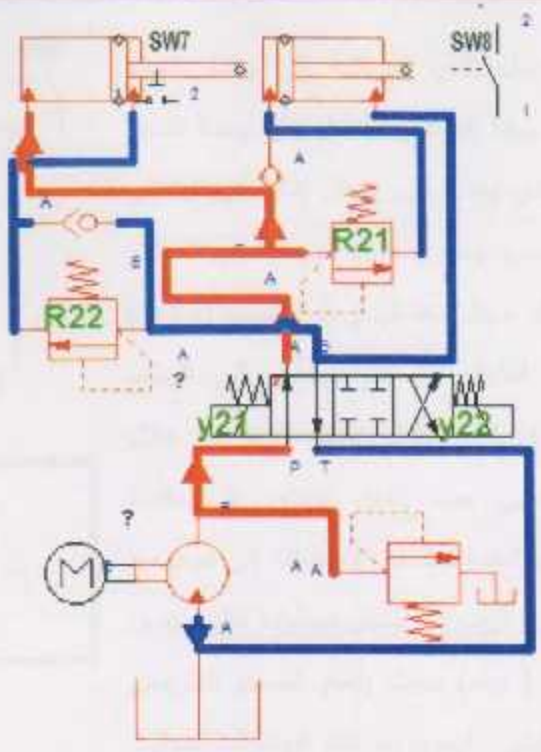
وبالتالي يرسل إشارة كهربائية إلى وحدة التحكم المنطقي المبرمج التي تعمل على قطع الإشارة الكهربائية عن الفيفين (Y52 ، Y12) وبالتالي يعود صمامي التحكم التوجيهي الخاصين بالوحدتين(أ)و(هـ) إلى موضعهما الأصلي كما في الشكل(٣.٢١) عن طريق قوة الوضع الكامنة في النابض الموجود داخل صمامي التحكم التوجيهي وبذلك تكون عملية ثني طرفي قضبان الحديد قد تمت.



الشكل(٣.٢١)

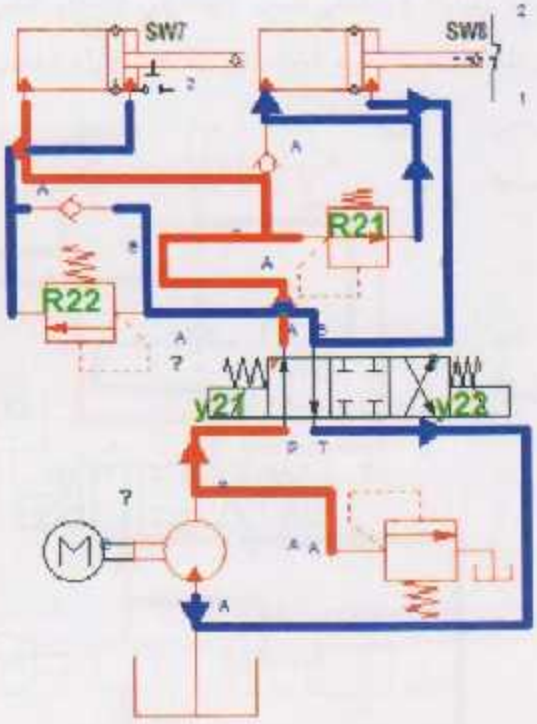
وبعدها مباشرة تبدأ عملية ثني الزاوية الثانية حيث وبمجرد تحول حالة مفتاحي نقطتي الارتكاز الأساسيتين للوحدتين(أ)و(هـ) من المفتوحة إلى المغلقة وأيضاً أن تكون حالة المفتاح(SW7) الخاص باسطوانة نقطة الارتكاز الأساسية للوحدة (ب) مغلقة ، تبدأ عملية الثني ، حيث يتم ذلك من خلال إرسال إشارة كهربائية إلى الفيف(Y21) لصمام التحكم التوجيهي (٤/٣) الخاص بالوحدة (ب) ، فيتولد مجال مغناطيسي في الفيف ، فتسحب الزلاق الداخلي للصمام ويتحول إلى الوضع المفتوح كما في الشكل(٣.٢٢).

جامعة بوليتكنك فلسطين
Palestine Polytechnic University
(PPU)
الرقم التسلسلي ١٢٧٩١
Acc.
رقم التصنيف
Class.

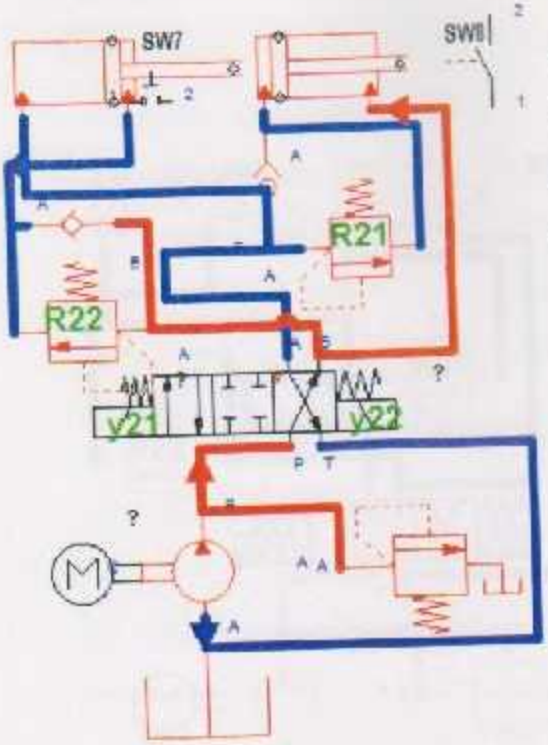


الشكل(٣.٢٢)

وبالتالي يتدفق الزيت الهيدروليكي داخل دائرة توالي العمليات (hydraulic sequence circuit) حيث يصل الزيت الهيدروليكي إلى صمام توالي العمليات (R21) ، وإلى صمام لارجعي ، كما ويصل إلى اسطوانة نقطة الارتكاز الأساسية للوحدة (ب) ، وبفعل ضغط الزيت الهيدروليكي المتولد من المضخة تندفع اسطوانة نقطة الارتكاز الأساسية إلى الأمام ، وعند وصول اسطوانة نقطة الارتكاز الأساسية إلى نهاية الشوط يزداد الضغط القادم من المضخة ، فيعمل الضغط الزائد على سريان الزيت الهيدروليكي عبر صمام توالي العمليات (R21) وبالتالي يصل الزيت إلى اسطوانة الثني الخاصة بالوحدة (ب) فتندفع إلى الأمام متغلبة على مقاومة الحديد للانثناء ، فتعمل على ثني الزاوية الثانية. وعند وصول اسطوانة الثني إلى نهاية الشوط حيث يتم تحديد ذلك من خلال (SW8) تتحول حالة المفتاح من الحالة المفتوحة إلى الحالة المغلقة كما في الشكل(٣.٢٣)



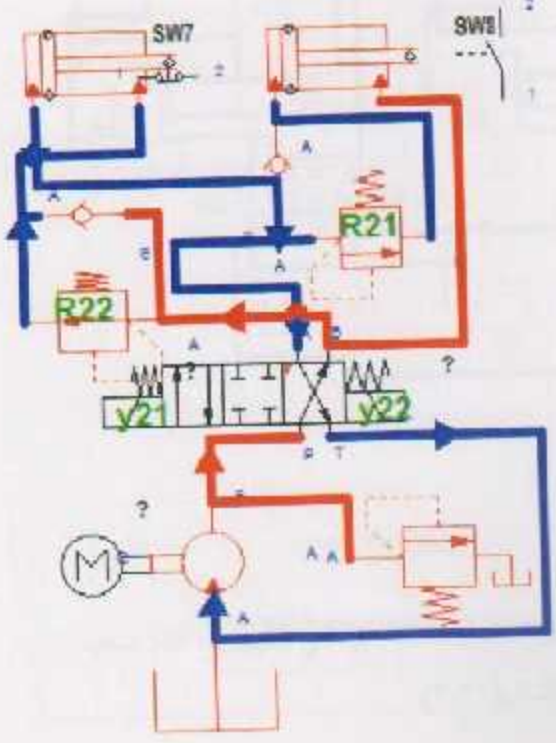
الشكل(٣.٢٣).



وبالتالي يرسل إشارة كهربائية إلى وحدة التحكم المنطقي المبرمج ، ووفقاً للبرنامج المحمل على وحدة التحكم المنطقي المبرمج والذي يعمل على إرسال إشارة كهربائية إلى اللفيف (Y22) بمجرد وصول إشارة كهربائية من المفتاح (SW8) حيث يتولد مجال مغناطيسي في اللفيف (Y22) ويتم إرجاع الزلاق الداخلي للصمام ويتحول إلى الوضع الموجود في الشكل(٣.٢٤). وبالتالي يتدفق الزيت من خلال صمام التحكم التوجيهي حيث يتدفق الزيت إلى مقدمة اسطوانة الثني وبفعل الضغط تندفع الاسطوانة إلى موضعها الأصلي ، حيث يخرج الزيت من مدخل اسطوانة الثني ليصل إلى صمام لارجعي (رداد) بحيث ينفتح الصمام اللارجعي أمام الضغط الهيدروليكي ، ليسري بعد ذلك الزيت إلى الخزان.

الشكل(٣.٢٤)

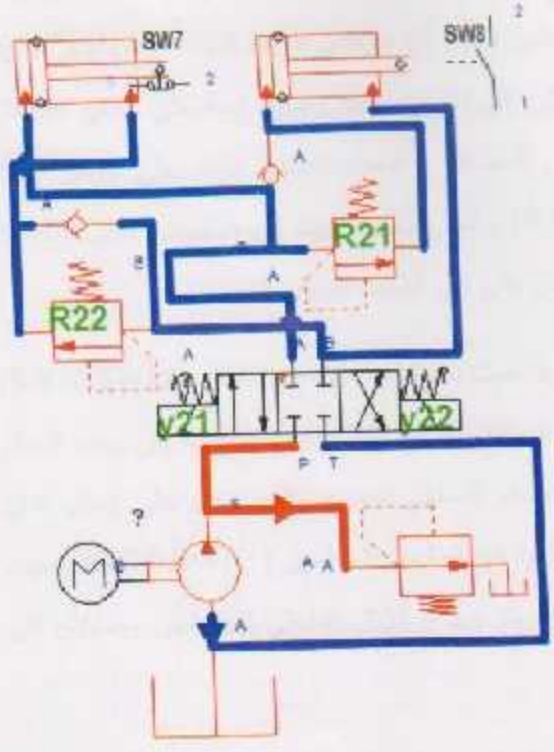
وبعد وصول اسطوانة الثني إلى نهاية الشوط يزداد الضغط القادم من المضخة فيعمل الضغط الزائد على سريان الزيت الهيدروليكي عبر صمام توالي العمليات (R22) وبالتالي يصل الزيت إلى المدخل الثاني الخاص باسطوانة نقطة الارتكاز الأساسية ، فتندفع إلى الخلف حيث يخرج الزيت من المدخل الأول الخاص باسطوانة نقطة الارتكاز الأساسية ليصل إلى صمام لارجعي (رداد) بحيث ينفتح الصمام اللارجعي أمام الضغط الهيدروليكي ليسري بعد ذلك الزيت إلى الخزان.



برجوع اسطوانة نقطة الارتكاز الأساسية إلى موضعها الأصلي تتحول حالة المفتاح (SW7) من الحالة المفتوحة إلى المغلقة كما في الشكل(٣.٢٥)

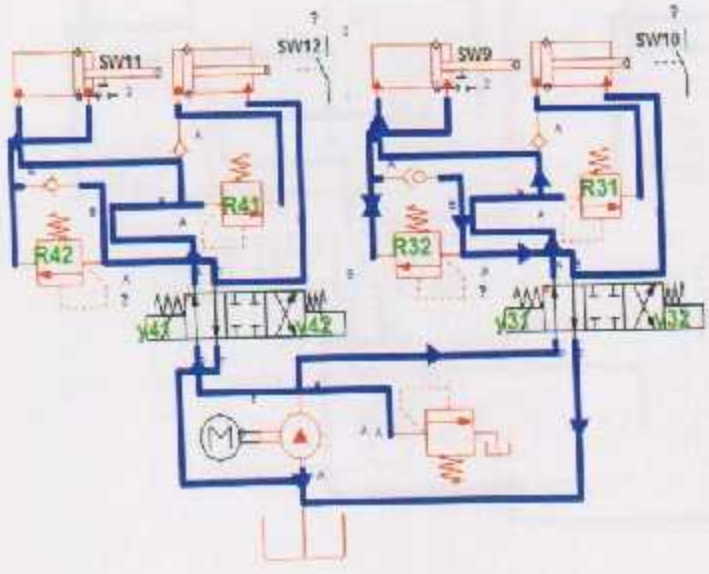
الشكل(٣.٢٥)

وبالتالي يرسل إشارة كهربائية إلى وحدة التحكم المنطقي المبرمج التي تعمل على قطع الإشارة الكهربائية عن اللفيف (Y22) وبالتالي يعود صمام التحكم التوجيهي إلى موضعه الأصلي كما في الشكل(٣.٢٦) عن طريق قوة الوضع الكامنة في النابض الموجود داخل صمام التحكم التوجيهي وبذلك تكون عملية ثني الزاوية الثانية قد تمت.



الشكل(٣.٢٦)

وبعدها مباشرة نبدأ عملية ثني الزاويتين المتبقيتين حيث وبمجرد تحول حالة مفتاح نقطة الارتكاز الأساسية(SW7) للوحدة(ب) من المفتوحة إلى المغلقة وأيضاً أن تكون حالة المفتاحين الخاصين باسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين للوحدتين (جـ) و(د) مغلقة ، تبدأ عملية الثني حيث يتم ذلك من خلال إرسال إشارة كهربائية إلى اللفيفين (Y41 , Y31) لصمامي

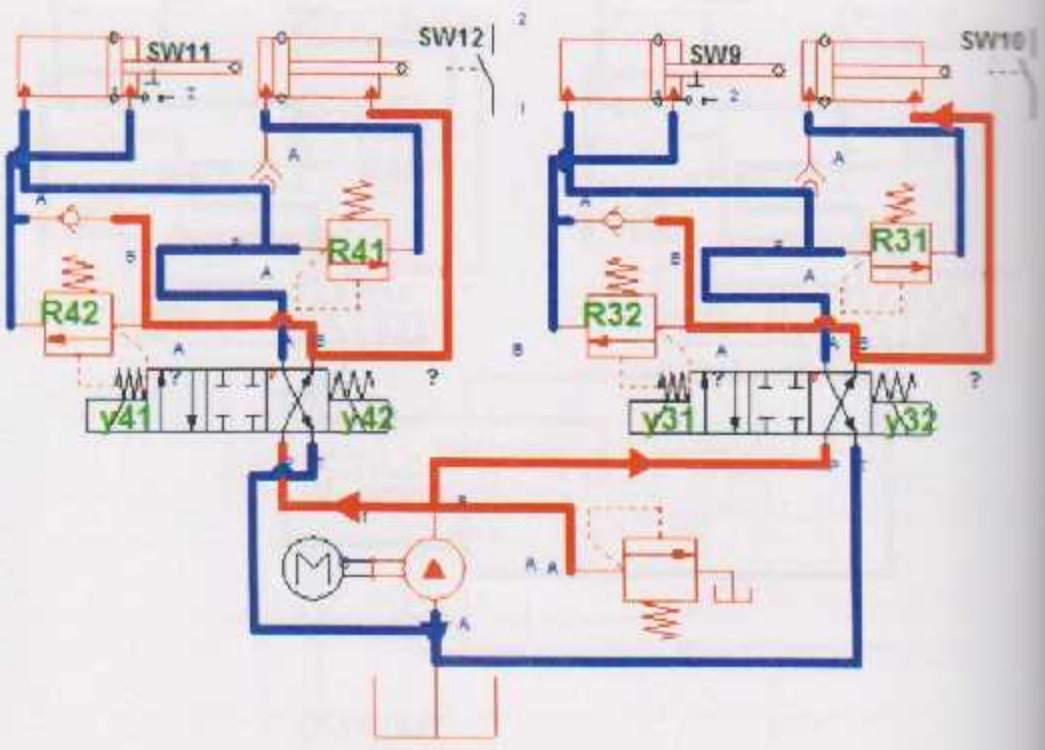


الشكل(٣.٢٧)

التحكم التوجيهي (٤/٣) الخاصين بالوحدتين (جـ) و (د) ، فيتولد مجال مغناطيسي في اللفيفين ، فيتم سحب الزلق الداخلي للصمامين ويتحولان إلى الوضع المفتوح كما في الشكل(٣.٢٧).

وبالتالي يتدفق الزيت الهيدروليكي داخل دائرة توالي العمليات (hydraulic sequence circuit) حيث يصل الزيت الهيدروليكي إلى صمامي توالي العمليات (R31 , R41) ، وإلى صمامين لارجعيين ، كما ويصل إلى اسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين للوحدتين (جـ) و(د) ، ويفعل ضغط الزيت الهيدروليكي المتولد من المضخة تندفع اسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين إلى الأمام ، وعند وصول اسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين إلى نهاية الشوط يزداد الضغط القادم من المضخة ، فيعمل الضغط الزائد على سريان الزيت الهيدروليكي عبر صمامي توالي العمليات (R31 , R41) وبالتالي يصل الزيت إلى اسطوانتي الثني فتندفعان إلى الأمام متغلبتان على مقاومة الحديد للانثناء ، فتعملان على ثني أطراف قضبان الحديد.

وعند وصول اسطوانتي الثني إلى نهاية الشوط حيث يتم تحديد ذلك من خلال (SW10,SW12) تتحول حالة المفتاحان من الحالة المفتوحة إلى الحالة المغلقة وبالتالي يرسل إشارة كهربائية إلى وحدة التحكم المنطقي المبرمج ، ووفقاً للبرنامج المحمل على وحدة التحكم المنطقي المبرمج والذي يعمل على إرسال إشارة كهربائية إلى اللفيفين (Y42 , Y32) بمجرد وصول إشارة كهربائية من المفتاحين (SW10,SW12) حيث يتولد مجال مغناطيسي في اللفيفين (Y42 , Y32) ويتم إرجاع الزلاق الداخلي للصمامين ويتحولان إلى الوضع الموجود في الشكل(٣.٢٨)

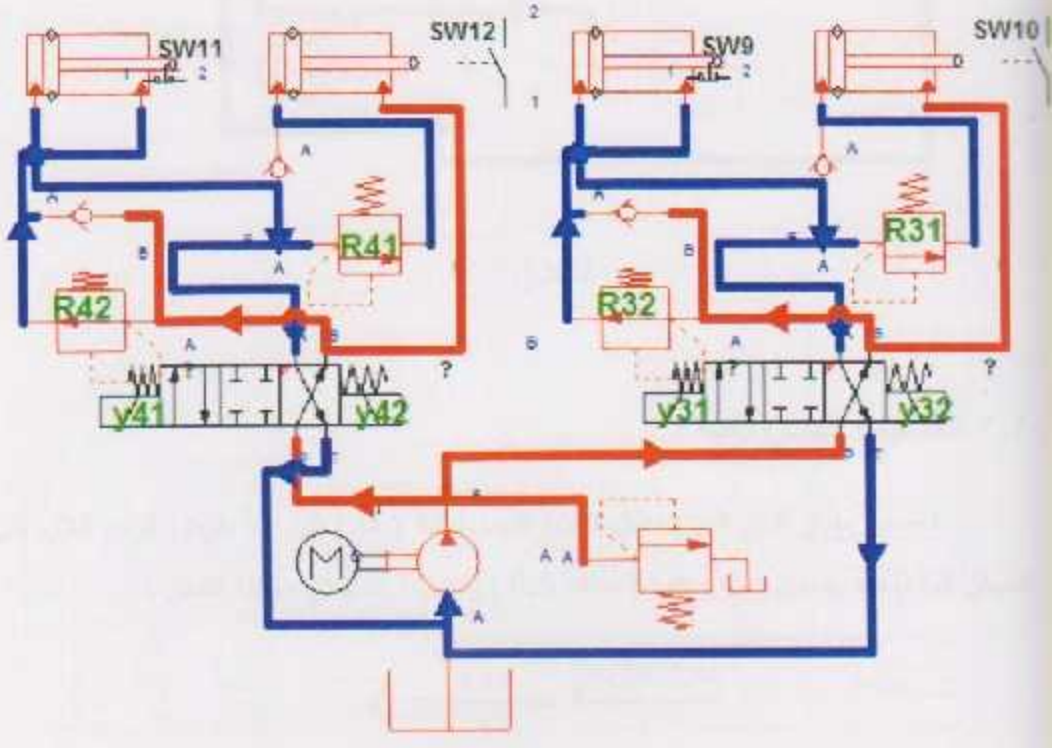


الشكل(٣.٢٨)

وبالتالي يتدفق الزيت من خلال صمامي التحكم التوجيهي الخاصين بالوحدتين (جـ) و(د) حيث يتدفق الزيت إلى مقدمة اسطوانتي الثني وبفعل الضغط تندفع الاسطوانتان إلى موضعهما الأصلي ، حيث يخرج الزيت من مدخل اسطوانتي الثني ليصل إلى صمام لارجعي (رداد) بحيث ينفتح الصمام اللارجعي أمام الضغط الهيدروليكي ، ليسري بعد ذلك الزيت إلى الخزان.

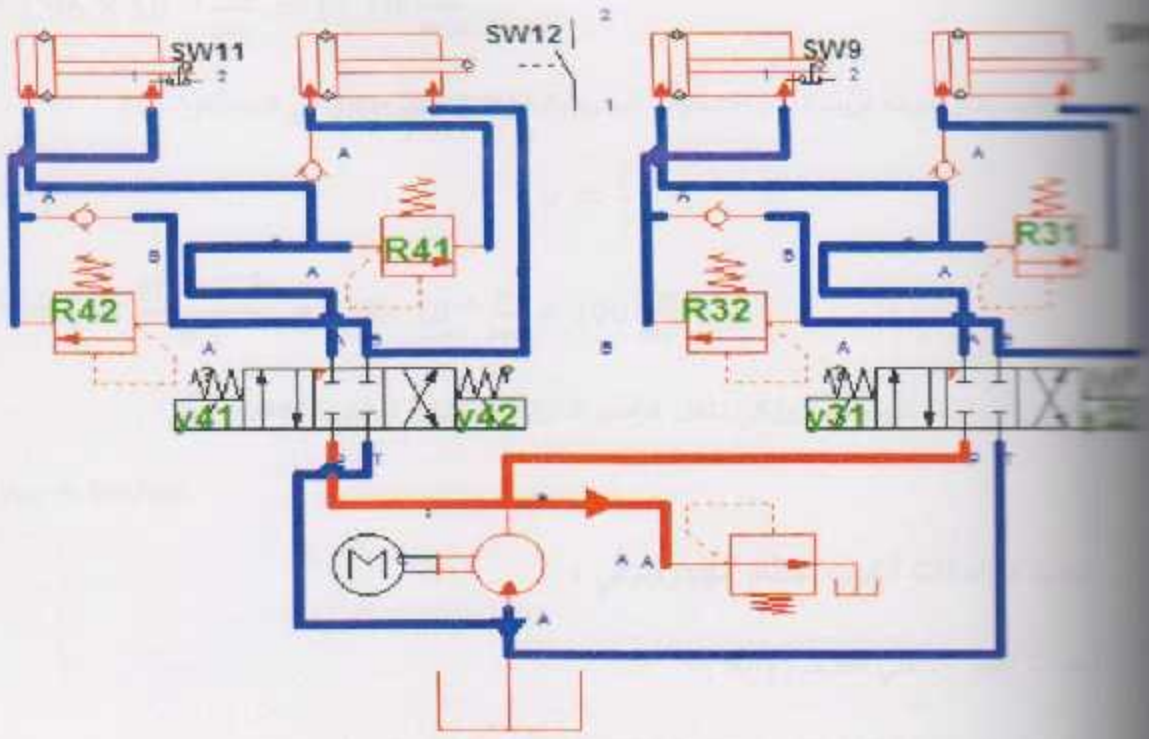
وبعد وصول اسطوانتي الثني إلى نهاية الشوط يزداد الضغط القادم من المضخة فيعمل الضغط الزائد على سريان الزيت الهيدروليكي عبر صمامي توالي العمليات (R42 ، R32) لكلا الوحدتين (جـ) و (د) وبالتالي يصل الزيت إلى المدخل الثاني الخاص باسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين ، فتندفعان إلى الخلف حيث يخرج الزيت من المدخل الأول الخاص باسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين ليصل إلى صمام لارجعي (رداد) بحيث ينفتح الصمام اللارجعي أمام الضغط الهيدروليكي ليسري بعد ذلك الزيت إلى الخزان.

برجوع اسطوانتي نقطتي الارتكاز الأساسيتين (جـ)و(د) إلى موضعهما الأصلي تتحول حالة المفتاحان (SW9,SW11) من الحالة المفتوحة إلى المغلقة كما في الشكل(٣.٢٩)



الشكل(٣.٢٩)

وبالتالي يرسل إشارة كهربائية إلى وحدة التحكم المنطقي المبرمج التي تعمل على قطع الإشارة الكهربائية عن اللفيفين (Y42 , Y32) وبالتالي يعود صمامي التحكم التوجيهي الخاصين بالوحدتين(جـ)و(دـ) إلى موضعهما الأصلي كما في الشكل(٣.٣٠) عن طريق قوة الوضع الكامنة في النابض الموجود داخل صمامي التحكم التوجيهي وبذلك تكون عملية ثني الكانات قد تمت.



الشكل(٣.٣٠)

٣.٢ الحسابات الهيدروليكية :

لحساب مقدار تدفق الزيت داخل الدائرة الهيدروليكية (Q) نقوم أولاً بفرض الزمن اللازم لثني ثلاث كانات ثنية واحدة ويساوي نصف ثانية (0.5 sec.) ونطبق مباشرة في معادلة التدفق :

$$Q = \frac{A \times s}{t} = \frac{\frac{\pi}{4} \times (ID)^2 \times s}{t} \qquad (٣.٥)$$

حيث :

Q هو معدل التدفق.(m^3/sec)، A مساحة مقطع الاسطوانة.(m^2) ،s مسافة الشوط .(m) ، t الزمن الذي تقطعه الاسطوانة خلال شوط واحد .(sec)، D القطر الداخلي للاسطوانة (m).

$$Q = \frac{A \times s}{t} = \frac{\frac{\pi}{4} \times (ID)^2 \times s}{t} = \frac{\frac{\pi}{4} \times (50 \times 10^{-3})^2 \times 50 \times 10^{-3}}{0.5}$$

$$= 1.96 \times 10^{-4} \frac{m^3}{sec}. = 11.78 \frac{L}{min}.$$

لحساب مقدار سرعة الزيت داخل الاسطوانة الهيدروليكية (v) نطبق مباشرة في المعادلة(٣.٦) :

$$v = \frac{s}{t} \qquad (٣.٦)$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{50 \times 10^{-3}}{0.5} = 100 \times 10^{-3} \frac{m}{sec} = 100 \frac{mm}{sec}$$

ونفرض أن سرعة الزيت الهيدروليكي داخل خراطيم الدائرة الهيدروليكية تساوي ($5\ m/sec$)

$$v_{oil} = 5 \text{m/sec}$$

تحديد مواصفات أنابيب النظام الهيدروليكي :

لحساب القطر الداخلي للخرطوم (ID) :

من خلال المعادلة(٣.٧) نستطيع استنتاج كيفية حساب القطر الداخلي للخرطوم.

$$Q = A \times v_{oil} \rightarrow A = \frac{Q}{v_{oil}} \qquad (٣.٧)$$

$$A = \frac{\pi (ID)^2}{4}$$

$$ID = \sqrt[2]{\frac{4Q}{\pi v_{oil}}} = \sqrt[2]{\frac{4 \times 1.96 \times 10^{-4}}{\pi \times 5}} = \sqrt[2]{5 \times 10^{-5}}$$

$$= 7.07 \times 10^{-3}\ m = 7.07\ mm$$

$$ID = 0.278\ in$$

لقد تم اختيار معامل أمان وقدره 4 وبالتالي سوف يكون ضغط انفجار أنابيب النظام (Burst pressure) يساوي أضعاف ضغط العمل (Work pressure).

$$BP = 4 \times WP = 4 \times 50\ bar = 200\ bar = 2900.76\ psi$$

وبالعودة إلى إحدى جداول الشركات الخاصة بتصنيع خراطيم الهيدروليك نجد أن قيمة ضغط الانفجار غير موجودة فنختار أقرب قيمة لها وهي 3188 psi وتساوي تقريباً ٢٢٠ بار. وعليه نجد باقي مواصفات الخرطوم من خلال الجدول:

عدد طبقات الخرطوم (Number of braids) = 2.

القطر الخارجي للخرطوم (OD) = 56.9mm=2.24in

القطر الداخلي للخرطوم (ID) = 38.1mm=1.5 in

وحسب مواصفات الخرطوم الجديدة سوف نقوم بحساب السرعة الجديدة للزيت:

$$v_{oil} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}(ID)^2} = \frac{1.96 \times 10^{-4}}{\frac{\pi}{4} \times (38.1 \times 10^{-3})^2} = 0.172 \ \frac{m}{sec}$$

زيت الهيدروليك :

لقد تم اختيار زيت هيدروليك من نوع (iso 68) وذلك لتوفره في السوق الفلسطيني ورخص ثمنه.

الهبوط في الضغط :

من المعروف أن هناك هبوطاً في ضغط المائع(الزيت) وهو من التأثيرات التي لا بد للمضخة أن تتغلب عليه. وعليه لابد من حساب ذلك الهبوط في الضغط على امتداد طول الخراطيم. فعند سريان الزيت خلال الخراطيم فإن القوى التي يجب التغلب عليها تأتي من عدة مصادر فبالإضافة لقوى الاحتكاك الناتجة من إجهاد القص عند الأسطح ، هناك قوة الجاذبية وقوة تغير اتجاه الزيت .

القوى الناتجة من الاحتكاك تختلف باختلاف رقم رينولدز(Reynolds number) وما يسمى بخشونة السطح (Surface Roughness).

الهبوط في الضغط ومعامل الاحتكاك :

قوى الاحتكاك تفقد الزيت الذي يسري بعضاً من طاقته. هذه الطاقة غالباً ما يعبر عنها كهبوط في الضغط (Pressure Drop) أو فقدان عمود الطاقة (Energy Head Loss) ويعرف هذا الهبوط أو الفقدان بفاقد الاحتكاك أو عمود الاحتكاك (Friction Head).

إن الهبوط في الضغط بين مقطعين يعطى بواسطة المعادلة التالية :

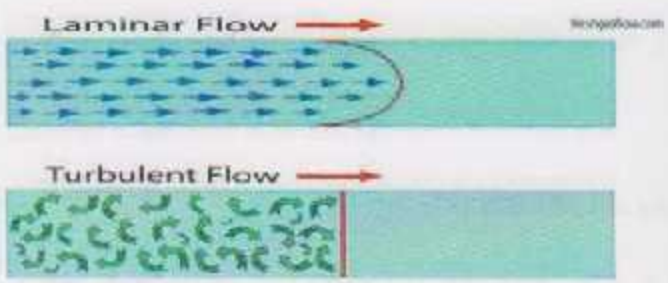
$$\Delta p = \frac{v^2 \times f \times L \times \rho}{2 \times ID} \qquad (٣.٨)$$

حيث :

f هو معامل الاحتكاك ، v هي سرعة الزيت(m/s) ، ρ هي كثافة الزيت(Kg/m^3) ، L طول الخرطوم(m) ، ID القطر الداخلي للخرطوم(m).

ولمعرفة هذا الهبوط في الضغط :

أولاً يجب حساب رقم رينولدز (Reynolds number) لتحديد طبيعة انسياب الزيت الهيدروليكي داخل الخراطيم ، فعند انسياب الزيت داخل الخراطيم فإنه يتعرض إلى مقاومة سببها الاحتكاك واللزوجة ، فإذا كان متوسط سرعة الزيت خلال الخراطيم منخفضاً فإن الزيت سوف يسري في خطوط متوازية على طول الخراطيم وفي هذه الحالة فإن جسيمات الزيت سوف تتحرك بصورة منتظمة وتحتفظ بمواقعها النسبية على مختلف المقاطع أثناء حركتها . في هذه الحالة يعرف انسياب الزيت بأنه انسياب هادئ أو انسياب طبقي (laminar flow) كما في الجزء العلوي من الشكل(٣.٣١).



الشكل(٣.٣١):شكل انسياب المائع.

وفي حالة زيادة السرعة المتوسطة إلى قيمة معينة فإن جسيمات الزيت سوف تتحرك بصورة غير منتظمة وستنشأ تيارات دوامية . في هذه الحالة يسمى انسياب الزيت بالانسياب الدوامي أو الانسياب المضطرب (Turbulent Flow) كما في الجزء السفلي من الشكل(٣.٣١).

ولحساب رقم رينولدز نطبق في المعادلة (٣.٩).

$$R_e = \frac{v \times ID}{\nu} = \frac{0.172 \times 0.0381}{.091 \times 10^{-4}} = 720 \qquad (٣.٩)$$

حيث :

R_e – رقم رينولدز (بدون وحدة)

v – سرعة السريان (m/sec).

ID–قطر الخرطوم الداخلي (m).

ν– اللزوجة الكينماتيكية (m^2/sec).

وقد وجد بالتجربة أنه :

$R_e < 2000$* :الانسياب الطبقي.

$2000 \leq R_e \geq 4000$* : الانسياب حرج.

$R_e > 4000$* : الانسياب مضطرب.

وبأن رقم رينولدز أقل من 2000 فالانسياب طبقي.

ثانياً يجب حساب معامل الاحتكاك (f):

من خلال التطبيق المباشر في المعادلة (٣.١٠) نستطيع حساب معامل الاحتكاك:

$$f = \frac{64}{R_e} = \frac{64}{720} = 0.089 \qquad (٣.١٠)$$

وبالتالي يمكن حساب الهبوط في الضغط نتيجة الاحتكاك من خلال المعادلة(٣.٨).

لقد تم تحديد طول الخرطوم الواصل من الوحدة الهيدروليكية إلى وحدة الثني بـ (m) 2.5

وبالعودة إلى جدول مواصفات الزيت المستخدم نجد أن كثافته تساوي($\rho = 865(\frac{kg}{m^3})$).

$$\Delta p = \frac{(0.077)^2 \times 0.2 \times 2.5 \times 865}{2 \times 0.0381} = 33.65\ Pa$$

يعبر هذا الضغط عن مقدار الضغط المفقود خلال سريان الزيت داخل الخرطوم الواصل من المضخة إلى صمام التحكم التوجيهي.

لحساب مقدار الخسائر الناتجة عن وصلة (Tee) نقوم بالتعويض في المعادلة (٣.١١)

$$H_L = K\frac{v_{oil}^2}{2 \times g} \quad (٣.١١)$$

حيث : K هو معامل الخسائر ، g تسارع الجاذبية الأرضية (m/s^2).

ولكن يجب أولاً معرفة مقدار معامل الخسائر (K).

وبالنظر إلى الجدول الخاص بمعامل الخسائر الخاص بـ (Tee) نرى أنه يوجد معاملين للخسائر وبالتالي يجب حساب الخسائر لكليهما.

الخسائر الناتجة عن مرور الزيت الهيدروليكي من خلال(through Tee line)

حيث قيمة (K) هي (٠.٩)

$$H_L = K\frac{v_{oil}^2}{2 \times g} = 0.9 \times \frac{0.077^2}{2 \times 9.81} = 2.72 \times 10^{-4}\ m$$

الخسائر الناتجة عن مرور الزيت الهيدروليكي من خلال(Tee branch line)

حيث قيمة (K) هي (١)

$$H_L = K\frac{v_{oil}^2}{2 \times g} = 1 \times \frac{0.077^2}{2 \times 9.81} = 3.022 \times 10^{-4}\ m$$

حساب الخسائر الناتجة عن الصمامات :

أولاً : حساب خسائر صمام التحكم التوجيهي (D1VW001C):

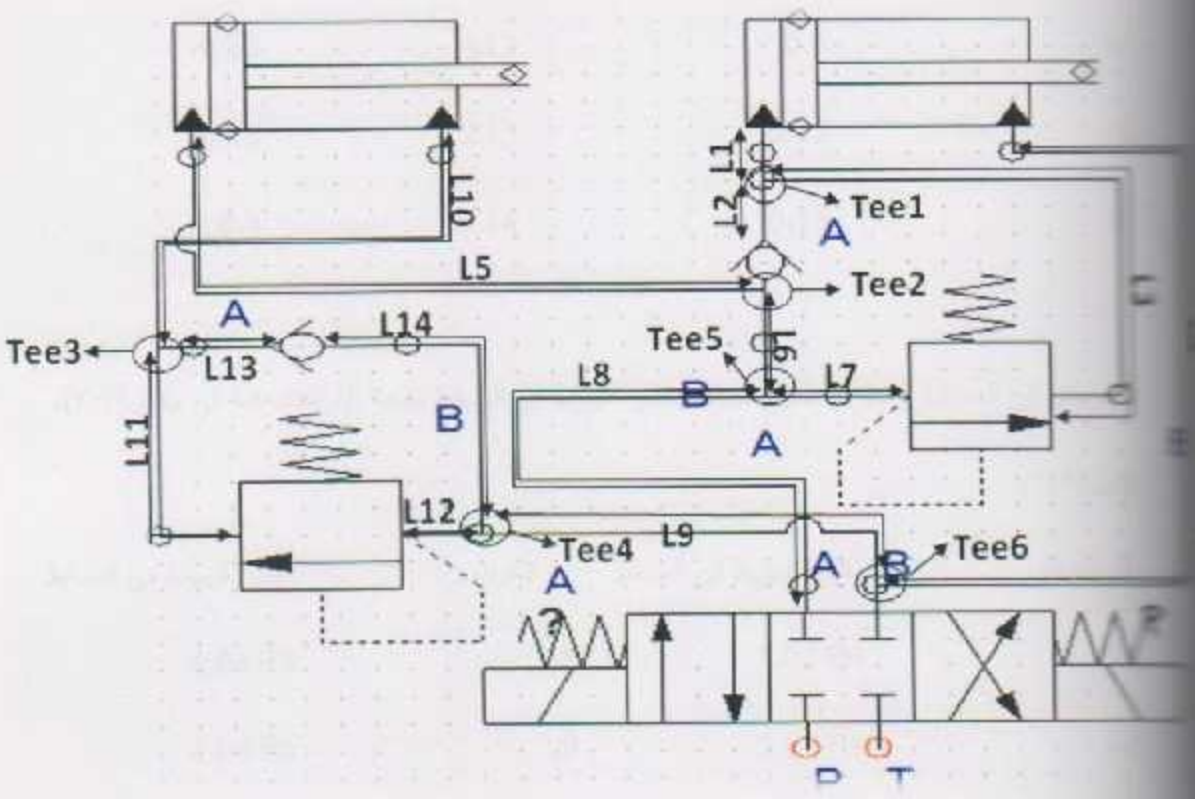
من خلال المنحنى الخاص بمقدار الهبوط في الضغط لصمام التحكم التوجيهي نستنتج أن مقدار الهبوط في الضغط يساوي ٠.٥ بار تقريباً.

ثانياً : حساب خسائر الصمام اللارجعي :

من خلال المنحنى الخاص بمقدار الهبوط في الضغط الخاص بالصمام اللارجعي نستطيع استنتاج أن مقدار الهبوط في الضغط يساوي ٠.٣ بار تقريباً.

تحديد أطوال الخراطيم :

لقد تم تحديد أطوال الخراطيم كما في الشكل (٣.٣٢) والجدول (٣.١)



الشكل(٣.٣٢)

جدول(٣.١)

رقم الخرطوم	طول الخرطوم(m)	رقم الخرطوم	طول الخرطوم(m)
L1	0.15	L8	0.3
L2	0.15	L9	0.3
L3	0.3	L10	0.3
L4	0.3	L11	0.3
L5	0.3	L12	0.15
L6	0.15	L13	0.15
L7	0.15	L14	0.3

بالتعويض في المعادلة (٣.٨) نستطيع حساب مقدار الهبوط في الضغط نتيجة الاحتكاك كما في جدول(٣.٢).

جدول(٣.٢)

رقم الخرطوم	مقدار الهبوط في الضغط	رقم الخرطوم	مقدار الهبوط في الضغط
L1	2.02 Pa	L8	4.04 Pa
L2	2.02 Pa	L9	4.04 Pa
L3	4.04 Pa	L10	4.04 Pa
L4	4.04 Pa	L11	4.04 Pa
L5	4.04 Pa	L12	2.02 Pa
L6	2.02 Pa	L13	2.02 Pa
L7	2.02 Pa	L14	4.04 Pa

عند تشغيل آلة ثني الكانات أوتوماتكيا وعند بدء عملية الثني يوجد مسارين ممكنين للزيت عبر دائرة توالي العمليات ، ولذلك سوف نقوم بحساب الخسائر عبر هذين المسارين ومن ثم نأخذ أكبر مقدار من الخسائر .

المسار الأول : عند بدء عملية الثني وتغير موضع صمام التحكم التوجيهي سوف ينطلق الزيت عبر (L8 ، Tee5 ، L6 ، Tee2 ، L5) ومن ثم يصل إلى اسطوانة نقطة الارتكاز الأساسية ومن ثم يسري الزيت عبر(L10 ، Tee3 ، L13 ، صمام لا رجعي ، L14 ، Tee4 ، L9 ، Tee6) ومن ثم إلى الخزان.

$$\Delta p_{11} = \Delta p_{L8} + \Delta p_{Tee5} + \Delta p_{L6} + \Delta p_{Tee2} + \Delta p_{L5} + 5000000 + \Delta p_{L10} + \Delta p_{Tee3} + \Delta P_{L13} + \Delta p_{\text{صمام}} + \Delta p_{L14} + \Delta p_{Tee4} + \Delta p_{L9} + \Delta p_{Tee6}$$

$$\Delta p_{11} = 9 + .0015 + 4.5 + .0015 + 9 + 5000000 + 9 + .0015 + 4.5 + 30000 + 9 + .0015 + 9 + .00136$$

$$\Delta p_{11} = 5030054.007 \text{ Pa} = 50.3 \text{ bar.}$$

وبعد وصول اسطوانة نقطة الارتكاز إلى نهاية الشوط سوف ينفتح صمام توالي العمليات وبالتالي سوف يسري الزيت عبر(Tee5 ، L7 ، صمام توالي العمليات ، L3 ، Tee1 ، L1)ومن ثم يصل إلى اسطوانة الثني ومن ثم يسري الزيت عبر (Tee6،L4) ومن ثم إلى الخزان.

$$\Delta p_{12} = \Delta p_{L7} + \Delta p_{Tee5} + \Delta p_{L3} + \Delta p_{Tee1} + \Delta p_{L1} + 5000000 + \Delta p_{L4} + \Delta p_{Tee6}$$

$$\Delta p_{12} = .00136 + 4.5 + 9 + .0015 + 4.5 + 5000000 + 9 + .0015$$

$$\Delta p_{12} = 5000027.004\ Pa = 50\ bar$$

مجموع الهبوط الكلي في الضغط للمسار واحد :

$$\Delta p_1 = \Delta p_{11} + \Delta p_{12}$$

$$\Delta p_1 = 5030054.007 + 5000027.004 = 10030081.01\ Pa = 100.3\ bar$$

المسار الثاني : عند نهاية عملية الثني تتغير حالة صمام التحكم التوجيهي إلى الحالة الثانية بحيث يسري الزيت عبر (Tee6 ، L4) ومن ثم يصل إلى اسطوانة الثني ومن ثم يسري الزيت عبر (L1 ، Tee1 ، L2 ، صمام لا رجعي ، Tee2 ، L6 ، Tee5 ، L8)ومن ثم إلى الخزان.

$$\Delta p_{21} = \Delta p_{Tee6} + \Delta p_{L4} + 5000000 + \Delta p_{L1} + \Delta p_{Tee1} + \Delta p_{L2} + \Delta p_{\text{صمام}} + \Delta p_{Tee2} + \Delta p_{L6} + \Delta p_{Tee5} + \Delta p_{L8}$$

$$\Delta p_{21} = .0015 + 9 + 5000000 + 4.5 + 4.5 + .00136 + 30000 + .00136 + 4.5 + .0015 + 9$$

$$\Delta p_{21} = 5030031.506\ Pa = 50.3\ bar$$

بعد وصول اسطوانة الثني إلى موضعها الأصلي سوف ينفتح صمام توالي العمليات وبالتالي سوف يسري الزيت عبر (Tee6 ، L9 ، Tee4 ، L12) ثم عبر صمام توالي العمليات ثم عبر (L11 ، Tee3 ، L10) ثم يصل اسطوانة نقطة الارتكاز ومن ثم يسري الزيت عبر(L5 ، Tee2 ، L6 ، Tee5 ، L8) ثم إلى الخزان.

$$\Delta p_{22} = \Delta p_{Tee6} + \Delta p_{L9} + \Delta p_{Tee4} + \Delta p_{L12} + \Delta p_{L11} + \Delta p_{Tee3} + \Delta p_{L10} + 5000000 + \Delta p_{L5} + \Delta p_{Tee2} + \Delta p_{L6} + \Delta p_{Tee5} + \Delta p_{L8}$$

$$\Delta p_{22} = .00136 + 9 + .00136 + 4.5 + 9 + .00136 + 9 + 5000000 + 9 + .0015 + 4.5 + .0015 + 9$$

$$\Delta p_{22} = 5000054.007\ Pa = 50\ bar$$

$$\Delta p_2 = \Delta p_{21} + \Delta p_{22} = 5030031.506 + 5000054.007 = 10030085.51\ \text{Pa}$$

$$-100.3\ \text{bar}$$

نجد أن مقدار الخسائر في كلا المسارين تقريباً متساوي لذلك نأخذ قيمة الخسائر تساوي ١٠٠.٣ بار ونكمل باقي حساباتنا عليه.

مقدار الهبوط في الضغط للوحدة الواحدة :

إن مقدار الهبوط في الضغط للوحدة الواحدة يساوي مجموع الهبوط في الضغط داخل الأنابيب وداخل الصمامات بالإضافة إلى الضغط الناتج عن حركة الاسطوانة لثني قضبان الحديد وبالتالي سوف نقوم بجمع هذه الضغوط لحساب مقدار الهبوط في الضغط للوحدة الواحدة.

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_{L=2.5} + \Delta P + \Delta P_{\text{صمام التحكم التوجيهي}}$$

$$\Delta P_{tot} = 0.000748 + 100.3 + 0.5$$

$$\Delta P_{tot} = 100.8\ bar$$

تحديد مواصفات المضخة :

يوجد لدينا عمليتي ثني متوازيتين وعملية ثني مفردة وبالتالي فإن مقدار التدفق سوف يتغير في حالة عمل العمليتين بشكل متوازي بحيث يصبح الضعف أما بالنسبة للضغط فلا يتأثر بكون العملية أصبحت توازي.

مقدار التدفق الواجب تدفقه من المضخة يساوي ضعفي التدفق المحسوب

$$Q_{tot} = 2 \times Q \qquad (٣.١٢)$$

$$Q_{tot} = 2 \times 1.96 \times 10^{-5} = 3.92 \times 10^{-5} \frac{m^3}{sec}. = 2.352 \frac{L}{min}.$$

مقدار الضغط القادم من المضخة يساوي :

$$P_{\text{pump}} = 1.5 \times \Delta P_{\text{tot}}$$

$$P_{\text{pump}} = 1.5 \times 100.8 = 151.2\ bar = 2193\ Psi$$

بالعودة إلى جداول إحدى الشركات المصنعة للمضخات الاسطوانية لا نجد مواصفات المضخة المطلوبة وعليه نختار مضخة مواصفاتها قريبة جداً من مواصفات المضخة المطلوبة.

المضخة المستخدمة هي مضخة اسطوانية ذات إزاحة موجبة(2SF10ES) مواصفاتها ضمن الملحقات.

حساب حجم خزان الزيت:

يتم حساب حجم الخزان من خلال حساب حجم الزيت داخل الدائرة الهيدروليكية بحيث يجب مراعاة حالتين ، الحالة الأولى وهي في حال عمل جميع الاسطوانات ، والحالة الثانية في حال أن الاسطوانات في حالة وضع الاستعداد بحيث أن جميع الزيت يكون موجود في الخزان لقيام المضخة بضخه داخل الدائرة الهيدروليكية.

حجم خراطيم التوصيل :

$$V = \frac{\pi}{4} \times (ID)^2 \times L \qquad (٣.١٣)$$

حيث :

L طول الأنبوب (m) ، ID القطر الداخلي للأنبوب.

$$V_{\text{hose}} = \frac{\pi}{4} \times (0.0381)^2 \times 2.5 = 2.85 \times 10^{-3}\ m^3$$

يوجد عشرة خراطيم بطول 2.5 متر (كل خرطوم يصل ما بين المضخة والوحدة الهيدروليكية)

$$V_{\text{hose}} = 10 \times 2.85 \times 10^{-3} = 0.0285\ m^3$$

بحساب مجموع أطوال الخراطيم الواصلة مابين الأسطوانات والصمامات نستنتج مجموع حجم الزيت داخل هذه الخراطيم.

$$L_{tot} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9 + L_{10} + L_{11} + L_{12} + L_{13} + L_{14}$$

$$L_{tot} = 0.15 + 0.15 + 0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.15 + 0.15 + 0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.15 + 0.15 + 0.3$$

$$L_{tot} = 3.3\ m$$

حجم الخراطيم :

$$V_{hose} = \frac{\pi}{4} \times (0.0381)^2 \times 3.3 = 3.76 \times 10^{-3} m^3$$

يوجد خمسة وحدات للثني لذلك نضرب الحجم الناتج في خمسة وذلك لاستنتاج مقدار الحجم الكلي.

$$V_{T.hose} = 5 \times 3.76 \times 10^{-3} = 0.0188\ m^3$$

حجم اسطوانات الثني واسطوانات نقاط الارتكاز الأساسية:

بحساب حجم اسطوانة واحدة وضربها في عدد الاسطوانات نستطيع استنتاج حجم جميع اسطوانات الدائرة الهيدروليكية.

لحساب حجم اسطوانة واحدة نعوض في المعادلة(٣.١٣)

$$V_{\text{الاسطوانة}} = \frac{\pi}{4} \times (ID)^2 \times L$$

$$V_{\text{الاسطوانة}} = \frac{\pi}{4} \times (50 \times 10^{-3})^2 \times 50 \times 10^{-3} = 9.82 \times 10^{-5} m^3$$

حساب حجم جميع الاسطوانات:

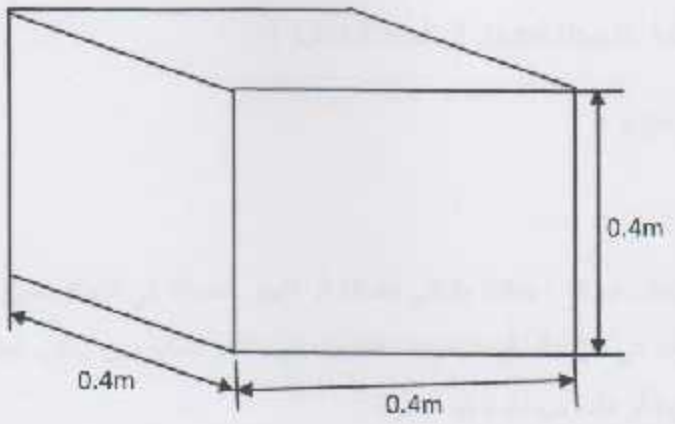
$$V_{\text{جميع الاسطوانات}} = 10 \times 9.82 \times 10^{-5} = 9.82 \times 10^{-4} m^3$$

مجموع الحجم الكلي يساوي مجموع حجم الخراطيم بالإضافة إلى مجموع حجم الاسطوانات.

$$V = V_{\text{جميع الاسطوانات}} + V_{\text{جميع الخراطيم}} = 9.82 \times 10^{-4} + 0.0473 = 0.0483\ m^3 = 48.3\ L$$

أبعاد الخزان :

تم اختيار أبعاد الخزان كالتالي



يجب أن تكون فتحة الخزان على ارتفاع ٥سم وبالتالي نحسب حجم الزيت الموجود تحت فتحة الخزان:

وعليه تكون كمية الزيت المطلوبة داخل آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً تساوي كمية الزيت داخل دائرة الهيدروليك بالإضافة إلى كمية الزيت الموجودة في قعر الخزان أي الموجودة تحت فتحة الخزان

٣.٣ المتحكم المنطقي المبرمج (PLC) :

في الأونة الأخيرة شاع انتشار استخدام الحاسب الآلي في التطبيقات الصناعية بكثرة ، وذلك نظراً للتقدم التكنولوجي الهائل في مجال الحاسب الآلي وما صاحبه من تقدم في مجال التحكم الآلي والتحكم الرقمي.

ومن مظاهر ذلك استخدام المتحكم المنطقي المبرمج في عمليات التحكم بالمنشآت والآلات الصناعية المختلفة وما فيها من مصانع ، إضاءة تكييف وما إلى ذلك....

وبذلك يمكننا تعريف المتحكم المنطقي المبرمج على انه جهاز الكتروني رقمي يستخدم ذاكرة قابلة للبرمجة لتخزين التعليمات ، وينفذ مهام معينة (منطقية ، أو تتابعيه ، أو زمنية ، أو عددية ، أو رياضية) للتحكم في الآلات والعمليات الصناعية.

يتكون جهاز التحكم من مجموعة كبيرة من الدوائر الإلكترونية موصلة مع بعضها في مجموعات تسمى الدوائر المنطقية. تقوم هذه الدوائر بكافة العمليات الحسابية والمنطقية وكذلك عمليات التخزين ونقل ومسح المعلومات داخل جهاز التحكم.

مما سبق يتضح أن المتحكم المنطقي المبرمج يقوم بتنفيذ العمليات المنطقية التي كانت تنفذ في الماضي باستخدام المرحلات الإلكتروميكانيكية والمفاتيح الميكانيكية والمؤقت والعدادات...إلخ.

وتستعمل هذه الدوائر النظام الثنائي أي أن جميع عناصرها يمكن أن يكون لها حالتي تشغيل فقط:

حالة عدم التشغيل أو الحالة المنطقية 0 وحالة التشغيل أو الحالة المنطقية 1.

حيث يتميز المتحكم المنطقي المبرمج بـ :

١- المرونة :

بما أن البرنامج المخزن يمكن تعديله ، يمكننا بالتالي إضافة أو تغيير خطوات في التحكم بدون اللجوء لإجراء تغيير في التوصيلات سواء في الإدخال أو الإخراج. النتيجة هي نظام تحكم مرن يمكن استخدامه لوظائف التحكم ذات الطبيعة المتغيرة أو ذات درجات تعقيد متفاوتة.

٢- تصحيح الأخطاء :

إن إجراء التغييرات أو إصلاح الأخطاء في حالة لوحات التحكم ذات المرحلات يتطلب وقتاً طويلاً. في حين أنه باستخدام المتحكم المنطقي المبرمج (PLC) ينحصر الأمر في تغيير بعض الأوامر في البرنامج وبذلك نختصر كثير من الوقت. من الجدير بالذكر أيضاً أنه باستخدام المتحكم المنطقي المبرمج يمكن تحديد أعطال الماكينة التي يتم التحكم فيها بدقة وسرعة متناهيتين ، بل يمكن إجراء تعديل في البرنامج بحيث يستمر أداء الماكينة طبيعي حتى يتم إصلاح العطل.

٣- عدد كبير من نقط الاتصال :

إن المتمم الواحد داخل المتحكم المنطقي المبرمج يعطي مئات النقاط للاتصال سواء المغلقة أو المفتوحة . إن إضافة نقاط اتصال يتم بسهولة بواسطة إضافة جزء بسيط جديد للبرنامج.

٤- انخفاض التكلفة :

بإدخال التقنيات الحديثة أمكن تخفيض تكلفة أجهزة المتحكم المنطقي المبرمج بدرجة كبيرة بحيث أصبحت في كثير من الحالات أوفر من الطرق التقليدية للتحكم.

٥- التنفيذ الاختباري للبرنامج قبل تركيب المتحكم المنطقي المبرمج على المعدة الصناعية :

يمكن اختبار البرنامج اختبارا تاما دقيقا في المعمل ، مما يوفر الوقت في المصنع ، وهو ما يصعب تحقيقه باستخدام نظم التحكم التقليدية باستخدام المرحلات.

٦- سرعة التنفيذ :

إن زمن تنفيذ العمليات المنطقية لبرامج المتحكم المنطقي المبرمج وهو ما يطلق عليه ' زمن المسح ' وهو الزمن الذي يستغرقه تنفيذ البرنامج كله يقاس بمضاعفات الجزء من الألف من الثانية.

٧- سهولة التعامل :

يعد المتحكم المنطقي المبرمج جهاز واحد يجمع داخله كل المرحلات ، العدادات ، المرحلات الزمنية مما يسهل عملية الشراء وعملية التوصيل ويقلل في الحجم المطلوب توفيره من المكان.

المكونات الأساسية للمتحكم المنطقي المبرمج:

١- مصدر التغذية :

تقوم هذه الوحدة بتوفير الجهد المطلوب لتشغيل الوحدات والعناصر الالكترونية وكذلك توفير الجهد اللازم لتشغيل المفعلات والمجسات.....إلخ. وهو ٢٢٠ فولت.

٢- وحدة البرمجة :

ويطلق عليها أسماء صناعية عدة ولكنه في النهاية يستخدم لإدخال البرنامج الذي سوف يستخدم في عملية التحكم إلى جهاز PLC.

الشكل(٣.٣٣): أجهزة برمجة

٣- وحدة المعالجة المركزية (CPU) :

وحدة التحكم المركزية وهي العقل بالنسبة لجهاز التحكم المنطقي المبرمج وتتكون من واحد أو أكثر من الميكروبرسيسور وتتوفر لها المساعدات المطلوبة للتوصيل بوحدة البرمجة وأجهزة الإدخال والإخراج وهي كذلك مركز اتخاذ القرارات لوحدة الـ PLC وتقوم بما يلي:

١- استقبال و معالجة الإشارات المنطقية المرسلة من وحدة الإدخال.
٢- اتخاذ القرارات المناسبة حسب التعليمات المخزنة في ذاكرة البرنامج.
٣- إصدار أوامر التحكم لوحدة الإخراج حسب تعليمات البرنامج المخزنة في الذاكرة.

٤- تقوم وحدة المعالجة المركزية بعديد من العمليات مثل العد، التوقيت، مقارنة البيانات ، العمليات المتسلسلة و الإزاحة.

ولكل وحدة معالجة مواصفات تختلف في سرعتها في تنفيذ العمليات وسعة ذاكرتها من نوع إلى آخر ، ومن شركة مصنعة إلى أخرى.

٤- وحدة الذاكرة:

يوجد نوعين رئيسيين من الذاكرة في وحدة الـ PLC :

١-الذاكرة العشوائية (RAM) : وهي الذاكرة التي يمكن إدخال البيانات لها مباشرة من أي عنوان كما أنه يمكن كتابة وقراءة البيانات من هذه الذاكرة. وهي ذاكرة غير دائمة أي مؤقتة يعني هذا أن البيانات المخزنة فيها ستفقد في حالة فقد الطاقة الكهربية المشغلة لها و لذلك يتم تركيب بطارية لتجنب فقد البيانات في حالة فقد الطاقة الرئيسية المشغلة لها.

٢-ذاكرة القراءة فقط (ROM) وهي الذاكرة التي يمكن قراءة البيانات منها و لكن لا يمكن كتابة البيانات عليها. هذه الذاكرة تستخدم لحماية البيانات أو البرامج المخزنة فيها من المحو، و هي ذاكرة دائمة و هذا يعني أن البيانات المخزنة فيها لن تفقد في حالة فقد الطاقة الكهربائية. تنقسم هذه الذاكرة إلى:

- ذاكرة القراءة فقط القابلة للبرمجة و المسح (EPROM) و هي ذاكرة للقراءة فقط و لكن يمكن مسح البيانات منها وذلك بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية لتصبح جاهزة لاستقبال بيانات جديدة بواسطة كاتب بيانات خاص بها.
- ذاكرة القراءة فقط القابلة للمسح و البرمجة إلكترونياً (EEPROM) وهي كذلك ذاكرة للقراءة فقط و لكن يمكن أن يتم مسح البيانات المخزنة بها وذلك بوضعها على (صيغة عدم الحماية) و من ثم إدخال بيانات جديدة لها.

٥- وحدات الإدخال:

وهي التي تستقبل إشارات الإدخال القادمة من (Micro switch) وتقوم بنقلها إلى وحدة المعالجة. تقوم وحدة الإدخال باستقبال الإشارات التماثلية المرسلة من هذه العناصر و تقوم بتحويلها إلى إشارات منطقية يمكن أن تتعامل معها وحدة المعالجة المركزية.

٦- وحدات الإخراج :

وهي التي تستقبل نتيجة العمليات التي تمت في وحدة (CPU) وتنقل الإشارات الناتجة من تنفيذ البرامج إلى الصمام التوجيهي وذلك لإيقاف أو تشغيل الاسطوانة الهيدروليكية.

٣.٤ آلية وأداء الماكينة العامة :

لقد تم استخدام مبادئ النظام الهيدروليكي التي تم ذكرها سابقاً بالإضافة إلى مبادئ التحكم باستخدام التحكم المنطقي المبرمج وذلك لاستغلالها في تشكيل كانة الحديد بحيث نحصل على الشكل والأبعاد المطلوبة.

تكون الآلة من الأقسام الآتية :

١- قسم الإدخال .

٢- قسم الثني.

٣- قسم الإخراج.

أولاً : قسم الإدخال :

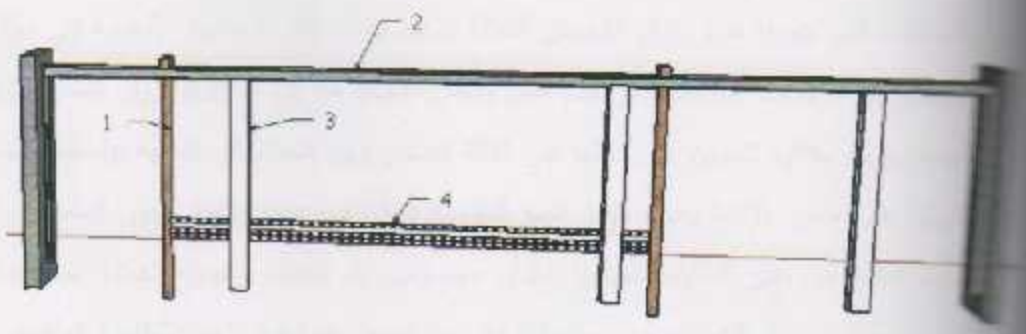
تبدأ عملية إنتاج الكانات من تهيئة الآلة بوضع قضبان الحديد في مكانها المخصص كما في الشكل(٣.٢٤) ، يتم تجهيز القضبان قبل وضعها بحيث يقوم العامل بضبط أطوال قضبان الحديد من خلال قصها حسب الأطوال المطلوبة بحيث تكون أطوال القضبان مناسبة وملائمة لأبعاد الكانة المراد تشكيلها ، ثم يتم وضع ٥٠ قضيب حديد في حاوية مخصصة ، وهذه الحاوية عبارة عن حامل لقضبان الحديد حيث تزود الآلة بقضبان الحديد ، وفي كل عملية ثني أو تشكيل للكانة يتم تزويد الآلة بثلاثة قضبان حديد من قسم الإدخال لإنتاج ثلاث كانات في العملية الواحدة ، تكون قضبان الحديد مرتبة ترتيباً عمودياً فوق بعضها البعض وتعتمد على مبدأ الجاذبية الأرضية و مسندات خاصة تعمل بواسطة محرك كهربائي في عملية إيصال القضبان إلى الآلة ، حيث يتم استغلال وزن القضبان في الانتقال من قسم الإدخال إلى قسم الثني اعتمادا على المسندات.

يحتوي قسم الإدخال على دعامتين جانبيتين للتثبيت حيث تعمل هاتين الدعامتين على منع قضبان الحديد من الإزاحة عن مراكز التثبيت ويضمن بقاءها منتظمة ومرتبة ترتيباً عمودياً. وتعمل ركائز الحاوية على تثبيت قضبان الحديد ومسندات ومحرك كهربائي.

آلية عمل هذا القسم :

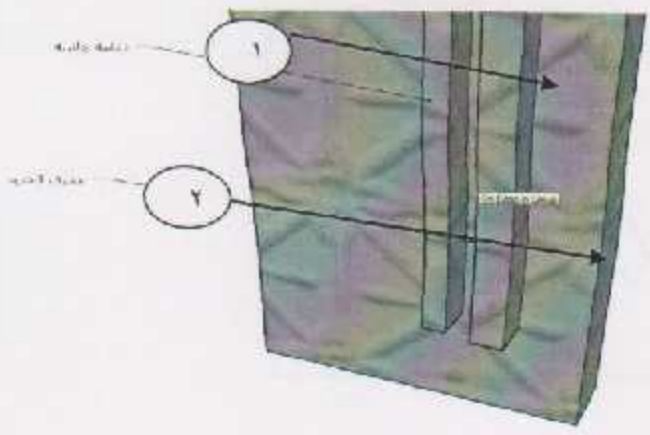
١- يتم ضبط دعامتي التثبيت (١) كما في الشكل (٣.٣٤) بما يتوافق مع أبعاد الكانة وذلك وفق تقسيمات الوحدات في قسم الثني.

٢- يتم إدخال قضبان الحديد التي تم قصها وضبط طولها إلى مكانها داخل الحاوية من خلال خط الإدخال.



الحاوية :١.دعامة تثبيت ،٢.جسر الحاوية ، ٣.ركيزة الحاوية ، ٤. قضيب الحديد.

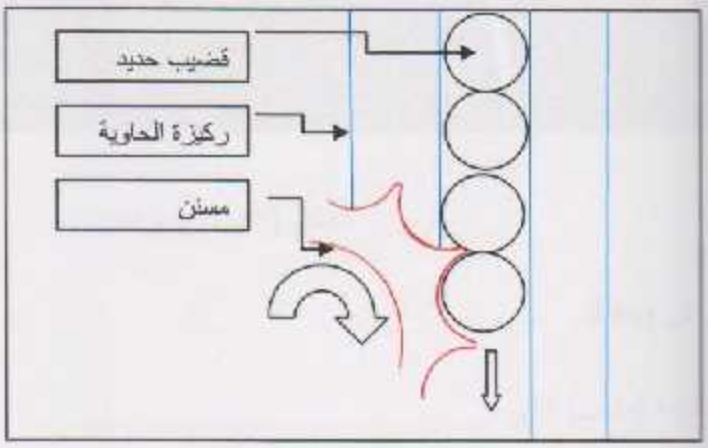
الشكل(٣.٣٤): قسم الإدخال.



١. دعامة ،٢. مجرى القضبان

الشكل(أ ٣.٣٥) قسم الإدخال

٣- في أسفل الحاوية و فوق الوحدات الميكانيكية بخمسة سنتيمترات يتم تثبيت محور مثبت عليه أربع مسننات ذات تصميم خاص يعمل على حمل قضبان الحديد الخمسين كما هو موضح في الشكل (٣.٣٥ ب) يدور المحور بواسطة محرك كهربائي يحتوي على مسننات(warm gear) حيث أن هذه المسننات لن تدور في حال تم تحميلها بقضبان الحديد في حال قطع التيار عن المحرك نتيجة للعزم المتولد على المسننات الأربعة تحت تأثير وزن قضبان الحديد الذي لا يتجاوز الأربعين كغم للحمولة القصوى لقسم الإدخال والتي تبلغ خمسين قضيب حديد بطول المترين ، وبذلك تبقى القضبان في الحاوية معزولة عن قسم الثني ، بعد أن تتم عملية الثني للكانات في قسم الثني يعمل المحرك الكهربائي فيدور ٩٦ درجة باتجاه عقارب الساعة فيعمل على إدارة المسننات التي بدورها تقوم بإنزال القضبان الثلاثة لتسقط تحت تأثير الجاذبية الأرضية إلى مواقعها بين نقاط الارتكاز في الوحدات الميكانيكية في قسم الثني وتجدر الإشارة هنا إلى أن زاوية دوران المحرك تمثل الزاوية بين أربعة رؤوس متتالية للمسنن من خلالها تمر ثلاثة قضبان ويتم التحكم في العملية بواسطة مقاومة متغيرة يتم تثبيتها على محور الإدارة بحيث تتغير قيمة المقاومة تبعاً لتغير مقدار زاوية محور المحرك ، ثم يتم مقارنة الجهد الناتج عن تغير المقاومة المتغيرة بمقدار جهد معين يتم تحديده بالتجربة العملية عند زاوية مقدارها ٩٦ درجة بحيث يتم فصل الكهرباء عن محرك الإدخال عند وصول قيمة فرق الجهد للمقاومة المتغيرة.



الشكل (٣.٣٥ ب) : عملية الإدخال.

ثانياً : قسم الثني :-

يعتبر هذا القسم هو أساس عملية تشكيل الكانة بحيث يتم استخدام المتحكم المنطقي المبرمج للتحكم في النظام الهيدروليكي المسئول عن توليد القوى الخطية اللازمة لثني قضبان الحديد وتشكيل الكانة.

يتكون من خمس وحدات هي (أ ، ب ، جـ ، د ، هـ) :

الشكل (٣.٣٦) قسم الثني

تتكون كل وحدة:

١- أسطوانة (مكبس) الثني.

٢- نقطة ارتكاز أساسية متحركة.

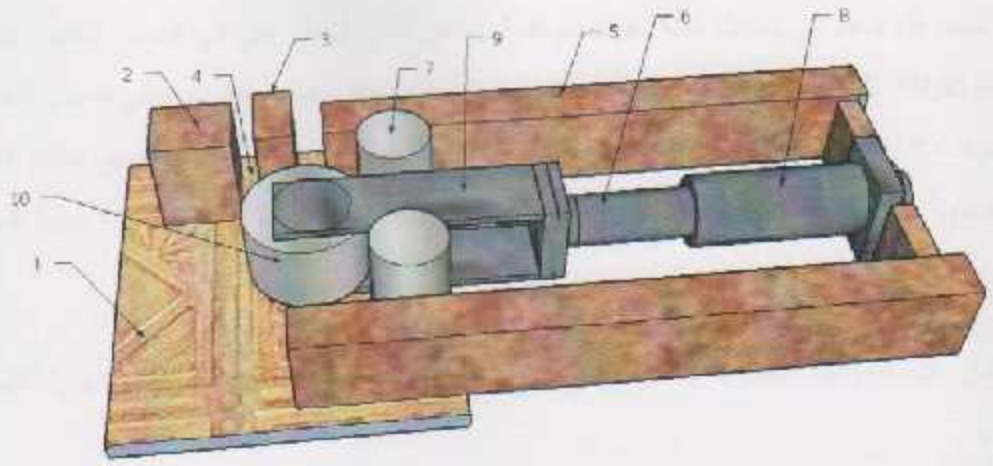
٣- نقطة ارتكاز ثانوية ثابتة.

٤- بل استناديه لدعم ذراع المكبس ومنعه من الحركة الجانبية.

تكون نقطة الارتكاز الأساسية المتحركة من مكبس مثبت عمودياً ، يحتوي رأس المكبس على نقطة ارتكاز .

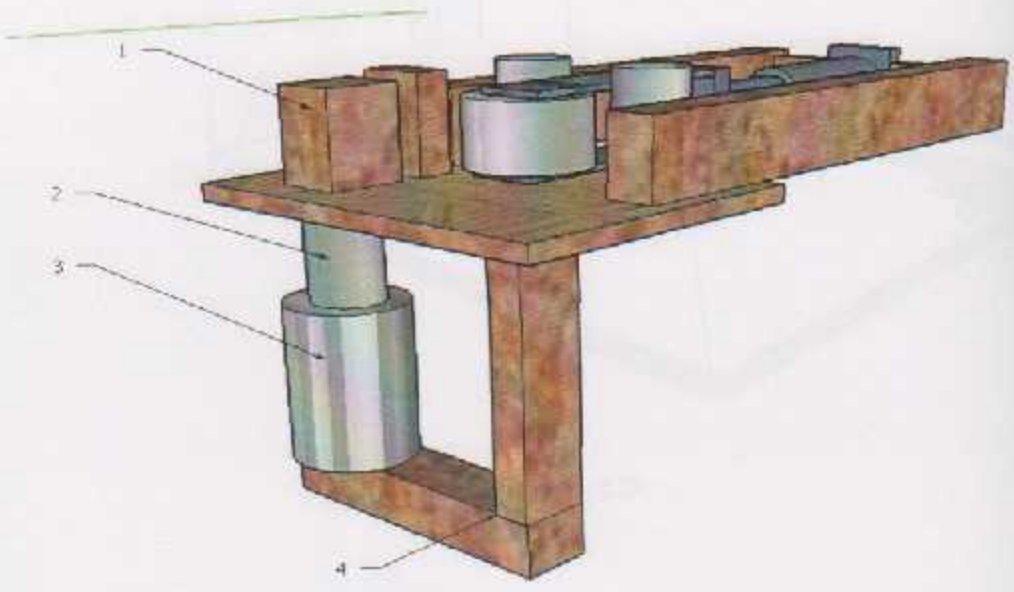
تتحرك الوحدات جميعها أفقياً على محور واحد فيما عدا الوحدة (د) فهي ثابتة.

إن الهدف من تحريك الوحدات هو الحصول على أبعاد متغيرة تمثل أبعاد الكانة المراد الحصول عليها. تكون الوحدات مرتبة ترتيباً أفقياً على طاولة العمل التي تمثل الهيكل الأساسي للآلة.



وحدة ميكانيكية : ١. قاعدة الوحدة ٢.نقطة ارتكاز أساسية متحركة ٣. نقطة ارتكاز ثانوية ثابتة ٤.مجرى التضيب ٥. دعامة المكبس ٦. ذراع المكبس ٧.بيليا استنادية ٨. اسطوانة المكبس ٩.رأس المكبس ١٠. بيليا الثني.

الشكل(٣.٣٧) وحدة ميكانيكية



١.نقطة ارتكاز أساسية متحركة ٢.ذراع المكبس ٣.اسطوانة المكبس ٤.دعامة المكبس

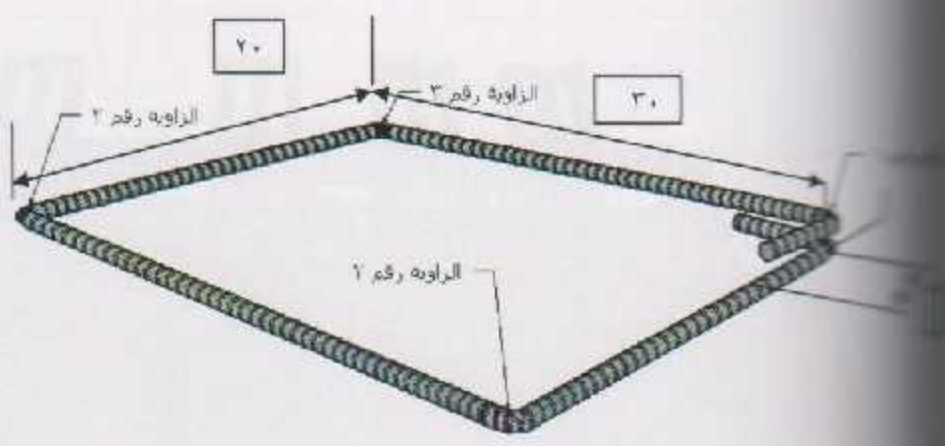
الشكل (٣.٣٨)نقطة ارتكاز أساسية متحركة

ملاحظة هامة : مقطع نقطة الارتكاز الأساسية دائري الشكل

مبدأ عمل الوحدات:

تعمل كل وحدة من وحدات الآلة بحيث يتم تفعيل مكبس الثني ليعمل على ثني قضبان الحديد حيث تشكل نقاط الارتكاز الدعامة الثابتة لتثبيت القضبان. وفي الوقت الذي ينتهي فيه المكبس من ثني قضبان الحديد بزاوية وقدرها ٩٠ درجة يتم تفعيل المكبس الحامل لنقطة التثبيت الأساسية متحركاً للأسفل ، ليصبح سطح نقطة الارتكاز مستوياً مع سطح قاعدة الوحدة الميكانيكية ليسمح بمرور القضبان التي تم ثنيها بزاوية ٩٠ درجة تقريبا

آلية العمل :لتوضيح آلية العمل لا بد من وضع التقسيم التالي للكانة المراد تشكيلها مثلا كما يلي: "الأبعاد بوحدة سم "



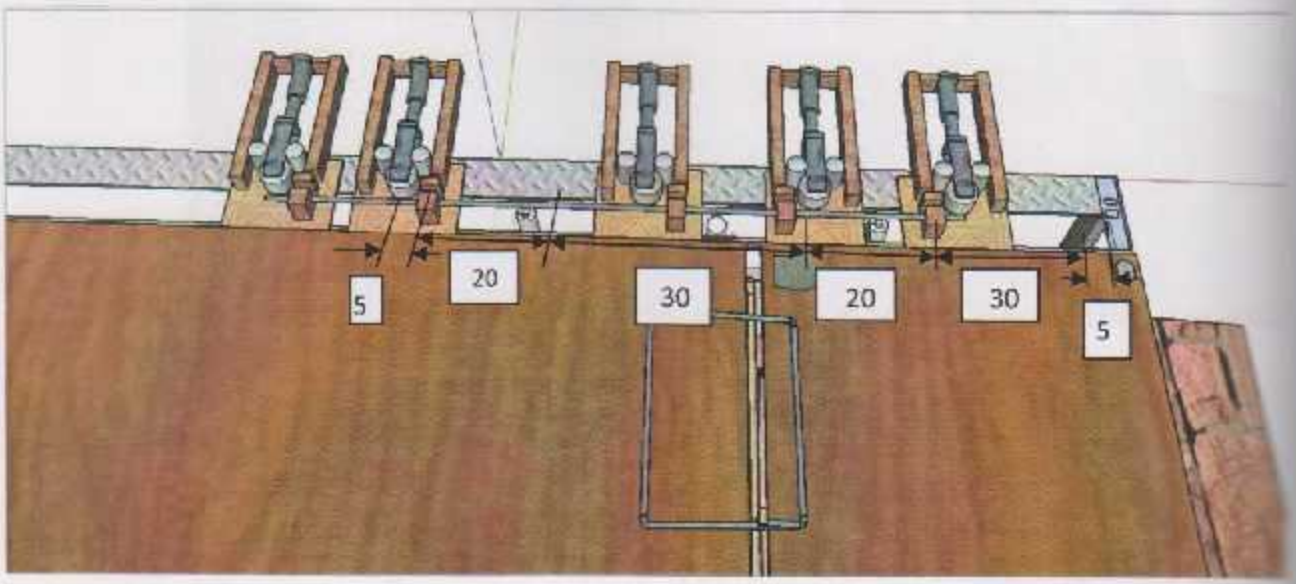
الشكل (٣.٣٩) الكانة تسمية الزوايا

بعد أن يتم ضبط أبعاد الوحدات الميكانيكية يدوياً وفق أبعاد الكانة أعلاه كما في الشكل (٣.٣٩).

تعمل الوحدات على ثني قضبان الحديد المارة بها وفق التسلسل الآتي :

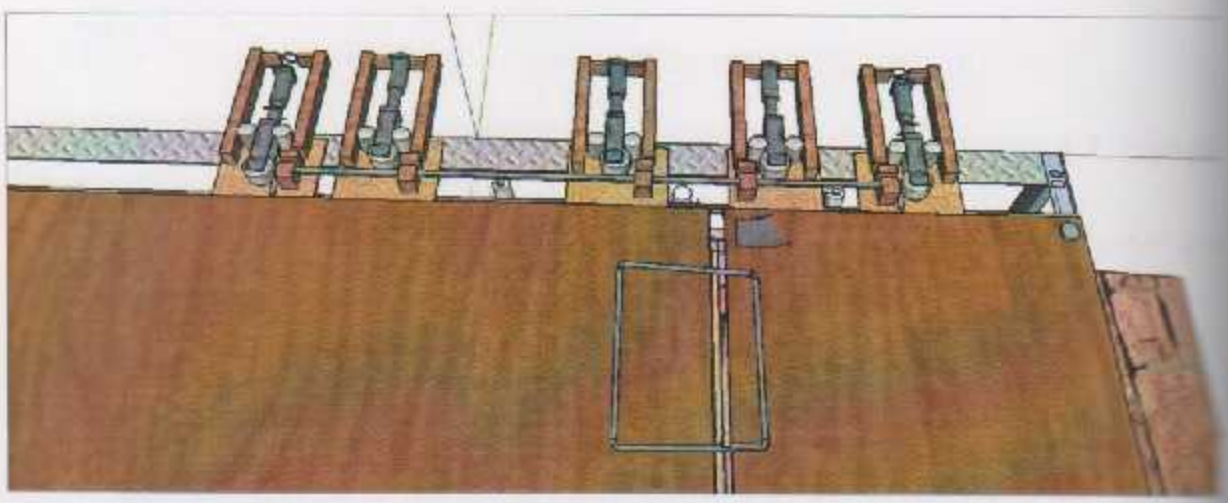
المرحلة (١) :

بعد أن يتم إدخال القضيب إلى مكانه بواسطة قسم الإدخال كما في الشكل (٣.٤٠)



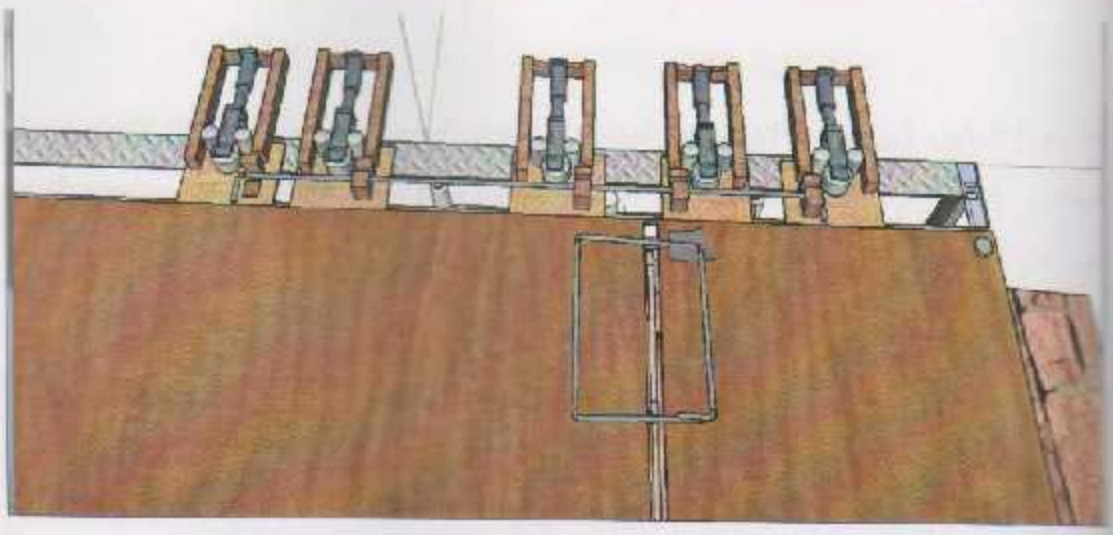
الشكل (٣.٤٠)

يعمل المكبسان في الوحدتين الميكانيكيتين أ،ه معا لثني الزاويتين رقم(١) كما في الشكل (٣.٤١)



الشكل (٣.٤١)

بعد عودة المكبسان إلى وضعهما يعمل المكبس حامل نقطة الارتكاز الأساسية المتحركة في الوحدة (أ) على رفعها ليصبح سطح نقطة الارتكاز مستويا مع سطح القاعدة في الوحدة كما في الشكل (٣.٤٢) فبذلك تنتهي المرحلة الأولى لتبدأ عملية تشكيل الكانة ويصبح شكل قضيب الحديد كما في الشكل (٣.٤٣).

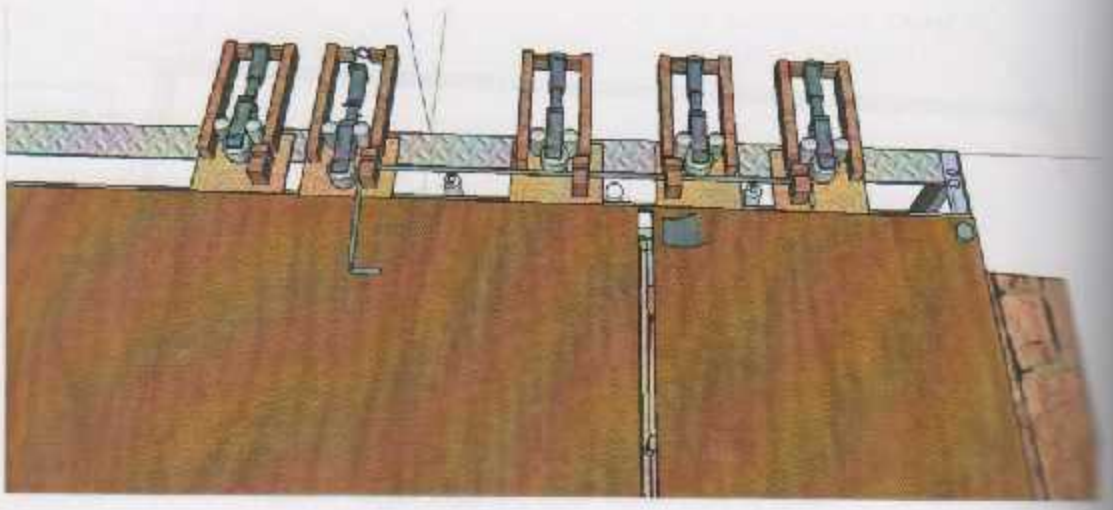


الشكل (٣.٤٢)

الشكل (٣.٤٣) قضيب الحديد بعد عملية الثني في المرحلة الأولى

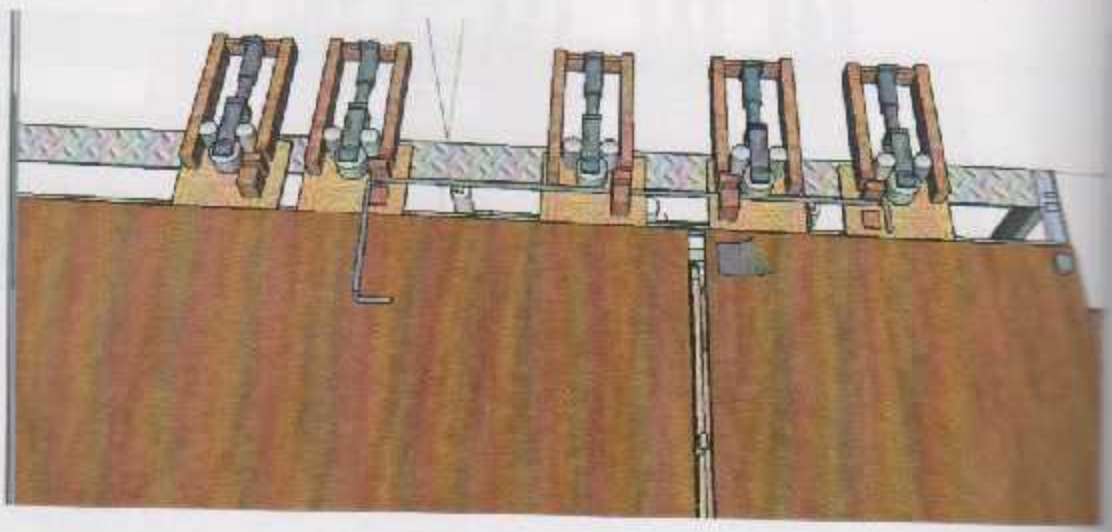
المرحلة (٢) :

يعمل المكبس في الوحدة الميكانيكية (ب) بثني الزاوية رقم (٢) كما في الشكل (٣.٤٤)



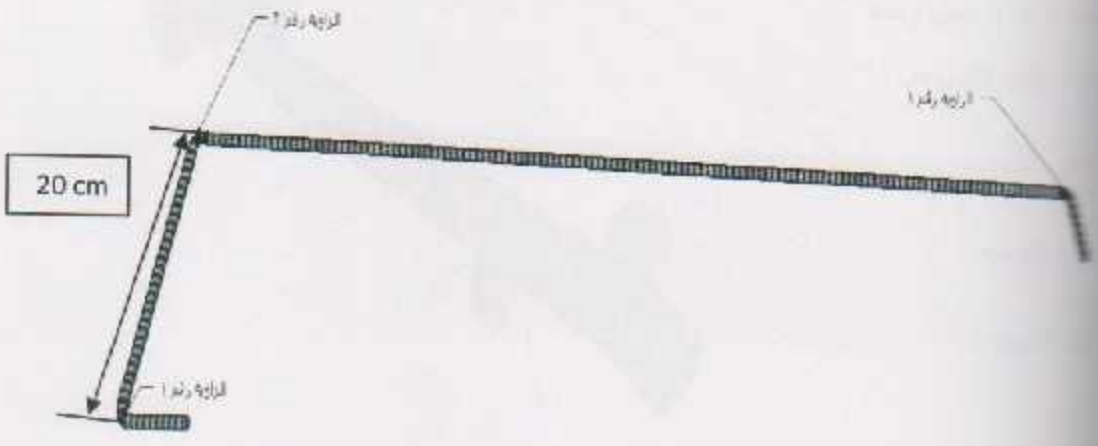
الشكل (٣.٤٤)

بعد عودة المكبس إلى وضعه الأصلي في الوحدة (ب) يعمل المكبس حامل نقطة الارتكاز الأساسية في الوحدتين (ب) و (هـ) بإنزال نقطة الارتكاز الأساسية ليصبح سطح نقطة الارتكاز مستويا مع سطح القاعدة في حين أن المكبس حامل نقطة الارتكاز الأساسية في الوحدة (أ) يعمل على رفعها لوضعها الأصلي.كما في الشكل(٣.٤٥)



الشكل (٣.٤٥)

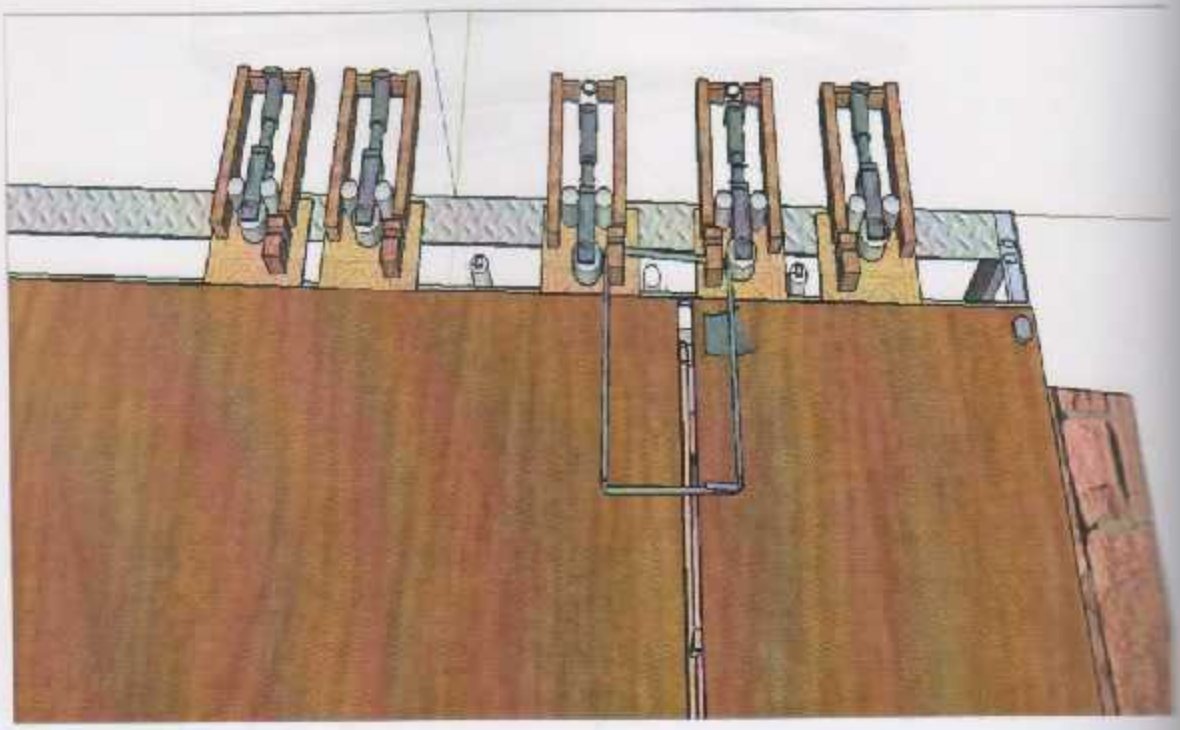
بعد الانتهاء من المرحلة الثانية يكون قضيب الحديد قد اتخذ الشكل التالي



الشكل (٣.٤٦) قضيب الحديد بعد انتهاء المرحلة الثانية.

المرحلة (٣) :

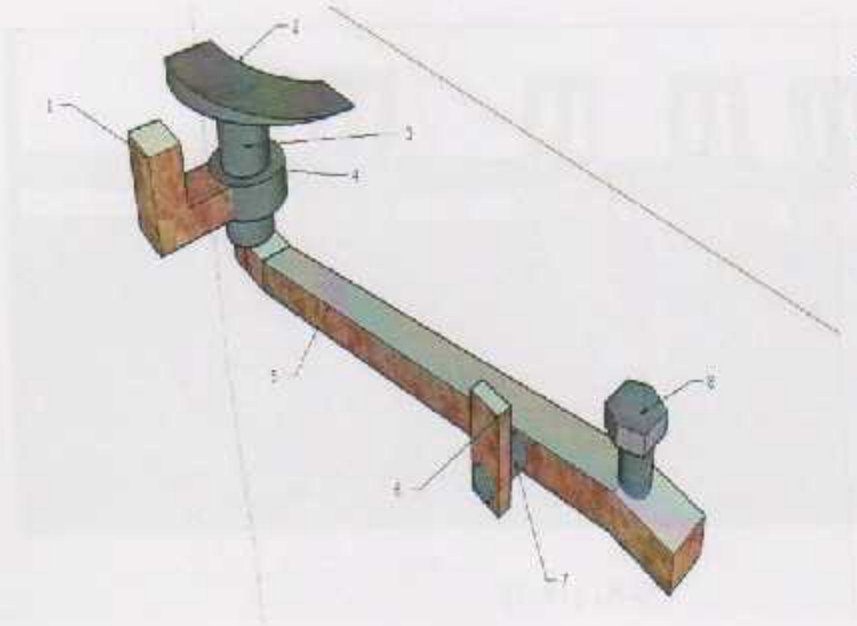
يعمل المكبسان في الوحدتين (جـ) و(د) على ثني القضيب وتشكيل الزاويتين رقم (٣) كما في الشكل (٣.٤٧).



الشكل (٣.٤٧)

تتمثل المرحلة الثالثة أثناء عمل المكبس في الوحدة (د) عمل وحدة التوجيه والتي تتكون من :

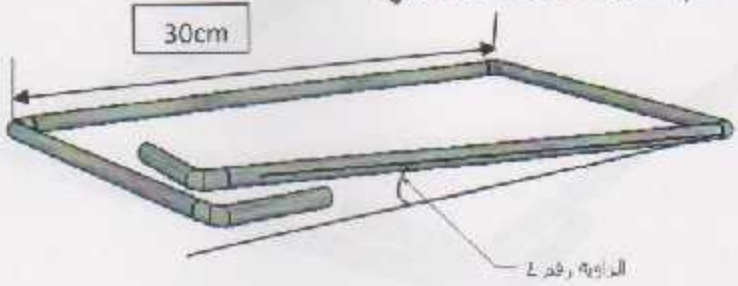
- برغي التحكم.
- ذراع التوجيه.
- كف التوجيه.



١. دعامة تثبيت ٢. كف التوجيه ٣،٥ . ذراع الوجيه ٤.حلقة تثبت ٧. مسمار نقطة الارتكاز ٨. برغي التحكم

الشكل(٣.٤٨) وحدة التوجيه

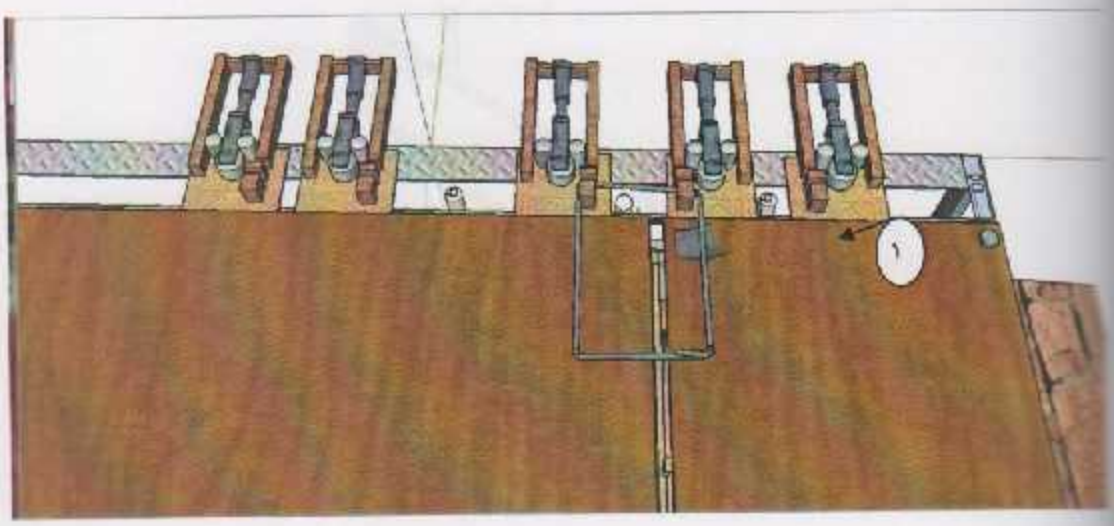
تعمل وحدة التوجيه أثناء ثني الزاوية رقم -٣- في الوحدة (د) على رفع ذلك الجزء من القضيب لثني الزاوية رقم (٤) كما في الشكل(٣.٤٩) لتشكيل الكانة بشكلها النهائي.



الشكل (٣.٤٩) الزاوية رقم (٤) في الكانة

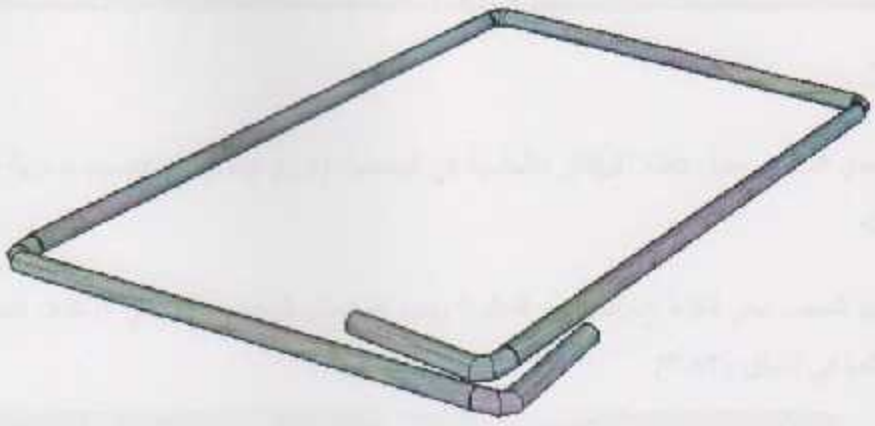
حيث يعمل برغي التحكم على التحكم في مقدار ارتفاع يد التوجيه التي تعمل على توجيه القضبان لتشكيل الزاوية رقم (٤).

بعد عملية الثني يرجع المكبسان إلى وضعهما الأصلي في الوحدتين (جـ) و(د) ويعمل المكبس حامل نقطة الارتكاز الأساسية في كل من الوحدتين (ب) و(هـ) على رفع نقاط الارتكاز الأساسية لوضعها المبدئي كما في الشكل (٣.٥٠).بانتهاء المرحلة الثالثة يكون الشكل النهائي للكانة قد اكتمل كما في الشكل (٣.٥١) وأصبحت الكانة جاهزة لتنتقل إلى قسم الإخراج.



الشكل (٣.٥٠)

لاحظ موقع كف التوجيه التى تعمل على ثني الزاوية رقم (٤)



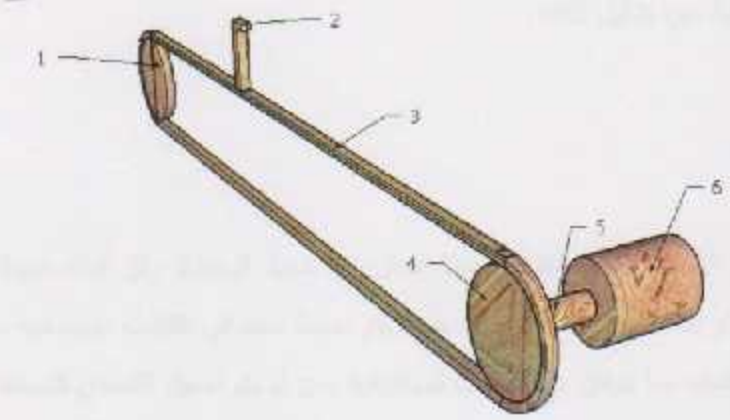
الشكل (٣.٥١) كانة الصندوق بعد انتهاء المرحلة الثالثة من قسم الثني

وبذلك ينتهي عمل القسم الثاني ليبدأ عمل قسم الإخراج.

ثالثاً : قسم الإخراج :

يتكون قسم الإخراج من :

يد السحب التي تتكون من قطعة معدنية على شكل L مثبتة على جنزير متحرك بواسطة محرك كهربائي كما في الشكل (٣.٥٢).



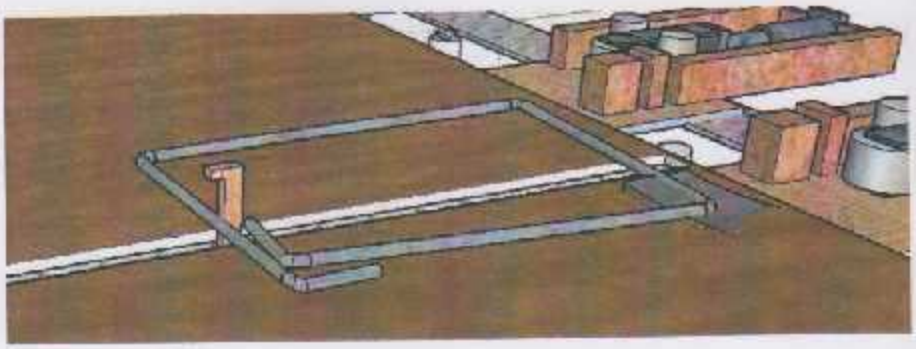
١- ترس ٢- يد السحب ٣- جنزير ٤-ترس ٥- عمود الإدارة ٦-محرك كهربائي

الشكل (٣.٥٢)

مبدأ العمل :-

يعمل المكبس حامل نقطة الارتكاز الأساسية في الوحدتين (جـ) و (د) بإنزالها لتصبح مستوية مع سطح القاعدة حيث

تقوم يد السحب بجر الكانة وإخراجها من الماكينة ويعود المكبسان لوضعها الابتدائي لاستقبال قضيب آخر للثني كما في الشكل (٣.٥٣).



الشكل (٣.٥٣)

هكذا تنتهي دورة عمل الآلة ليبدأ طور جديد لدورة جديدة تكون يد السحب جاهزة لإخراج الكانات الجديدة حال نهاية دورة تشكيل الكانة.

الخلاصة :

تحتاج الآلة إلى تهيئة عامة بسيطة تتمثل في ضبط الوحدات وفق أبعاد معينة تمثل أبعاد الكانة المطلوبة ومن ثم يتم تجهيز قسم الإدخال حيث يتم ضبط دعاماتي التثبيت بإبعادهما مسافة تساوي طول القضيب المراد تشكيله بما يتوافق مع الوحدات الميكانيكية ومن ثم يتم تحميل القضبان للمسندات في الحاوية التي بدورها تعمل على تغذية قسم الثني الذي يعمل على تشكيل ثلاث كانات في الطور الواحد.

كنتيجة نهائية تقوم الآلة بتشكيل ثلاث كانات في زمن يقدر بـ ٦ ثواني في الطور الواحد وخمسون كانة في زمن لا يتجاوز دقيقتين كحد أقصى في الدورة الواحدة.

الفصل الرابع

أبعاد وقياسات

٤.١ طاولة الآلة.

٤.٢ الوحدة الميكانيكية.

٤.٣ نظام التوجيه.

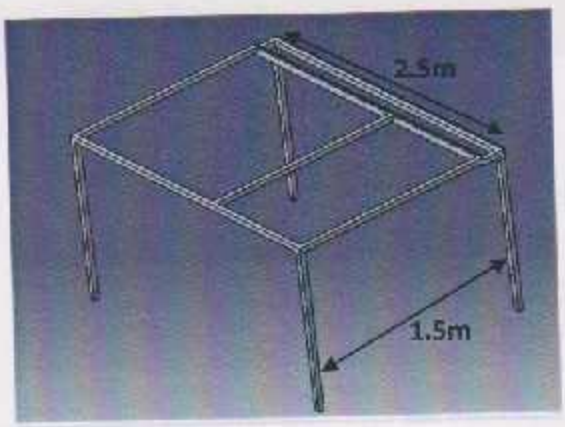
٤.٤ قسم الإدخال.

٤.٥ قسم الإخراج.

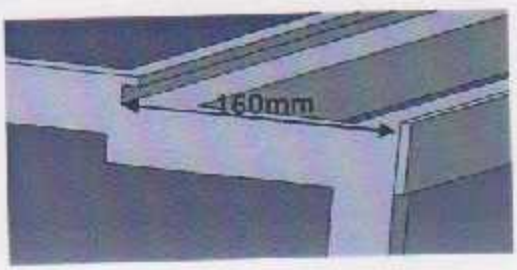
يحتوي هذا الفصل ملخصا عاما ومختصرا عن أبعاد وقياسات لآلة ثني الكانات أوتوماتيكيا لإعطاء القارئ في هذا الكتاب فكرة عامة ، في حين انه تم إضافة قرص مضغوط يحتوي على تفاصيل الأبعاد والرسومات التصميمية ثلاثية الأبعاد للمشروع باستخدام برنامج الكاتيا للمختصين وذلك بهدف التطوير والتعديلات المستقبلية.

٤.١ طاولة الآلة :

ترتفع طاولة الآلة مترا عن الأرض وبعرض متر ونصف وطول بحد أدنى يصل المترين يمكن زيادة هذا الطول وذلك اعتمادا على حجم وأبعاد الكانات المراد إنتاجها فمثلا إذا كان مجموع أبعاد كانة ما يساوي ٢.٤٥ متر فانه يتوجب زيادة طول الطاولة إلى ٢.٦٠ متر كحد أدنى وذلك للسماح للوحدات بالتحرك بحرية .



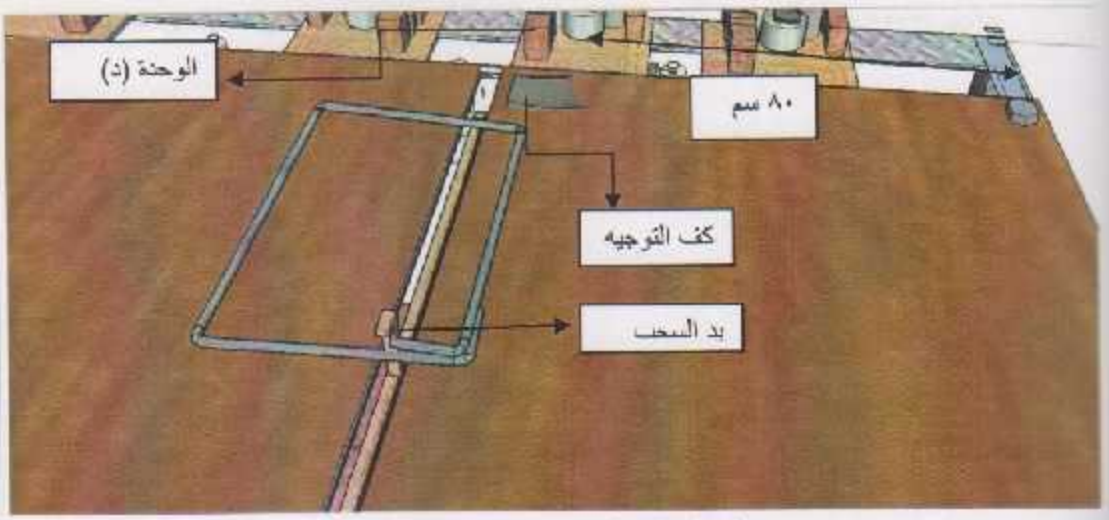
الشكل (٤.١) طاولة الآلة



في تصميم الطاولة مجرى يمتد على طولها خصص هذا المجرى لتسير الوحدات الميكانيكية به كما في الشكل (٤.٢)

الشكل (٤.٢) مجرى الوحدات

من على مسافة ٨٠ سنتيمتر من احد أطراف الطاولة يتم تثبيت الوحدة (د) بالإضافة إلى كف التوجيه في نظام التوجيه و خط يد السحب الوحدة في قسم الإخراج على طرف الجهة الأخرى كما في الشكل (٤.٣). ويجب عند تثبيت هذه الأجزاء مراعاة أن هذه المسافة قد تختلف في بعض الحالات حيث اختير الرقم ٨٠ ليشمل معظم أحجام الكانات في مجال لا يتجاوز ١٩٠ سنتيمتر لطول القضيب المراد تشكيله.



الشكل (٤.٣) موقع تثبيت الوحدة (د)

تتكون الطاولة من حديد إنشائي ذو مقطع ٣.٥×٣.٥ سنتيمتر.

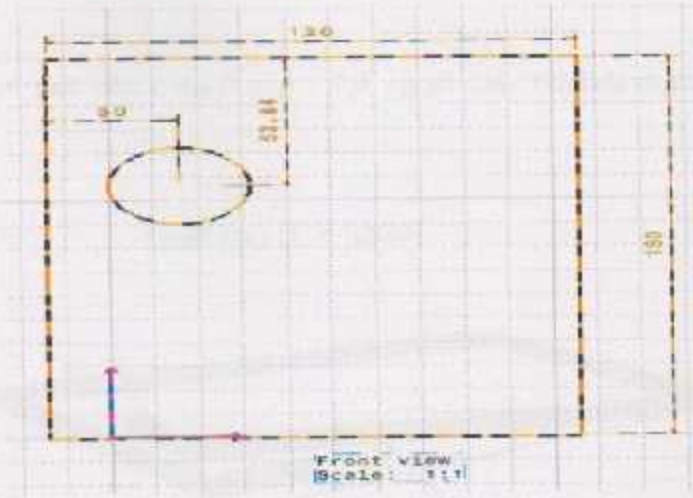
٤.٢ الوحدة الميكانيكية

تتكون الوحدة الميكانيكية من عدة أجزء كنقاط الارتكاز ، دعامات المكابس الهيدروليكية ، موقع كل نقطة ارتكاز على القاعد إضافة إلى أبعاد هذه القاعدة . تعتمد بعض هذه الأبعاد على ما هو متوفر عمليا لذلك تم افتراض بعض الأبعاد بما يحقق التصميم الآمن للمشروع كنقاط تثبت المكابس الهيدروليكية بدعاماته حيث أن هذه الأبعاد تعتمد على المكبس المُصنع.

٤.٢.١ قاعدة الوحدة :

قاعدة الوحدة بأبعاد ١٢×١٦ سم وبسمك ١٠ مم. تم تصميم هذه الأبعاد اعتمادا على تصميم المكبس والبيل ونقاط الارتكاز التي تحقق التصميم الآمن للوحدة الميكانيكية. يثبت على القاعدة نقاط الارتكاز والبيل الإستاديه بالإضافة إلى دعامات تثبيت المكابس الهيدروليكية.

تحتوي القاعدة على ثقب يسمح بتحرك نقطة الارتكاز الأساسية صعودا ونزولا كما في الشكل (٤.٤).

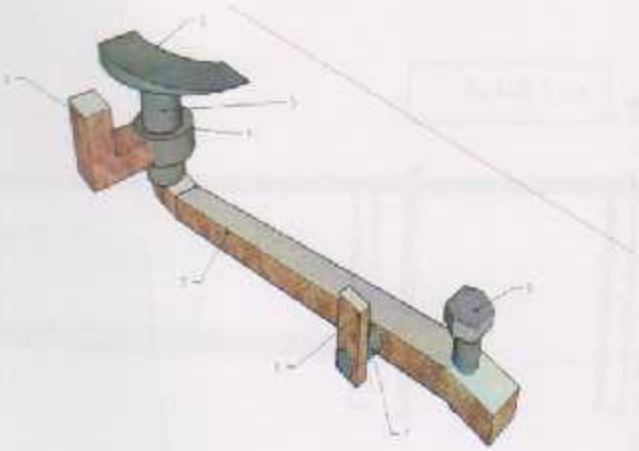


الشكل (٤.٤) القاعدة

نقاط الارتكاز ودعامات التثبيت والمكابس الهيدروليكية تم ذكرها في فصل التصميم الميكانيكي الفصل الثاني من هذا الكتاب.

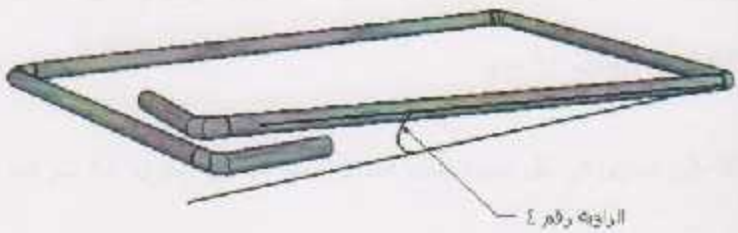
٤.٣ نظام التوجيه :

أبعاد نظام التوجيه يصعب تحديدها حيث تعتمد هذه الأبعاد على أبعاد الكانات المنتجة حيث أن هناك أكثر من قياس للكانات المنتجة ويمكن تحديد أبعاد نظام التوجيه بإجراء عدة تجارب لضمان عدم تماس الكانات المنتجة أثناء عملية الثني . يتم تثبيت كف التوجيه بالقرب من الوحدة (د) كما في الشكل(٤.٣) بحيث تعمل على تكوين الزاوية رقم (٤) كما في الشكل (٤.٦).



١،٦. دعامة تثبيت بالطاولة٢. كف التوجيه ٣،٥ . ذراع الوجيه ٤.حلقة تثبت ٧. مسمار نقطة الارتكاز ٨. عرض التحكم

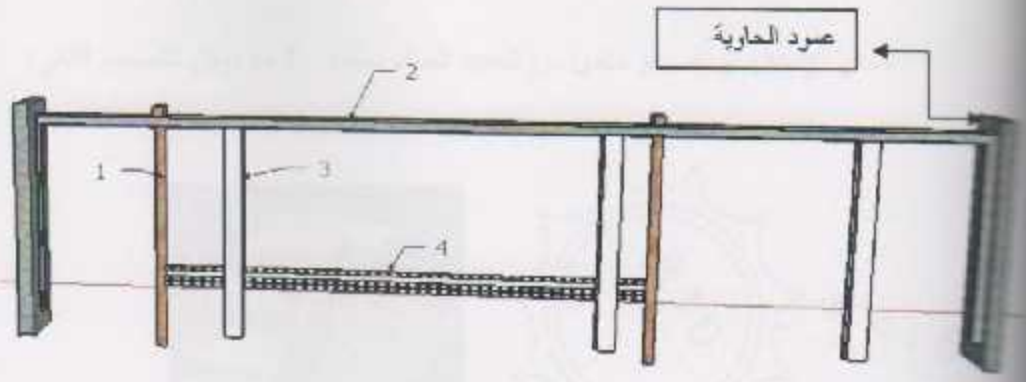
الشكل(٤.٥) وحدة التوجيه



الشكل (٤.٦) الزاوية رقم (٤) في الكانة

٤.٤ قسم الإدخال :

يتكون النظام من عمودين أساسيين من الحديد الإنشائي ٢×٤ سم بارتفاع ٧٠ سم يقع كل عمود في طرف طاولة الآلة كما في الشكل (٤.٧) يتصل بأعلى العمودان جسر(٢) مكون من قطعتي حديد متوازيتين ومتقابلتين بأبعاد ١×٢ سم يفصل بينهما مسافة ١ سم لتكون مدخل قضبان الحديد.



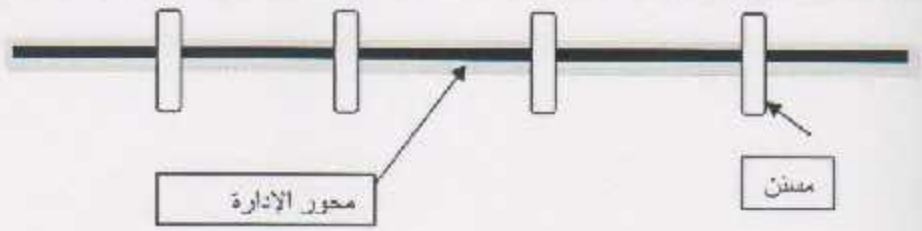
الحاوية :١.دعامة تثبيت ،٢.جسر الحاوية ، ٣.ركيزة الحاوية ، ٤. قضيب الحديد.

الشكل(٤.٧): قسم الإدخال.

يتصل بجسر النظام دعامات ثابتة بأبعاد ١×٢ سم بطول ٦٠ سم على مسافات منتظمة ٤٥ سم في كلتا قطعتي الحديد المكونة للجسر لتكون بذلك ركائز الحاوية (٣) ويحوي الجسر بين تناياه دعامات التثبيت (١)بأبعاد ١×٢ سم وبطول ٦٠ سم.

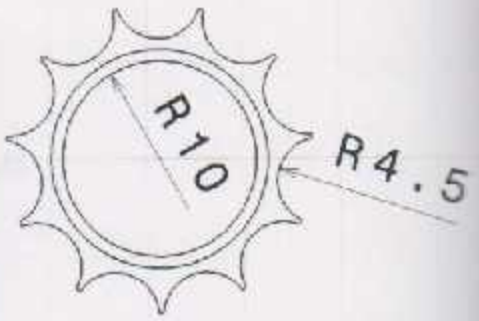
هذا بالإضافة إلى مجرى في كل عمود يمثل امتداد لجسر الحاوية بطول ٦٠ سم كما في الشكل (أ ٣.٣٥) .

يتم تثبيت محور الإدارة لنظام الإدخال فوق أعلى نقطة في الوحدات الميكانيكية بخمسة سنتيمترات وأسفل الحاوية بحيث تسمح لقضبان الحديد بالدخول لموقعها في مجرى الثني. يمثل محور الإدارة قضيب حديد بقطر ٢٠ مم وطول ٢ متر ويحوي مسننات الإدخال موزعة على مسافات منتظمة كل ٥٠ سم .



الشكل (٤.٨) توزيع مسننات الإدخال.

مسنن الإدخال ذو تصميم خاص من الحديد الصلد بسمك ٢٠ مم ووفق التصميم التالي:

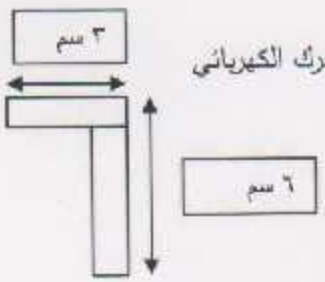


الشكل (٤.٩) مسنن الإدخال.

٤.٥ قسم الإخراج :

يتكون قسم الإخراج من يد السحب بمقطع ٢ × ١ سم وتعتمد بقية أبعادها على المحرك الكهربائي

والمسننات المستخدمة والجنزير المستخدم



الشكل(٤.١٠) يد السحب

يقدر طول الجنزير على افتراض أن المسننات المستخدمة بقطر ٧ سم يساوي ٣.٤٥ متر . وارتفاع يد السحب

٦ سم كما في الشكل (٤.١٠)

الفصل الخامس

هيدروليكية الآلة الكهربائية

٥.١ المتحكم المنطقي المبرمج.

٥.٢ صمامات التحكم التوجيهي.

٥.٣ المحركات.

٥.٤ المفاتيح الكهربائية.

يطلق مسمى الهيدروليكا الكهربائية على أنظمة القدرة الهيدروليكية والتي يتم تشغيلها والتحكم فيها عن طريق نظام تشغيل وتحكم كهربائي ، أي أنه يقف إلى جانب الدائرة الهيدروليكية دائرة كهربائية تشغل وتتحكم في أداء الدائرة الهيدروليكية وفي هذه الحالة فإنه لا توجد حاجة للتشغيل والتحكم اليدوي المباشر في الدائرة الهيدروليكية حيث سيحل محل التحكم اليدوي التحكم الكهربائي.

٥.١ المتحكم المنطقي المبرمج :

المتحكم المنطقي المبرمج الذي سيتم استخدامه في آلة ثني الكانات أوتوماتيكياً من نوع Schneider حيث يتم تشغيله بمغذي جهد متردد مقداره ٢٤٠ فولت ، وجهد المدخلات يساوي ٢٤ فولت وجهد المخرجات ٢٤ فولت.

٥.٢ صمامات التحكم التوجيهي :

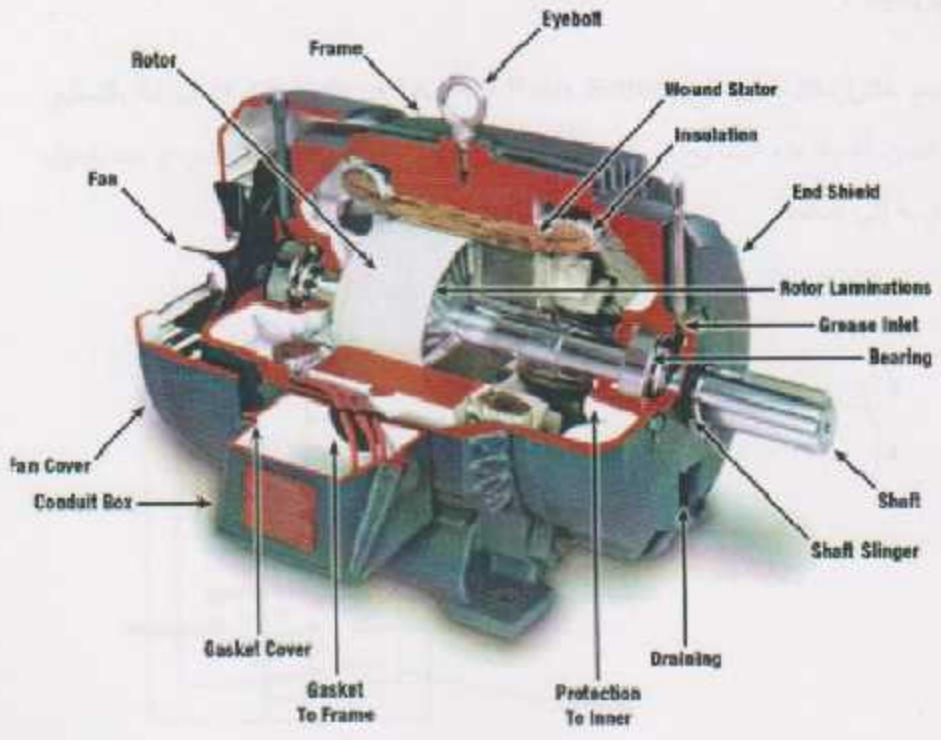
تعمل صمامات التحكم التوجيهي بجهد مقداره ٢٤ فولت حيث بمجرد إرسال إشارة كهربائية من المتحكم المنطقي المبرمج سوف يستجيب الصمام ويقوم بتغير وضعية الصمام حسب المطلوب.

٥.٣ المحركات :

تعتبر المحركات من الأجزاء المهمة في الآلة لأنها المسؤولة عن إدخال قضبان الحديد وإخراج الكانات الجاهزة وفي هذا المشروع نحتاج إلى محركين :

١- محرك الإدخال.

٢- محرك الإخراج.



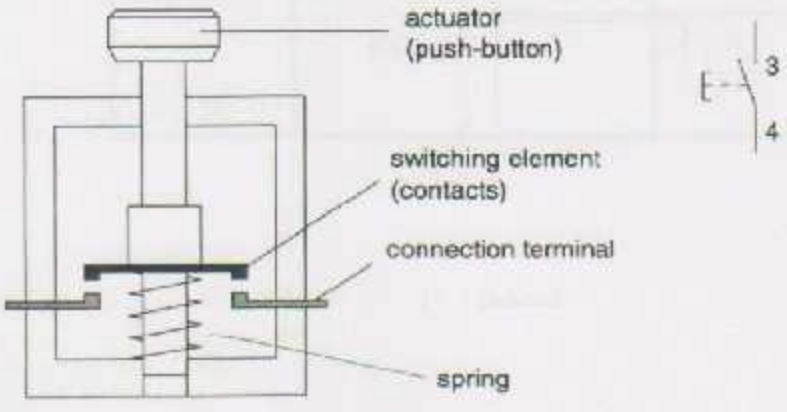
الشكل(٥.١):أقسام المحرك.

يعمل محرك الإدخال بالتيار متردد 230 V حيث يتم تثبيت محور مثبت عليه أربع مسننات ذات تصميم خاص يعمل على حمل قضبان الحديد الخمسين يدور المحور بواسطة محرك الإدخال يحتوي على مسننات(warm gear) حيث أن هذه المسننات لن تدور في حال تم تحميلها بقضبان الحديد و فصل التيار عن المحرك نتيجة للعزم المتولد على المسننات الأربعة تحت تأثير وزن قضبان الحديد الذي لا يتجاوز الأربعين كغم للحمولة القصوى لقسم الإدخال والتي تبلغ خمسين قضيب حديد بطول المترين، يعمل المحرك الكهربائي لدور ٩٦ درجة باتجاه عقارب الساعة فيعمل على إدارة المسننات التي بدورها تقوم بإنزال القضبان الثلاثة لتسقط تحت تأثير الجاذبية الأرضية إلى مواقعها بين نقاط الارتكاز في الوحدات الميكانيكية في قسم الثني وتجدر الإشارة هنا إلى أن زاوية دوران المحرك تمثل الزاوية بين أربعة رؤوس متتالية للمسنن من خلالها تمر ثلاثة قضبان ويتم التحكم في العملية بواسطة مقاومة متغيرة يتم تثبيتها على محور الإدارة بحيث تتغير قيمة المقاومة تبعاً لتغير مقدار زاوية محور المحرك ، ثم يتم مقارنة الجهد الناتج عن تغير المقاومة المتغيرة بمقدار جهد معين يتم تحديده بالتجربة العملية عند زاوية مقدارها ٩٦ درجة بحيث يتم فصل الكهرباء عن محرك الإدخال عند وصول قيمة فرق الجهد للمقاومة المتغيرة.

يعمل محرك الإخراج بجهد متردد قيمته 24 V حيث يدور المحرك عند الانتهاء من عملية الثني بحيث بمجرد دورانه تتحرك يد السحب عن طريق الجنزير الموصول بها فيسحب معه الكانات الجاهزة ، وعند اصطدام يد السحب بمفتاح ميكانيكي موجود أسفل الطاولة يتم تحديد نهاية عملية خروج الكانات الجاهزة من الآلة.

٥.٤ المفاتيح الكهربائية :

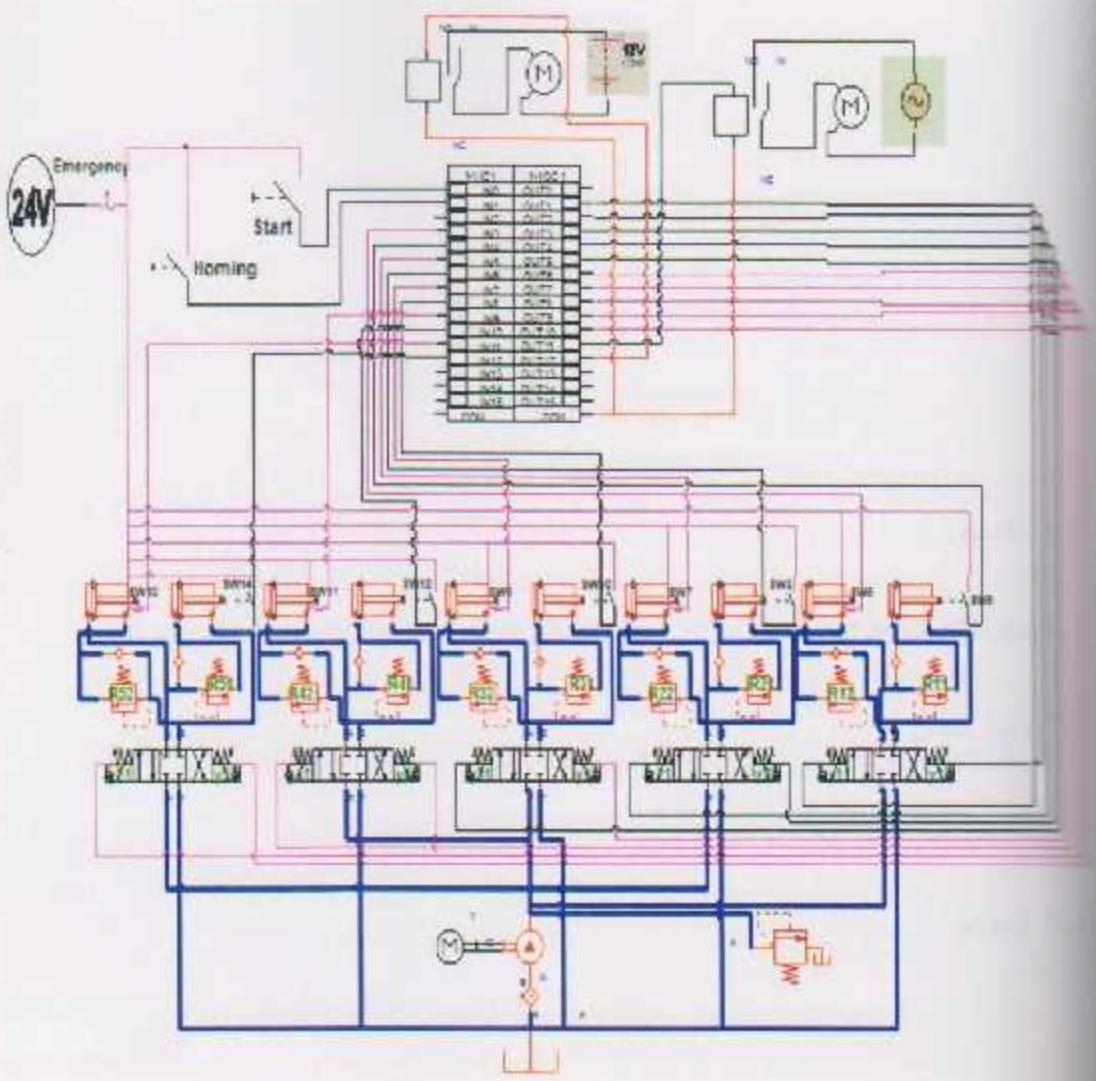
لقد تم استخدام عشرة مفاتيح من نوع (NO Push Button) كما في الشكل (٥.٢) موزعة بالتساوي على وحدات الثني ، تكمن أهمية هذه المفاتيح في إرسال إشارة كهربائية للمتحكم المنطقي المبرمج عند تحول حالتها من الحالة المفتوحة إلى المغلقة.



الشكل(٥.٢): مفتاح (NO Push Button).

تم إيصال المفاتيح بمغذي جهد مقداره ٢٤ فولت على الطرف رقم ٣ وتم إيصال الطرف الآخر بالمتحكم المنطقي المبرمج. حيث كل مفتاح من المفاتيح العشرة تم إيصاله على مدخل مختلف عن الآخر في (PLC).

بين المخطط (٥.١): الدائرة الكهربائية التي تتحكم في أداء الدائرة الهيدروليكية



المخطط(٥.١)

الفصل السادس

النموذج

٦.١ مقدمة.

٦.٢ مكونات النموذج.

٦.٣ مبدأ العمل.

٦.٤ المخطط الكهربائي.

٦.٥ التحكم.

٦.١ مقدمة :

نظرا لارتفاع التكلفة الإجمالية للمشروع وعدم توفر الدعم المالي أو مؤسسات تتبنى المشروع تم اقتراح بناء نموذج مصغر يحاكي مبدأ عمل آلة ثني الكانات أوتوماتيكيا.

حيث يتكون النموذج من خمس وحدات ميكانيكية تحاكي وحدات قسم الثني لآلة ثني الكانات من حيث مبدأ العمل ، يتم تشغيل الوحدات الميكانيكية بواسطة سولينودات و محركات كهربائية يتم التحكم بها بواسطة المتحكم المنطقي المبرمج. وأما قسم الإدخال وقسم الإخراج فاستثنياهما من النموذج وسيتم التعويض عنهما يدويا.

سوف يتم تشكيل سلك مجلفن بقطر ٢ مم لعمل الكانة المطلوبة بدل من قضيب الحديد ذو قطر الثماني مليمترات بالإضافة إلى إمكانية تغيير أبعاد الكانة المطلوبة وكما هو مقرر في آلة ثني الكانات سوف يتم تشكيل ثلاث كانات في كل مرة.

٦.٢ مكونات النموذج :

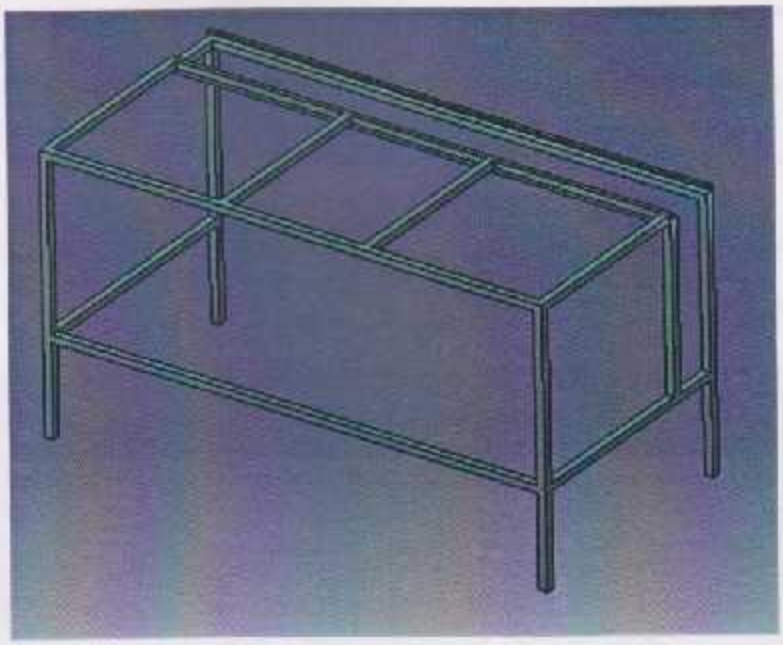
يتكون النموذج خمس وحدات ميكانيكية مصغرة تمثل قسم الثني في آلة ثني الكانات أوتوماتيكيا ، وتتكون كل وحدة من :

١- القاعدة .
٢- رأس الثني .
٣- دعامة الأسلاك.
٤- نقطة الارتكاز.
٥- نقطة الثني.
٦- محور الإدارة
٧- سولينويد كهربائي.
٨- محرك كهربائي.
٩- دعامات تثبيت المحرك.

تتحرك الوحدات جميعها على محور أفقي واحد داخل مجرى في طاولة النموذج. هذا بالإضافة إلى المتحكم المنطقي المبرمج و أسلاك كهربائية وأزرار تحكم وغطاء خشبي لتغليف القواعد وطاولة النموذج.

٦.٢.١ طاولة النموذج :

تم تشكيل طاولة النموذج من الحديد الإنشائي بأبعاد ٦٠×١٢٠ سم وارتفاع ٧٠ سم تحتوي الطاولة على مجرى لتمر من خلاله الوحدات الميكانيكية كما في الشكل (٦.٢).



الشكل (٦.١) طاولة النموذج.

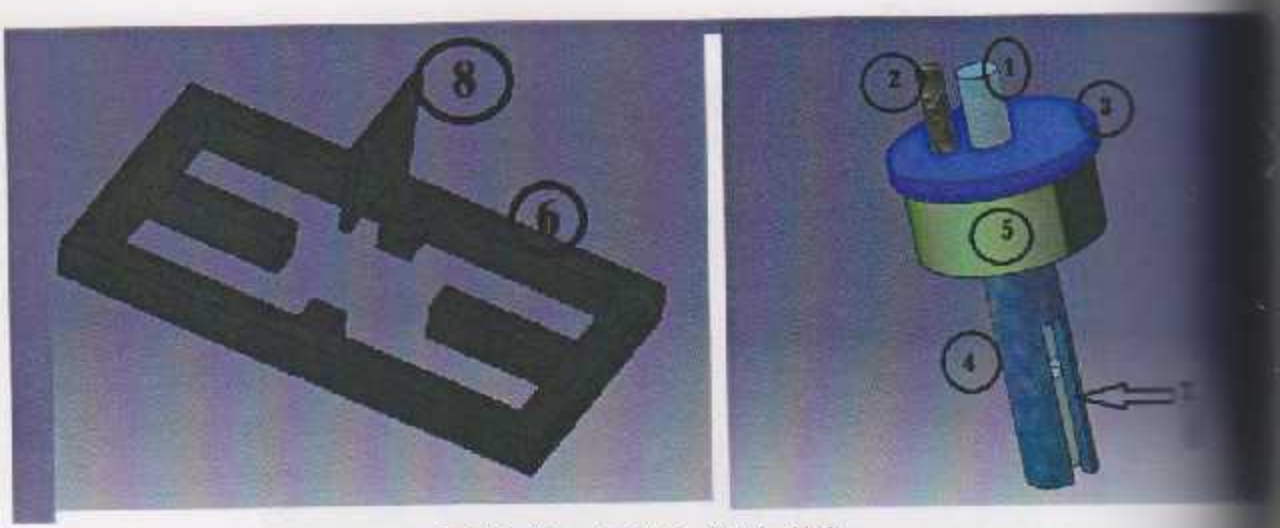
الشكل (٦.٢) مجرى لمرور الوحدات الميكانيكية.

٦.٢.٢ الوحدة الميكانيكية :

تعمل الوحدة الميكانيكية على ثني الأسلاك لتشكيل إحدى زوايا الكانة المراد تشكيلها بواسطة رأس الثني الذي يتكون من نقطة الارتكاز المتحركة (١) ، ونقطة الثني (٢) المثبتة على اسطوانة رأس المكبس (٣) حيث تدور الاسطوانة حول محور الوحدة (٤) عن طريق اتصالهما ببيليا رأس الثني (٥).

يتصل رأس الثني بقاعدة الوحدة (٦) التي سوف تتحرك داخل مجرى الطاولة وذلك للسماح بتشكيل أبعاد عدة للكانة حيث تم تثبيت دعامة الأسلاك (٨) على القاعدة .

يضم محور الوحدة مجرى نقطة الارتكاز (٧) الذي سوف يسمح لنقطة الارتكاز بالتحرك للأعلى والأسفل بواسطة سولينويد كهربائي ،



الشكل (٦.٣) مكونات الوحدة الميكانيكية.

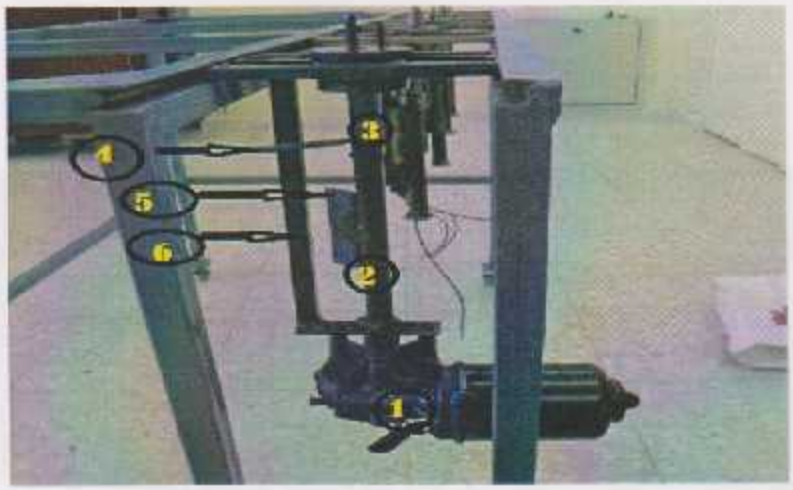
الشكل (٦.٤) الوحدة الميكانيكية

٦.٣ مبدأ العمل :

٦.٣.١ مبدأ عمل الوحدة الميكانيكية :

يبدأ المحرك الكهربائي (١) المثبت مع القاعدة عبر دعامة التثبيت (٦) بالعمل فينقل العزم المتولد عن طريق محور الإدارة (٢) إلى رأس الثني عبر محور الوحدة (٣) فيعمل على إدارة رأس الثني بزاوية مقدارها ٩٠ درجة حتى يصل إلى مفتاح (Push Button)(الشكل (٦.٦)) فيعمل على عكس اتجاه الدوران فيرجع المحرك إلى وضعه الابتدائي من ثم يعمل السولينويد الكهربائي (الشكل (٦.٧)) المثبت على محور الإدارة (٥) على إنزال نقطة الارتكاز وذلك من خلال اتصاله بنقطة الارتكاز عبر مجرى في محور رأس الثني(٤).

من خلال ما سبق ذكره تعمل وحدة الثني على ثني الأسلاك بزاوية تقدر ب ٩٠ درجة ومن ثم يتم إنزال نقطة الارتكاز لتسمح بمرور الأسلاك بعد عملية الثني.



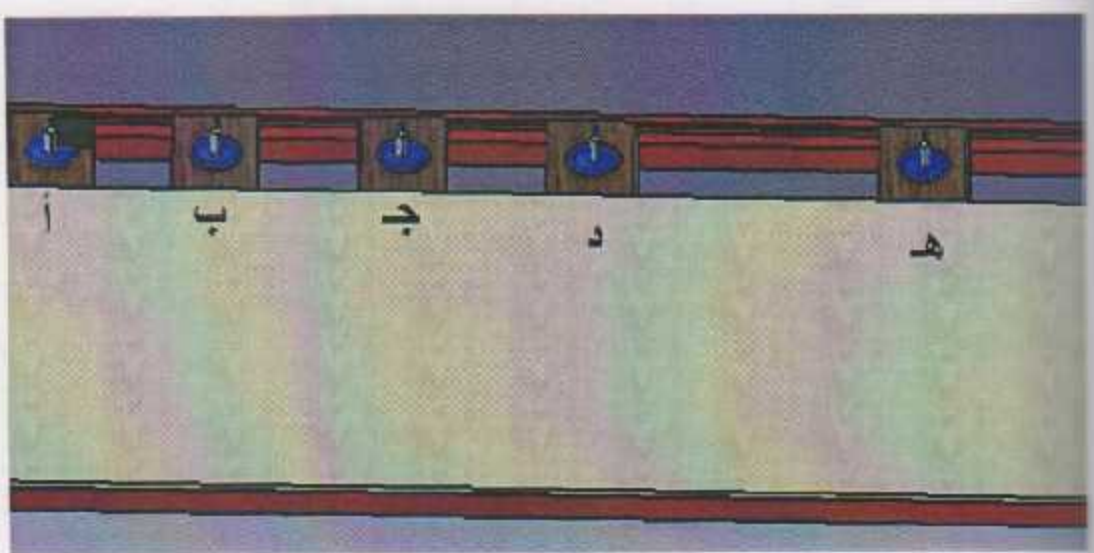
الشكل (٦.٥) الوحدة الميكانيكية

الشكل (٦.٦) مفتاح (Push Button).

الشكل (٦.٧) السولينويد الكهربائي

٦.٣.٢ مبدأ عمل النموذج :

لعملية فهم مبدأ العمل تم تسمية الوحدات الميكانيكية كما في الشكل (٦.٨).



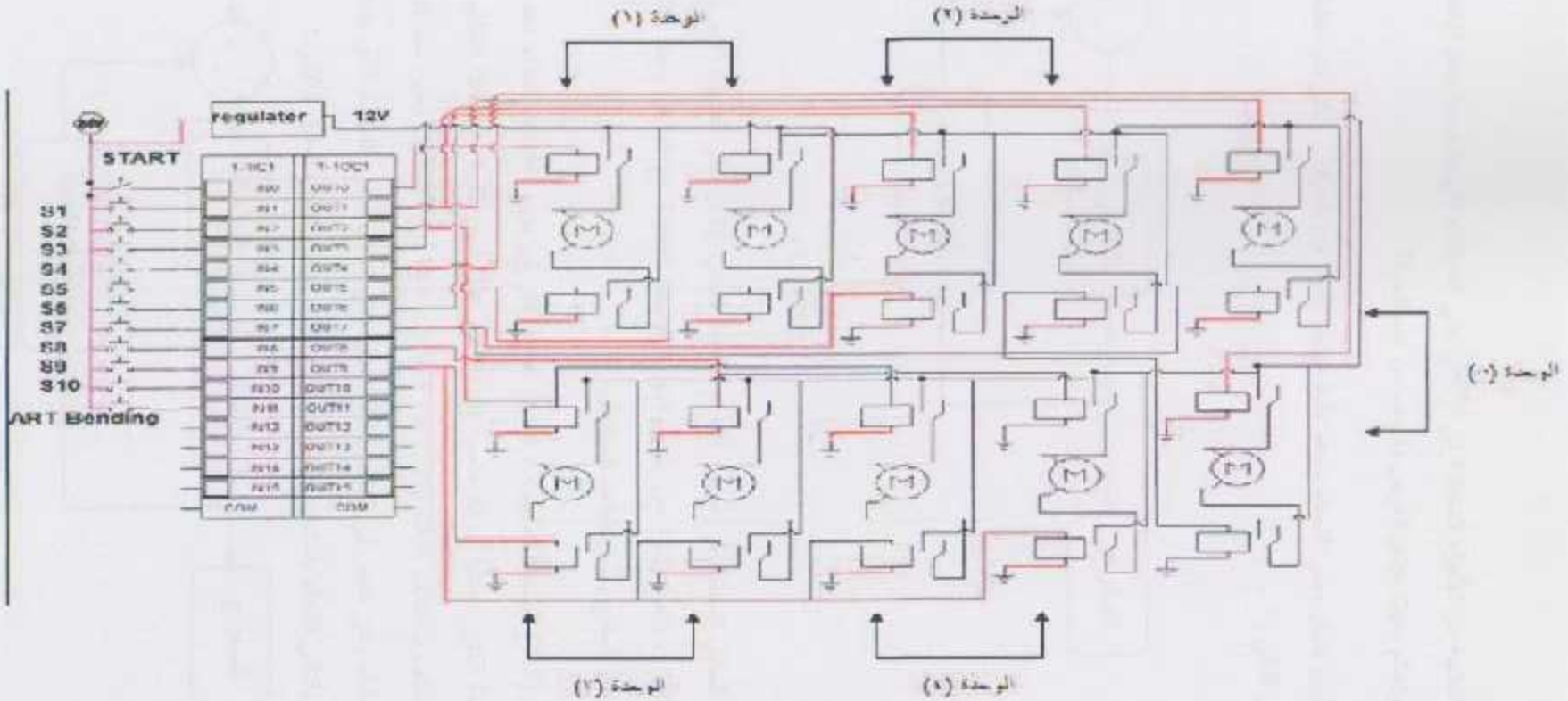
الشكل (٦.٨) الوحدات الميكانيكية

حيث أن مبدأ عمل الوحدات مجتمعة يتطابق تماما مع عمل آلة ثني الكانات أوتوماتكيا للمزيد من التفاصيل يرجى مراجعة مبدأ العمل في قسم الثني في الفصل الثاني من هذا الكتاب.

ملاحظة : أبعاد وقياسات النموذج مرفقة في القرص المضغوط

٦.٤ المخطط الكهربائي :

يبين المخطط (٦.١) الدائرة الكهربائية الخاصة بالنموذج.



المخطط(٦.١): الدائرة الكهربائية.

٦.٥ التحكم :

إن الحركة الناتجة من الأجزاء المختلفة في الآلة أو حتى الحركات التي يقدم بها جسم الإنسان لا جدوى لها ولا فائدة منها من غير سيطرة وتحكم بحيث تؤدي الغرض والهدف من هذه الحركة.

من هذا المفهوم ينبثق معنى التحكم ، وهو بلوغ الهدف المراد من الحركة ، ولكي تتم عملية التحكم لا بد من أمور مهمة توضح في الشكل التالي :-

الشكل(٦.٩)

يمثل الشكل السابق النمط العام لعمليات التحكم ، بحيث تعطي الإشارة على المدخل الأمر للنظام بالتحرك وفق المعادلات ليبدأ المخرج بالتغير ، وتعود إشارة عن طريق التغذية الراجعة للمقارنة مع المدخل وعند تساوي إشارة التغذية الراجعة مع المدخل هذا يعني أن المخرج وصل للهدف المطلوب.

يمثل الشكل (٦.٩) الصورة الخارجية ، لذا إذا تعمقنا أكثر في مربع معادلات النظام نجد صورة أخرى للتحكم وهي أن كل شيء في هذا الكون معادلة حركة خاصة به ، تعتمد على أمور كثيرة منها كتلة النظام وعزم القصور الذاتي والتردد الطبيعي وأمور تختلف باختلاف النظام وتكون هذه المعادلات ثابتة أي لا نستطيع تغيير معادلاتها لتحقيق الهدف المطلوب (لأن تغيير أي معامل يعني تغيير في النظام) لذلك نعمل على إدخال مفهوم المتحكم الذي بإمكاننا من خلاله التحكم بجذور معادلات النظام وبالتالي التحكم باستجابة النظام وسرعته. لذلك يصبح الشكل السابق كالآتي :

الشكل(٦.١٠)

ن ندخل في تفصيلات أكثر تعقيداً لأن النموذج لا يحتاج لهذا التعقيد بل يمكن تحقيق الهدف المطلوب منه دون اللجوء لأمور الأكثر تعقيداً.

٦.٥.١ آلية التحكم :

تتم عملية التحكم من خلال المتحكم المنطقي المبرمج (PLC) من نوع (SCHNIDER).

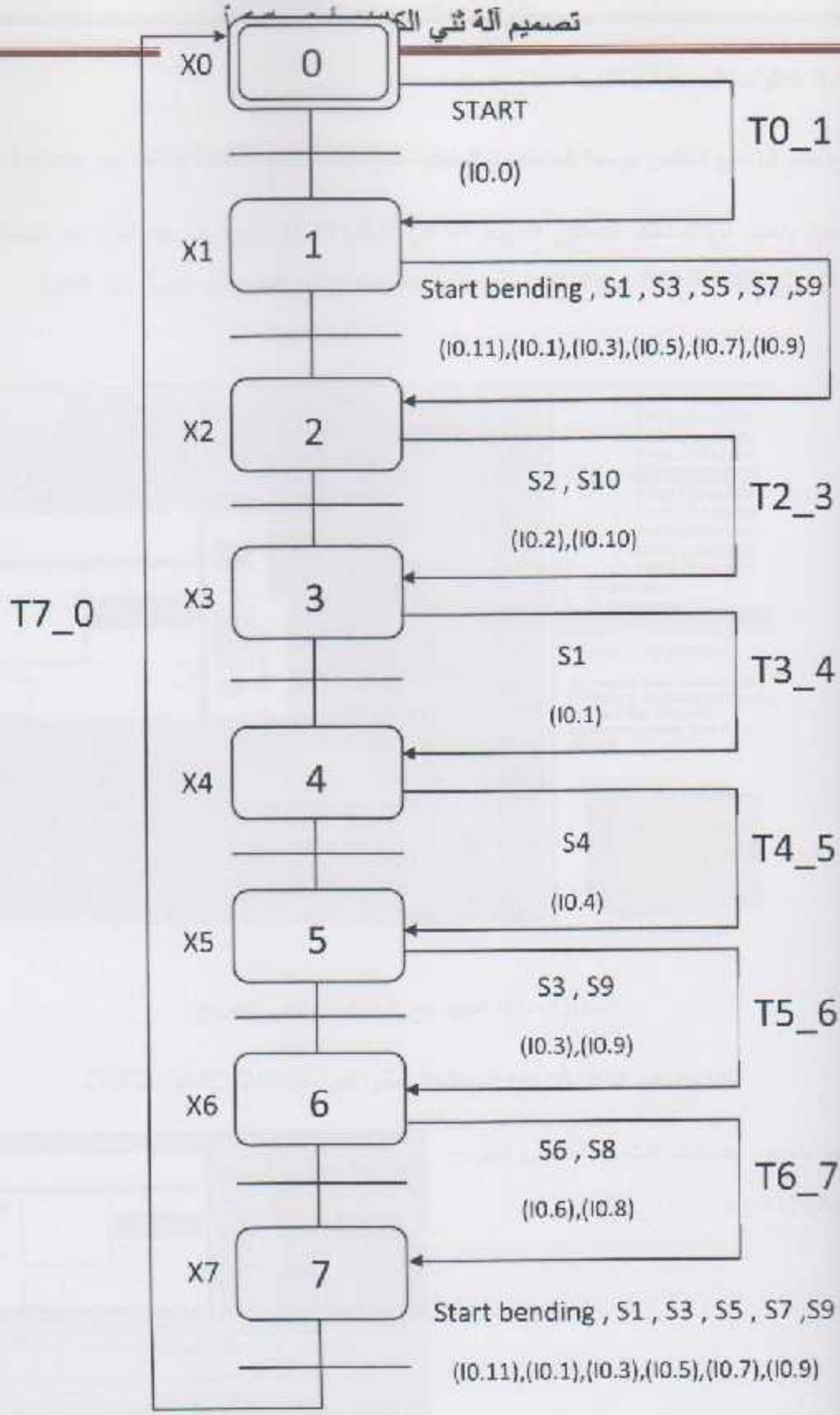
الشكل(٦.١١): المتحكم المنطقي المبرمج(PLC).

٦.٥.٢ البرمجة :

تعتبر البرمجة من أهم الخطوات في تصميم النموذج وذلك لأنها تعتبر لغة التخاطب بين مختلف الأجزاء في النموذج حيث تؤدي الوظائف المناطة بها بشكل منسق ومنظم بعملية تكاملية للوصول إلى الهدف المطلوب دون حدوث مشاكل تعوق سير الإنتاج.

لقد تم استخدام برنامج TwidoSuite الخاص ببرمجة المتحكم المنطقي المبرمج (PLC) من نوع SCHNIDER.

يلي المخطط التسلسلي لبرنامج المتحكم المنطقي المبرمج الذي يوضح عمل البرنامج بشكل منطقي كما في الشكل (٦.١٢).

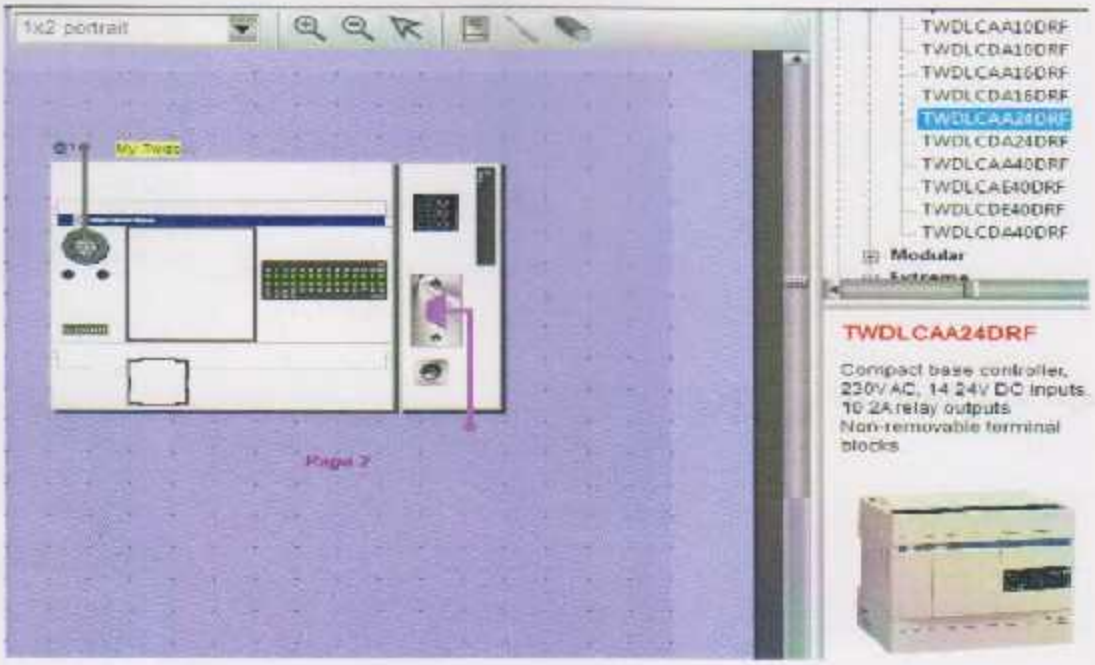


الشكل(٦.١٢): المخطط التسلسلي

٦.٥.٢.١ خطوات البرمجة :

أولاً : نقوم بفتح البرنامج الخاص ببرمجة المتحكمات المنطقية المبرمجة من نوع SCHNIDER وهو TwidoSuite.

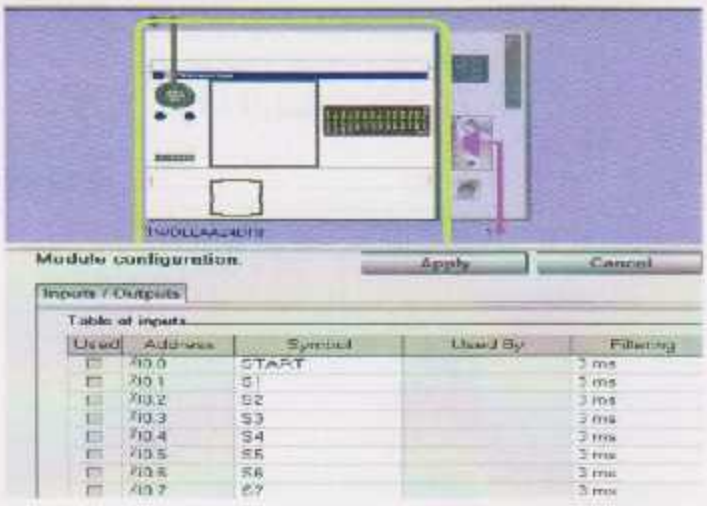
ثانياً : نقوم بتحديد نوع المتحكم المنطقي المبرمج كما في الشكل(٦.١٣) لأنه يوجد عدة أنواع من المتحكمات المنطقية المبرمجة من نوع SCHNIDER حيث تختلف عن بعضها بعدد المدخلات والمخرجات وأيضاً بجهد التغذية.



الشكل(٦.١٣): تحديد نوع المتحكم المنطقي المبرمج.

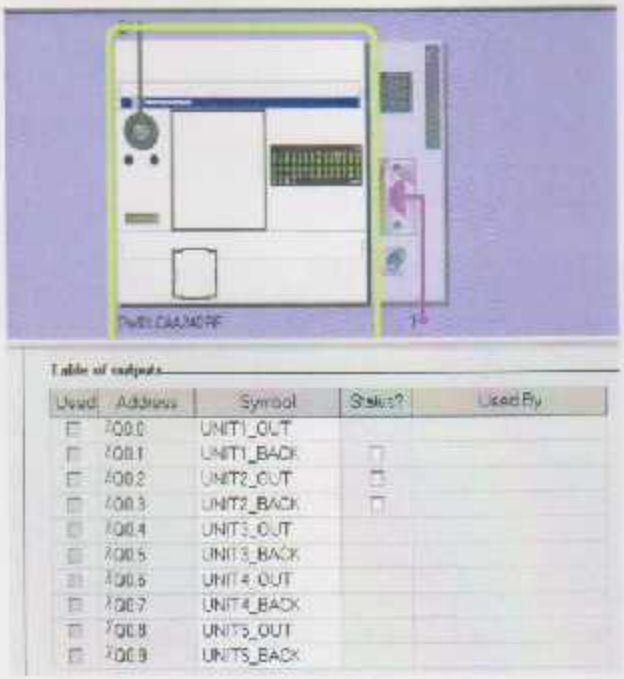
كما نرى في الشكل فإن نوع المتحكم المنطقي المبرمج(TWDLCAA24DRF).

ثالثاً : نقوم بتعريف مدخلات المتحكم المنطقي المبرمج كما في الشكل (٦.١٤).



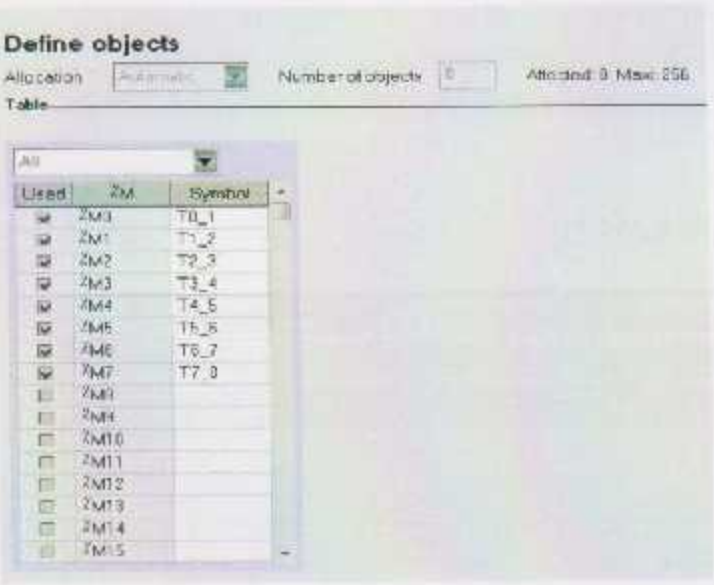
الشكل(٦.١٤).

رابعاً : نقوم بتعريف مخرجات المتحكم المنطقي المبرمج كما في الشكل (٦.١٥).



الشكل(٦.١٥).

خامساً : نقوم بتعريف تسلسل العمليات كما في الشكل(٦.١٦).

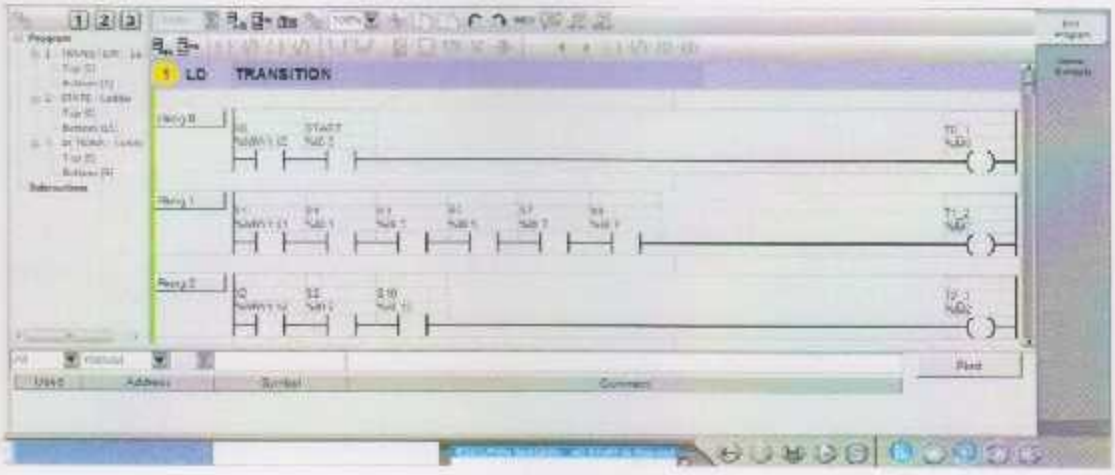


الشكل(٦.١٦).

سادساً : نقوم بكتابة البرنامج حيث يتكون من ثلاثة أقسام:

القسم الأول : (TRANSLATION).

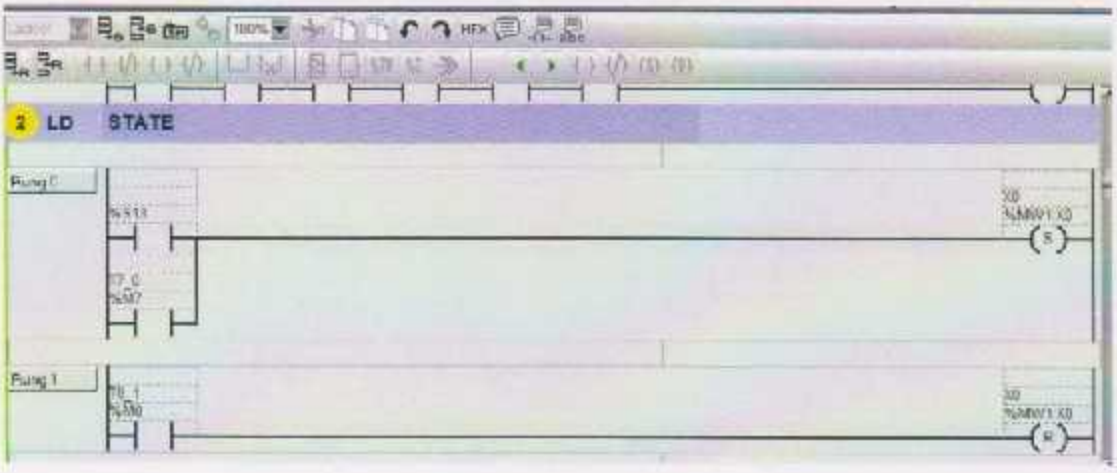
حيث نقوم بترتيب تسلسل الانتقال بين العمليات وتحديد شرط كل عملية كما في الشكل(٦.١٧).



الشكل(٦.١٧).

القسم الثاني : (STATES).

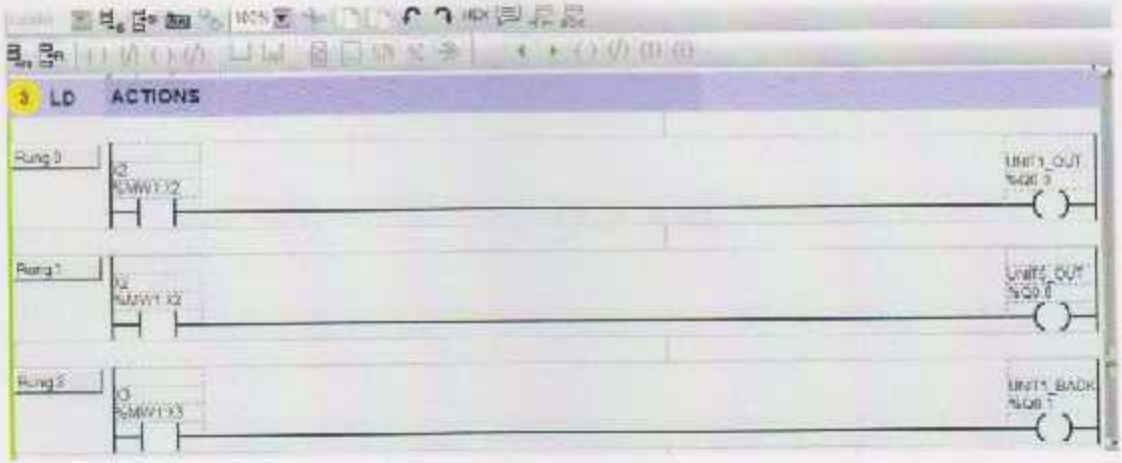
حيث نقوم بتحديد شروط عمل وإيقاف كل عملية كما في الشكل(٦.١٨).



الشكل(٦.١٨).

القسم الثالث : (ACTIONS).

حيث نقوم بتوزيع نتائج العمليات على المخرج المطلوب كما في الشكل(٦.١٩).



الشكل(٦.١٩).

وذلك تتم عملية برمجة المتحكم المنطقي المبرمج حسب آلية العمل بالضبط.

الفصل السابع

النتائج والتوصيات

٧.١ النتائج.

٧.٢ التوصيات.

تم بحمد الله الانتهاء من إعداد هذا البحث حيث اشتمل على عدة فصول قمنا من خلالها بالتعريف بالكانات المستخدمة في عملية البناء وأنواعها وعللنا سبب اختيارنا لكانة الصندوق ومن ثم انتقلنا إلى التعريف بالمبادئ الأساسية المستخدمة في الهيدروليك والمتحكم المنطقي المبرمج حيث تشكل هذه المبادئ أساس عمل آلة ثني الكانات أوتوماتيكيا، ومن ثم بينا مبدأ العمل وأجرينا الحسابات التصميمية الميكانيكية والكهربائية ومن خلال ما سبق ذكره خرجنا بمجموعة من النتائج بالإضافة إلى بعض التوصيات التي من شأنها أن تحسن من كفاءة آلة ثني الكانات أوتوماتيكيا.

٧.١ النتائج :

مع نهاية هذا البحث خرجنا بعدة نتائج نذكرها في نقاط:

١. يمكن إنتاج كانات الصندوق باختلاف أبعادها بواسطة آلة ثني الكانات أوتوماتيكيا.
٢. يتم ثني ثلاثة قضبان حديد في الطور الواحد(الطور الواحد هو مراحل الثني الثلاثة في قسم الثني في آلة ثني الكانات) ، و خمسون قضيب في الدورة الواحدة (الدورة الواحدة هي عملية ثني حمولة قسم الإدخال بتشكيلها كانات والبالغ عددها الخمسين).
٣. زمن الطور الواحد ٦ ثانية وزمن الدورة الواحدة أقل من دقيقتين تقريبا.
٤. اصغر كانة يمكن إنتاجها من حيث الأبعاد ١٢×١٢ سم .
٥. أكبر كانة يمكن إنتاجها في آلة ثني الكانات المقترحة في بحثنا هذا تعود لقضيب من الحديد بطول يبلغ ١.٩ مترا.
٦. يمكن عمل حجم أصغر لأصغر كانة بواسطة تقليص حجم الوحدات باختيار معدن ذو متانة عالية والذي يزيد من التكلفة العامة للمشروع.
٧. يمكن زيادة أكبر حجم لأكبر كانة منتجه وذلك بزيادة طول طاولة آلة ثني الكانات .
٨. يقتصر عمل الآلة على تشكل كانات الصندوق من الحديد وفق التصنيف التالي كمدخل أساسي لا يصح استخدام غيره فيما عدا ما وافقه في خصائصه التالية:

Classification :ASTM ,Grade 420(60).

Diameter : 8 [mm]

Yield Strength: 420 [MPa]

60000 [lb/in^2]

٧.٢ التوصيات :

بعد الإطلاع على البحث والنتائج التي توصلنا إليها في بحثنا أوجدنا بعض الرؤى والمقترحات كتوصيات في حال إجراء تطوير على هذا البحث نخص بالذكر التالية:

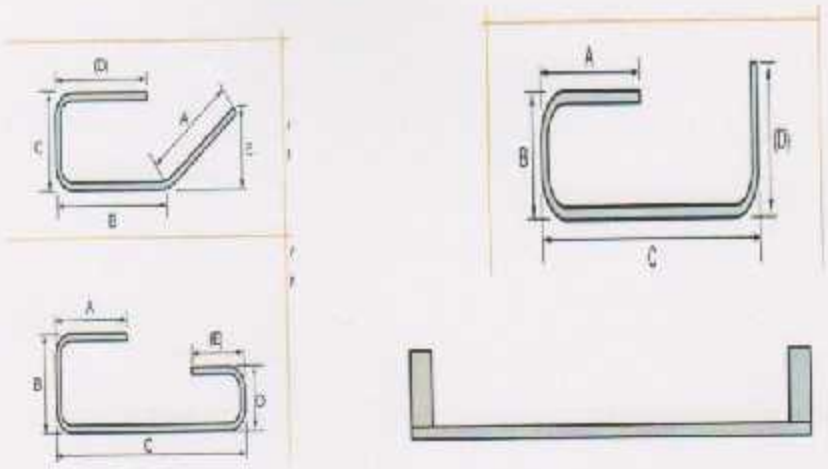
١- تزويد الآلة بخط تغذية أوتوماتيكي بحيث يعمل على قص قضبان الحديد بالطول المطلوب وتزويدها بقسم الإدخال.

٢- إضافة التحكم الالكتروني لتحريك الوحدات الميكانيكية .

٣- إضافة التحكم الالكتروني لنظام التوجيه.

٤- إجراء التعديلات اللازمة لثني أكثر من قطر لقضبان الحديد المستخدمة وذلك عن طريق تركيب نقاط ارتكاز قابلة للاستبدال.

٥- إمكانية عمل أشكال أخرى تتعدى كانت الصندوق كالأشكال التالية:



الشكل (٧.١) أشكال للكانات

المصادر والمراجع

[1]Budynas–Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Design, Eighth Edition, ,2006

[2]Professor Emeritus, Fluid Power With Application, Fifth Edition,2000

[3] Standard Method of Detailing Structural Concrete, B H G Cresswell Riol, Third Edition,2006

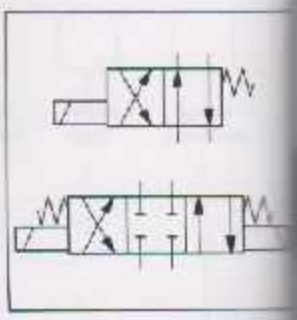
[4] Selection of bearing size, http://www.skf.com/portal/skf/home/products?lang=en&maincatalogue=1&newlink=1_0_29(21/11/2011,8:30pm)

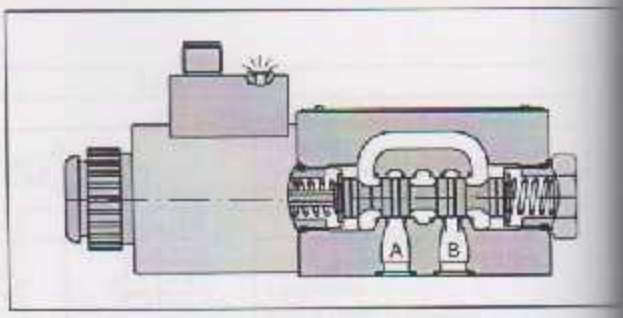
الملحقات

جدول مواصفات الآلة :

نوع المضخة	2SF10ES
ضغط المضخة	140 بار
تدفق المضخة	3.8 لتر / دقيقة
حجم خزان الزيت	64 لتر
حجم الزيت الكلي	60 لتر
نوع زيت الهيدروليك	AW68
كثافة الزيت (كغم/ م^3)	0.866
اللزوجة الكينامتيكية عند درجة حرارة (100 C)	0.091 cm2/s (9.1 cSt)
نوع الخراطيم	AFT3217T304
القطر الداخلي للخراطيم	1.5 in
القطر الخارجي للخراطيم	2.24 in
عدد طبقات الخرطوم	2
نوع المتحكم المنطقي المبرمج	TWDLCAA24DRF

The D1VW 8 Watt series is based on the standard D1VW design. The low watt, low current (<0.5 A) solenoid allows direct connection to a PLC or a bus knot. The valves are offered with standard solenoid connection (as per EN175301-803) and M12 x 1 connection. The version with M12 x 1 connection and LEDs are conform to the DESINA standard (DistributEd and Standardised INstAllation technology) for machine tools and manufacturing systems.





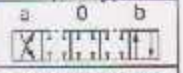
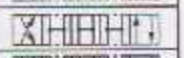
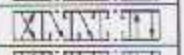
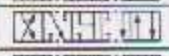
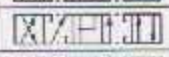
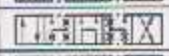
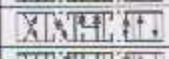
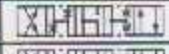
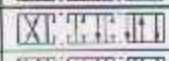
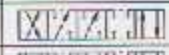
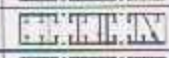
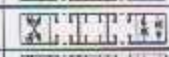
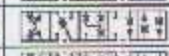
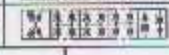
Technical data

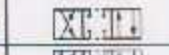
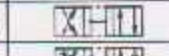
General		
Design		Directional spool valve
Actuation		**Solenoid**
Size		DIN NG06 / CETOP 03 / NFPA D03
Mounting interface		**DIN 24340 A6 / ISO 4401 / CETOP RP 121-H / NFPA D03**
Mounting position		unrestricted, preferably horizontal
Ambient temperature	[°C]	**-25...+50**
MTTF$_D$ value	[years]	150
Weight	[kg]	**1.5 (1 solenoid), 2.1 (2 solenoids)**
Hydraulic		
Max. operating pressure	[bar]	P, A, B: 350, T: 210
Fluid		**Hydraulic oil in accordance with DIN 51524 / 51525**
Fluid temperature	[°C]	-25 ... +70
Viscosity permitted	[cSt] / [mm²/s]	**2.8...400**
Viscosity recommended	[cSt] / [mm²/s]	**30...80**
Filtration		ISO 4406 (1999); 18/16/13 (meet NAS 1638: 7)
Flow max.	[l/min]	**60 (see shift limits)**
Leakage at 50 bar	[ml/min]	Up to 10 per flow path, depending on spool
Static / Dynamic		
Step response at 95%	[ms]	Energized: 80...120; De-energized: 35...55
Electrical characteristics		
Duty ratio		100% ED; CAUTION: coil temperature up to 70 °C possible
Max. switching frequency	[1/h]	**10000**
Protection class		IP 65 in acc. with EN 60529, M12x1 IP67 (each with correctly mounted plug-in connec
	Code	J
Supply voltage	[V]	24 V =
Tolerance supply voltage	[%]	**±10**
Current consumption	[A]	0.33
Power consumption	[W]	**8**
Solenoid connection		Connector as per EN 175301-803, solenoid identification as per ISO 9461 (code W). Plug M12x1 on coil as per IEC 61076-2-101 (code D).
Wiring min.	[mm²]	**3 x 1.5 recommended**
Wiring length max.	[m]	50 recommended

With electrical connections the protective conductor (PE ⏚) must be connected according to the relevant regulations.

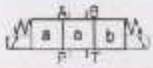
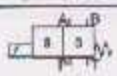
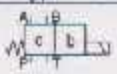
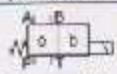
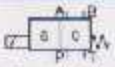
2

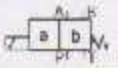
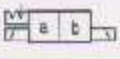
D	1	V	W		
Directional control valve	Size DIN NG06 CETOP 03 NFPA D03	3-chamber valve	Wet pin solenoid	Spool type	Spool position

3 position spools	
Code	Spool type a 0 b
001	
002	
003	
004	
005	
006	
007	
008 [1]	
009 [1]	
010	
011	
014	
015	
016	
076	
078	
081	
082	
102	

2 position spools	
Code	Spool type a b
020	
026	
030	
101	

[1] Consider specific spool position.

3 position spools			
Code	all 3 position spools		
C			3 positions. **Spring offset in position "0".** **Operated in position "a" or "b".**
	Standard	Spool type 008, 009	
E	 Operated in position "a".	 Operated in position "b".	2 positions. Spring offset in position "0".
K	 Operated in position "b".	 Operated in position "a".	2 positions. Spring offset in position "0".

2 position spools		
Code	Spool position	
B		2 positions. **Spring offset in position "b".** **Operated in position "a".**
D [2]		2 positions. **Operated in position "a" or "b".** **No center or offset position.**
H		2 positions. **Spring offset in position "a".** **Operated in position "b".**

[2] Only for spool 020 available.

Bold letters =
Short-term availabl

Seals	Solenoid voltage 24V=	Connection	8 watt Solenoid	Electrical option	Acces-sories	Design series (not required for ordering)
☐	J	☐	L	☐	☐	☐

Code	Accessories
omit	**Standard valve (in combination with solenoid connection "D" and "W")**
5	Only in combination with solenoid connection "D" and surge diode with LED "J"

Solenoid identification acc. to ISO 9461

Code	Electrical option
omit	**Standard valve (in combination with solenoid connection "D" and "W")**
J	Surge diode with LED, max. voltage peak 50V (only available in combination with solenoid connection "D")

Code	Connection
D *	M12x1 on coil as per IEC 61076-2-101
W *	**Connector as per EN 175301-803 without plug**

* Please order plug separately

Code	Seals
N	**NBR**
V	FPM

Further spool types on request.

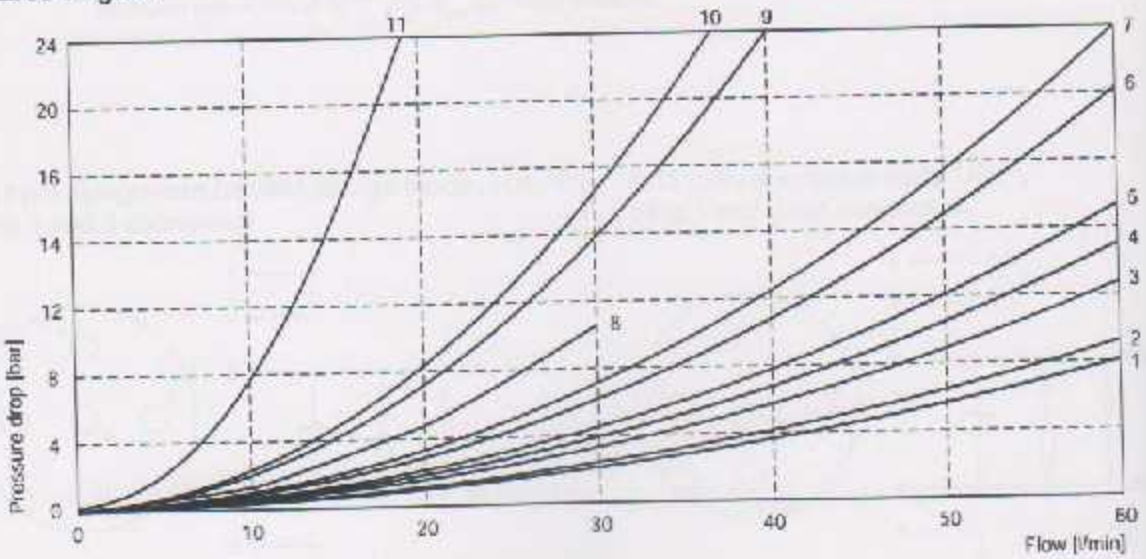
To get a DESINA valve, order the combination: JDLJ5

The flow curve diagram shows the flow versus pressure drop curves for all spool types. The relevant curve number for each spool type, operating position and flow direction is given in the table below.

2

	Position „b"		Position „a"		Position „0"				
Spool	P->A	B->T	P->B	A->T	P->A	P->B	A->T	B->T	P->T
001	3	3	3	3	–	–	–	–	–
002	3	4	3	4	1	1	3	3	1
003	4	4	4	5	–	–	4	–	–
004	3	4	3	4	–	–	4	4	–
005	3	3	3	3	8 (max. 30l)	–	–	–	–
006	3	4	3	4	4	4	–	–	–
007	4	3	3	3	–	2	–	1	4
010	4	–	4	–	–	–	–	–	–
011	3	3	3	3	–	–	11 (max. 25l)	11 (max. 25l)	–
014	4	3	3	3	2	–	1	–	4
015	4	5	4	4	–	–	–	4	–
016	3	3	3	3	–	8 (max. 30l)	–	–	–
020B	4	4	3	4	–	–	–	–	–
026B	4	–	4	–	–	–	–	–	–
030B	3	4	4	3	–	–	–	–	–
081	9	10	9	10	–	–	–	–	–
082	9	10	9	10	–	–	–	–	–
101B	4 (max. 40l)	7	7	6	–	–	–	–	–
102	3	4	3	4	3	3	5	5	3
	P->B	A->T	P->A	B->T	P->A	P->B	A->T	B->T	P->T
008	4	5	4	5	–	–	–	–	6
009	5	5	5	5	–	–	–	–	4

Flow curve diagram

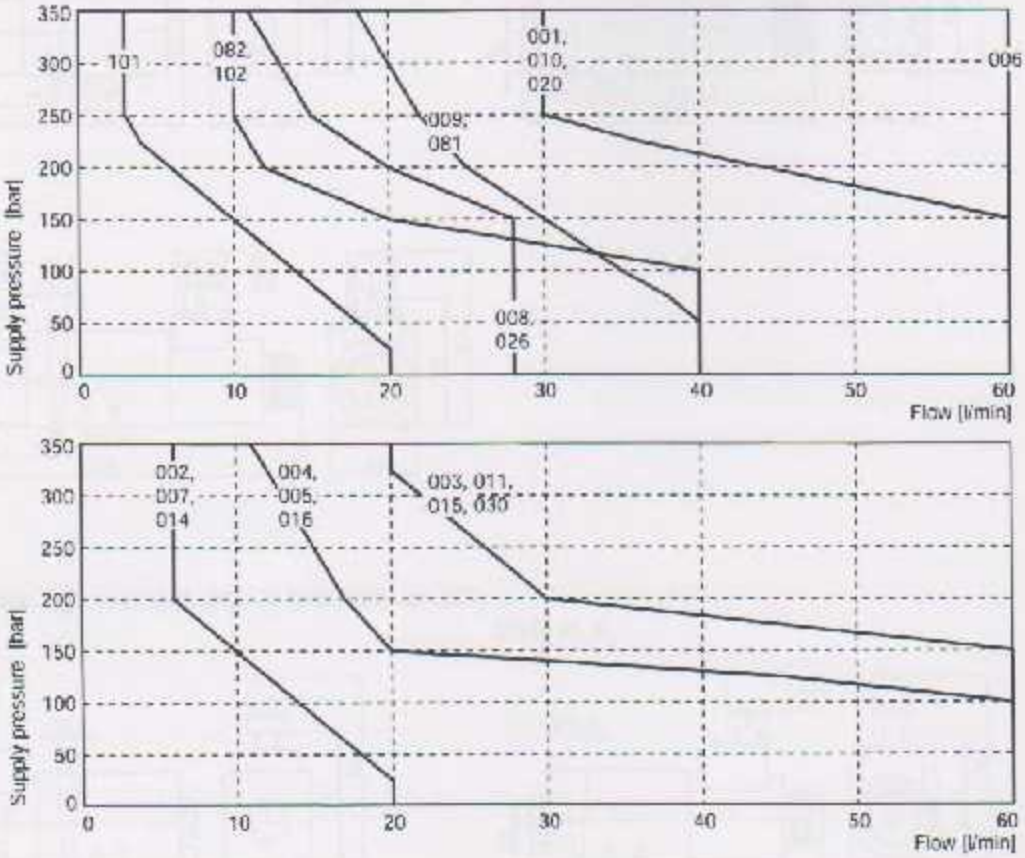


All characteristic curves measured with HLP46 at 50°C.

The diagram below specifies the shift limits. The specifications apply to balanced flow conditions. The shift limits can be considerably lower at unbalanced flow conditions.

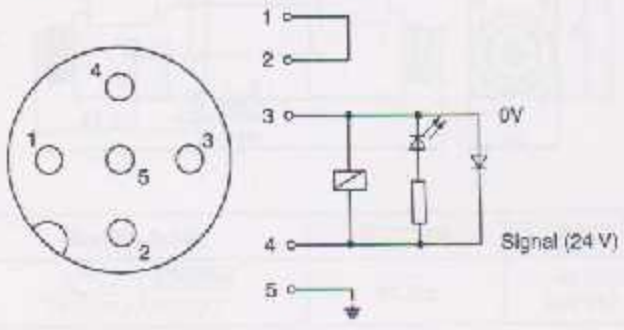
To avoid flow rates beyond the shift limits, a plug-in orifice can be inserted in the P-port.

Shift limit

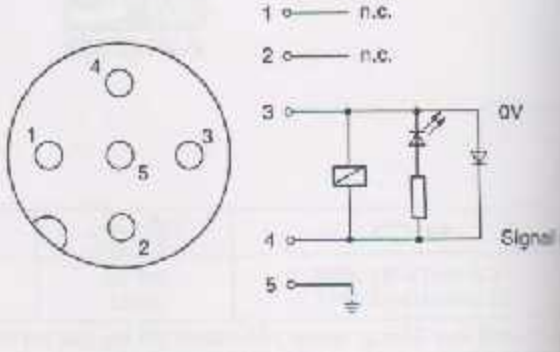


Measured with HLP46 at 50°C, 90% U_{nom} and warm solenoids

M12 pin assignment DESINA design (code „JDLJ5"), Pins 1 and 2 connected

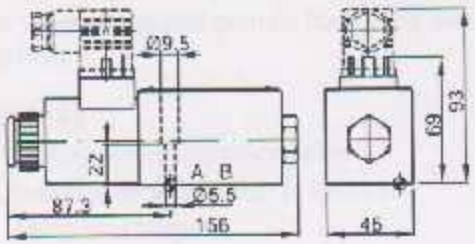


M12 pin assignment code "JDL", Pins 1 and 2 not connected

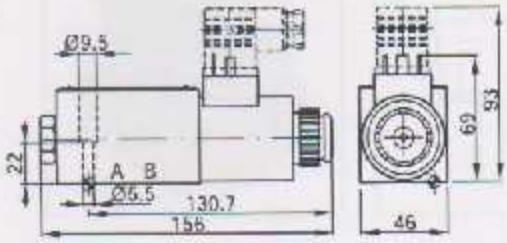


2

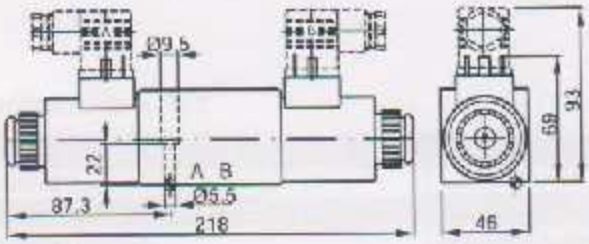
Interface EN 175301-803, DC solenoid, JWL
Style B, E



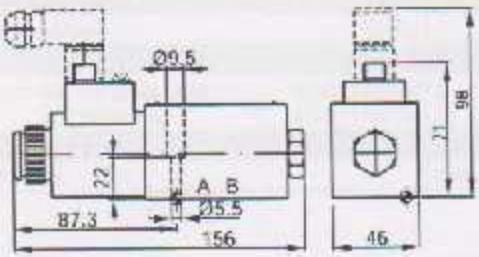
Style H, K



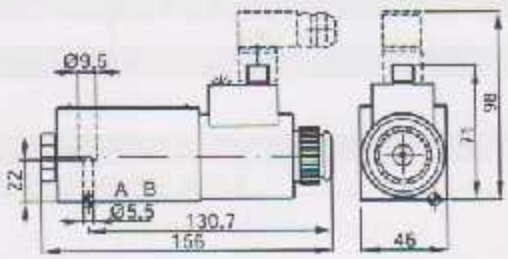
Style C, D



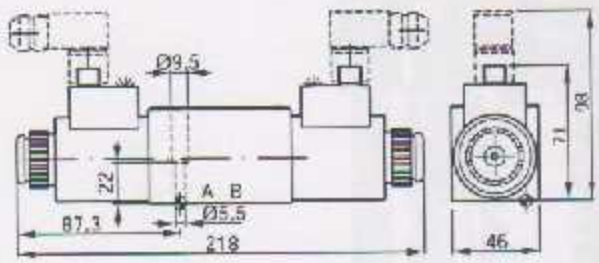
M12x1 connector, DC solenoid, JDLJ5 (DESINA) or JDL
Style B, E



Style H, K



Style C, D

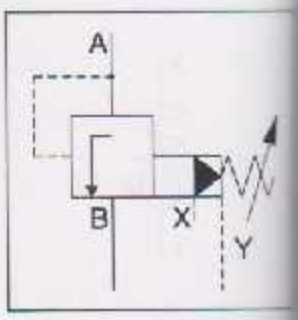


DESINA

Surface finish	Kit			Kit
$\sqrt{R_{max}6.3}$ ⌭0.01/100	BK375	4x M5x30 DIN 912 12.9	7.6 Nm ±15%	**NBR: SK-D1VW-N-91** FPM: SK-D1VW-V-91

The space necessary to remove the plug per EN 175301-803, design type AF is at least 15 mm
The torque for the screw M3 of the plug has to be 0.5 to 0.6 Nm

Subplate mounted sequence valves series R4S enable a hydraulic system to operate in a pressure sequence. When the system pressure reaches the setting pressure the valve opens and permits flow to the secondary sub-system.

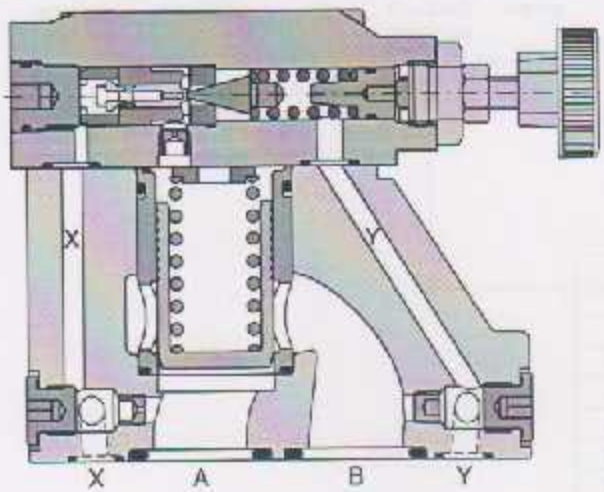


Features

- Pilot operated sequence valve
- Subplate mounting acc. to ISO 5781
- 3 pressure stages
- 3 adjustment modes
  - hand knob
  - acorn nut with lead seal
  - Key knob

Technical data R4S

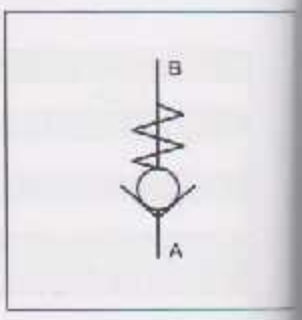
General				
Nominal size		10	25	32
Interface		Subplate mounting acc. ISO 5781		
Mounting position		as desired, horizontal mounting prefered		
Ambient temperature	[°C]	-20...+80		
MTTF$_d$ value	[years]	75		
Weight Series R4S	[kg]	2,7	4,5	6,0
Hydraulic				
Max. operating pressure	[bar]	Ports A, B and X 350, port Y depressurized		
Pressure stages	[bar]	105, 210, 350		
Nominal flow	[l/min]	150	350	650
Fluid		Hydraulic oil according to DIN 51524 ... 51525		
Viscosity, recommended	[cSt] / [mm²/s]	30 ... 50		
permitted	[cSt] / [mm²/s]	20 ... 380		
Fluid temperature	[°C]	-20 ... +70		
Filtration		ISO 4406 (1999) 18/16/13 (acc. NAS 1638:7)		



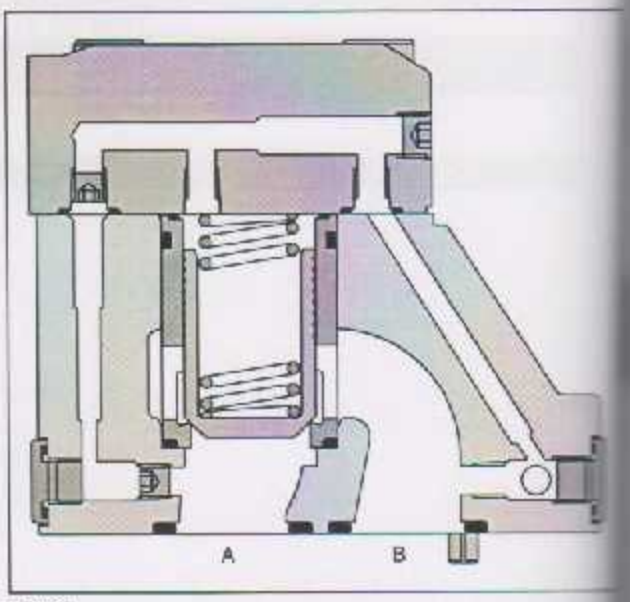
Direct operated check valves C4V allow free flow from A to B. The counter direction is blocked. The C4V series are equipped with a leak-free seat type cartridge.

Function

The pressure arising in port A lifts the poppet from the valve seat and releases the flow to B. In the counter direction, the spring and the pressure on top of the cartridge hold the poppet onto the seat and block the flow.



C4V06



C4V10

Ordering code

C4V	☐	–	5	3	0	☐	B	☐	☐
Check valve direct operated	Nominal size		Max. pressure 350 bar	Subplate mounting		Approx. cracking pressure	Design series	Seal	Options

Code	Nominal size
03	NG10
06	NG25
10	NG32

Code	Seal
1	NBR
5	FPM

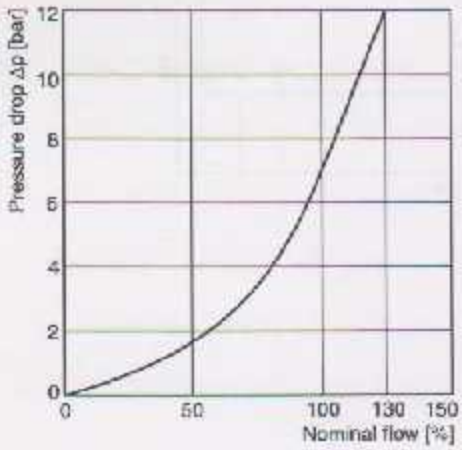
Code	Approx. cracking pressure bar	
	C4V03	C4V06/10
1	2.8	3.5
2	0.5	0.5
3	0.3	0.3
4	2.2	2.2
5	—	8.0
6	1.2	1.2
7	3.0	—

Technical data

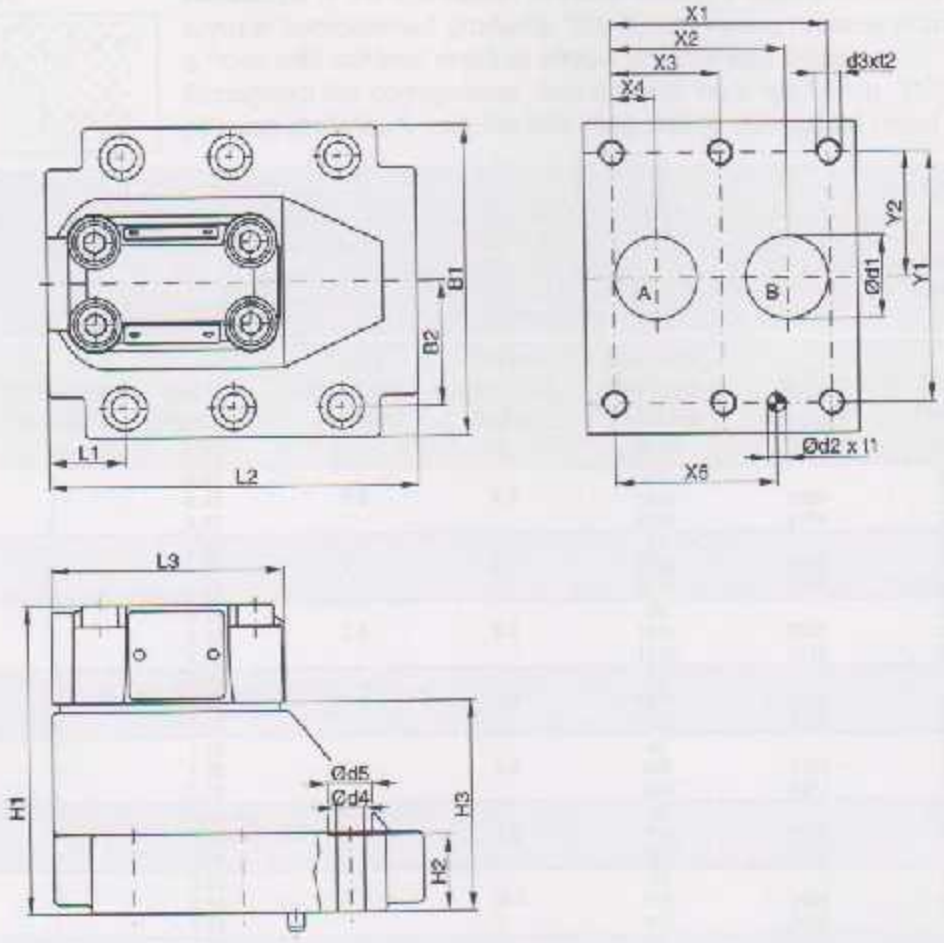
General					
Nominal size			NG10	NG25	NG32
Subplate mounting			ISO 5781		
Mounting position			unrestricted		
Ambient temperature		[°C]	-20...+80		
$MTTF_D$ value		[years]	150		
Weight		[kg]	2.8	4.6	6.1
Hydraulic					
Max. operating pressure		[bar]	350		
Nominal flow		[l/min]	150	270	450
Fluid			Hydraulic oil according to DIN 51524		
Viscosity	permitted	[cSt] / [mm²/s]	20...380		
	recommended	[cSt] / [mm²/s]	30...50		
Fluid temperature	permitted	[mm²/s]	-20...+70		
	recommended	[mm²/s]	30...50		
Filtration			ISO 4406 (1999): 18/16/13 (meet NAS 1638:7)		

6

Δp/Q performance curve



Characteristic curve measured with HLP46 at 50°C.



NG	ISO-code	x1	x2	x3	x4	x5	y1	y2	B1	B2	H1	H2	H3	L1	L2
10	5781-06-07-0-00	42.9	35.8	–	7.2	31.8	66.7	33.4	87.3	33.4	83	21	45	29	94
25	5781-08-10-0-00	60.3	49.2	–	11.1	44.5	79.4	39.7	105	39.7	109.5	29	71.5	34.7	126
32	5781-10-13-0-00	84.2	67.5	42.1	16.7	62.7	96.8	48.4	120	48.4	120	29	82	30.6	144

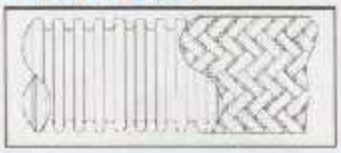
Tolerance for all dimensions ±0.2

NG	ISO-code	d1max	d2	t1	d3	t2	d4	d5
10	5781-06-07-0-00	15	7.1	8	M10	16	10.8	17
25	5781-08-10-0-00	23.4	7.1	8	M10	18	10.8	17
32	5781-10-13-0-00	32	7.1	8	M10	20	10.8	17

NG	ISO-code	Bolt kit			Kit		Surface finish
					NBR	FPM	
10	5781-06-07-0-00	BK 505	4x M10 x 35 DIN 912 12.9	63 Nm ±15%	S16-39362-0	S16-39362-5	
25	5781-08-10-0-00	BK 485	4x M10 x 45 DIN 912 12.9	63 Nm ±15%	S16-39364-0	S16-39364-5	
32	5781-10-13-0-00	BK 506	6x M10 x 45 DIN 912 12.9	63 Nm ±15%	S16-39366-0	S16-39366-5	

Corrugated Metal Hose (Products)

ANNUFLEX



Annuflex is the foundation of Hose Master's extensive line of annular hydroformed products. The hydroforming process produces a hose with minimal residual stress, uniform wall thickness throughout the corrugations, and minimal work hardening. This process provides a very flexible, long lasting corrugated metal hose.

Explanation of ***Annuflex*** Part Numbers:

AF _____ 7 _____
Material Code / Braid Code

Material Codes:
4 - T321 Stainless Steel
5 - T316L Stainless Steel
7 - T304L Stainless Steel

Braid Codes
00 - Unbraided
50 - T304 Single Braid
55 - T304 Double Braid
*T316 Braid available upon request.

Example: AF4750 = T321 Stainless Steel, annular, corrugated metal hose with a single T304 Stainless Steel Braid.

Inside Diameter (In.)	Number of Braids (#)	Outside Diameter (In.)	Static Min. Bend Radius (In.)	Dynamic Min. Bend Radius (in.)	Maximum Working Pressure (psi)	Burst Pressure (psi)	Weight Per Foot (lbs.)
1/4	0	0.41	1.0	4.5	90		0.04
	1	0.47			1800	7233	0.11
	2	0.53			2700	9100	0.18
3/8	0	0.65	1.2	5.0	70		0.10
	1	0.71			1558	6230	0.20
	2	0.77			2336	9345	0.30
1/2	0	0.77	1.5	6.5	70		0.11
	1	0.83			1186	4743	0.22
	2	0.89			1779	7115	0.33
5/8	0	0.96	1.8	7.0	57		0.17
	1	1.02			1205	4820	0.33
	2	1.08			1808	7230	0.49
3/4	0	1.16	2.1	8.0	43		0.19
	1	1.22			898	3591	0.37
	2	1.28			1347	5387	0.55
1	0	1.47	2.7	9.0	43		0.28
	1	1.53			718	2872	0.56
	2	1.59			1077	4308	0.74
1 1/4	0	1.75	3.1	10.8	43		0.29
	1	1.83			645	2581	0.61
	2	1.91			968	3872	0.93
1 1/2	0	2.08	3.9	11.0	28		0.47
	1	2.16			531	2126	0.86
	2	2.24			797	3188	1.23
2	0	2.61	5.1	13.0	14		0.59
	1	2.69			449	1797	1.11
	2	2.77			674	2696	1.63
2 1/2	0	3.40	6.8	16.0	14		0.84
	1	3.50			417	1669	1.64
	2	3.60			626	2504	2.44
3	0	3.88	7.8	18.0	14		1.18
	1	3.98			346	1384	2.06
	2	4.08			519	2076	2.94
4	0	4.96	9.8	22.0	14		1.41
	1	5.06			299	1194	2.47
	2	5.16			448	1791	3.53
5	0	6.00	12.8	28.0	14		2.18
	1	6.12			275	1099	3.61
	2	6.24			412	1648	5.04
6	0	7.01	14.8	32.0	11		2.69
	1	7.13			210	839	4.44
	2	7.25			315	1259	6.19
8*	0	9.08	20.0	40.0	3		5.32
	1	9.44			212	850	7.66
10*	0	11.10	25.0	50.0	2		8.71
	1	11.49			175	700	12.65
12*	0	13.22	30.0	60.0	2		11.58
	1	13.51			150	640	17.53

*Supplied with braided braid.

Notes: The minimum bend radius is measured from the centerline of the hose. The minimum bend radius increases with pressure (see chart on page 66). The working pressure decreases with temperature (obtain derating factor on page 67). For rapid pressure fluctuations consult the factory.

Versatile Direct-Drive Pumps

Model 4SF40ELS

Industrial D
Direct-Dri
Pump

SF DIRECT-DRIVE TRIPLEX PLUNGER PUMP SELECTION

PUMP MODEL	Flow GPM	(L/M)	Pressure PSI	(BAR)	Manifold Material	Horsepower HP	(kW)	RPM	Drive Type
2SF									
2SF10ES	1.0	(3.8)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	1.4	(1.0)	3450	Direct, Electric
2SF20ES	2.0	(7.6)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	2.7	(2.0)	3450	Direct, Electric
2SF22ES	2.2	(8.3)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	3.0	(2.2)	3450	Direct, Electric
2SF22ELS	2.2	(8.3)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	3.0	(2.2)	1725	Direct, Electric
2SF25ELS	2.5	(9.5)	100 to 1500	(7 to 105)	Brass	2.6	(1.9)	1725	Direct, Electric
2SF29ELS	2.85	(10.8)	100 to 1500	(7 to 105)	Brass	2.9	(2.1)	1725	Direct, Electric
2SF30ES	3.0	(11.4)	100 to 1500	(7 to 105)	Brass	3.1	(2.3)	3450	Direct, Electric
2SF30GS	3.0	(11.4)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	4.1	(3.1)	3450	Direct, Gas
2SF35ES	3.5	(13.2)	100 to 1500	(7 to 105)	Brass	3.6	(2.7)	3450	Direct, Electric
2SF35GS	3.5	(13.2)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	4.8	(3.5)	3450	Direct, Gas
2SFX									
2SFX20ES	2.0	(7.5)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	2.7	(2.0)	3450	Direct, Electric
2SFX22ES	2.2	(8.3)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	3.0	(2.2)	3450	Direct, Electric
2SFX25ES	2.5	(9.5)	100 to 1500	(7 to 105)	Brass	2.6	(1.9)	3450	Direct, Electric
2SFX29ELS	2.85	(10.8)	100 to 1500	(7 to 105)	Brass	2.9	(2.1)	1725	Direct, Electric
2SFX30ES	3.0	(11.4)	100 to 1500	(7 to 105)	Brass	3.1	(2.3)	3450	Direct, Electric
2SFX22GS	2.2	(8.3)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	3.0	(2.2)	3450	Direct, Gas
2SFX25GZ	2.5	(9.5)	100 to 2500	(7 to 175)	Brass	4.3	(3.2)	3450	Direct, Gas
2SFX30GS	3.0	(11.4)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	4.1	(3.1)	3450	Direct, Gas
2SFX30GZ	3.0	(11.4)	100 to 2500	(7 to 175)	Brass	5.1	(3.8)	3450	Direct, Gas
2SFX35GS	3.5	(13.2)	100 to 2000	(7 to 140)	Brass	4.8	(3.5)	3450	Direct, Gas
4SF									
4SF38ELS	3.2	(12.1)	100 to 3500	(7 to 245)	Brass	7.7	(5.7)	1725	Direct, Electric
4SF40ELS	4.0	(15.0)	100 to 3500	(7 to 245)	Brass	9.6	(7.2)	1725	Direct, Electric
4SF45ELS	4.5	(17.0)	100 to 3000	(7 to 210)	Brass	9.2	(6.9)	1725	Direct, Electric
4SF50ELS	5.0	(19.0)	100 to 3000	(7 to 210)	Brass	10.3	(7.7)	1725	Direct, Electric
4SF30GS1	3.0	(11.4)	100 to 3500	(7 to 245)	Brass	7.2	(5.4)	3200	Direct, Gas
4SF35GS1	3.5	(13.2)	100 to 3500	(7 to 245)	Brass	8.4	(6.3)	3200	Direct, Gas
4SF40GS1	4.0	(15.0)	100 to 3500	(7 to 245)	Brass	9.6	(7.2)	3200	Direct, Gas
4SF45GS1, GS118	4.5	(17.0)	100 to 3000	(7 to 210)	Brass	9.2	(6.9)	3200	Direct, Gas
4SF50GS1	5.0	(19.0)	100 to 3000	(7 to 210)	Brass	10.3	(7.7)	3200	Direct, Gas

Detailed Data Sheets are available for each model at www.catpumps.com/data sheets/pump parts lists.

Product data sheet
Characteristics

TWDLCAA24DRF
extendable PLC base Twido - 100..240 V AC supply - 14 I 24 V DC - 10 O relay

Main

Range of product	Twido
Product or component type	Compact base controller
Discrete I/O number	24
Discrete input number	14
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Discrete output number	10 relay
Number of I/O expansion module	4
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Use of slot	Memory cartridge or realtime clock cartridge
Data backed up	Internal RAM lithium 30 days 10 hrs 10 yr
Integrated connection type	Non isolated serial link mini DIN Modbus/character mode master/slave RTU/ASCII RS485 half duplex 38,4 kbit/s Power supply Serial link interface adaptor RS232C/RS485
Complementary function	PID Event processing

Complementary

Discrete input logic	Sink or source
Input voltage limits	20.4...28.8 V
Discrete input current	7 mA I0.2 to I0.13 11 mA I0.0 to I0.1
Input impedance	2100 Ohm I0.0 to I0.1 3400 Ohm I0.2 to I0.13
Filter time	35 µs + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 1 40 µs + programmed filter time for I0.6 to I0.13 at state 1 45 µs + programmed filter time for I0.0 to I0.5 at state 0 150 µs + programmed filter time for I0.6 to I0.13 at state 0
Insulation between channel and internal logic	1500 Vrms for 1 minute
Insulation resistance between channel	None
Minimum load	0.1 mA
Contact resistance	≤ 30000 µOhm
Load current	2 A 240 V AC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC resistive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 240 V AC inductive 30 cyc/mn relay outputs 2 A 30 V DC inductive 30 cyc/mn relay outputs
Mechanical durability	≥ 20000000 cycles relay outputs
Electrical durability	≥ 100000 cycles relay outputs
Current consumption	5 mA 5 V DC at state 0 36 mA 5 V DC at state 1 55 mA 24 V DC at state 1
I/O connection	Non-removable screw terminal block
Input/Output number	≤ 120 spring terminal block with I/O expansion module ≤ 152 HE-10 connector with I/O expansion module ≤ 88 removable screw terminal block with I/O expansion module
Network frequency	50/60 Hz
Supply voltage limits	85...264 V
Network frequency limits	47...63 Hz

Power supply output current	0.25 A 24 V DC sensors
Power supply input current	450 mA
Inrush current	≤ 40 A
Protection type	Power protection internal fuse
Power consumption in VA	33 VA 100 V 40 VA 264 V
Insulation resistance	> 10 MOhm at 500 V, between supply and earth terminals > 10 MOhm at 500 V, between I/O and earth terminals
Program memory	3000 instructions
Exact time for 1 K instruction	1 ms
System overhead	0.5 ms
Memory description	Internal RAM 256 internal bits, no floating, no trigonometrical Internal RAM 3000 internal words, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 timers, no floating, no trigonometrical Internal RAM 128 counters, no floating, no trigonometrical Internal RAM double words, no floating, no trigonometrical
Free slots	1
Realtime clock	Without
Counting input number	1 20000 Hz 32 bits 3 5000 Hz 16 bits
Analogue adjustment points	1 point adjustable from 0...1023 1 point adjustable from 0 to 511 points
Marking	CE
Status LED	1 LED green PWR 1 LED green RUN 1 LED red module error (ERR) 1 LED user pilot light (STAT) 1 LED per channel green I/O status
Product weight	0.305 kg

Environment

Immunity to microbreaks	10 ms
Dielectric strength	1500 V for 1 minute, between supply and earth terminals 1500 V for 1 minute, between I/O and earth terminals
Product certifications	CSA UL
Ambient air temperature for operation	0...55 °C
Ambient air temperature for storage	-25...70 °C
Relative humidity	30...95 % without condensation
IP degree of protection	IP20
Operating altitude	0...2000 m
Storage altitude	0...3000 m
Vibration resistance	0.075 mm 10...57 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1 gn 57...150 Hz 35 mm symmetrical DIN rail 1.6 mm 2...25 Hz plate or panel with fixing kit 4 gn 25...100 Hz plate or panel with fixing kit
Shock resistance	15 gn 11 ms
RoHS EUR conformity date	0630
RoHS EUR status	Compliant

Conforms to ANSI Z400.5-2004 Standard (United States, Canada).

Material Safety Data Sheet

AW Hydraulic Oil

Section 1. Product and company identification

Product name
AW Hydraulic Oil

Material uses
Lubricating Fluid.

Supplier/Manufacturer
AMSOIL INC.
925 Tower Avenue
Superior, WI 54880

Code
AW68

MSDS authored by
AMSOIL INC.

In case of emergency
CHEMTREC: (800) 424-9300

Section 2. Hazards identification

Emergency overview

Color	:	Straw. [Light]
Physical state	:	Liquid. [Fluid.]
Odor	:	Mild hydrocarbon.
Hazard statements	:	NOT EXPECTED TO PRODUCE SIGNIFICANT ADVERSE HEALTH EFFECTS WHEN THE RECOMMENDED INSTRUCTIONS FOR USE ARE FOLLOWED.
Precautions	:	No known significant effects or critical hazards. Avoid prolonged contact with eyes, skin and clothing.
OSHA/HCS status	:	While this material is not considered hazardous by the OSHA Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200), this MSDS contains valuable information critical to the safe handling and proper use of the product. This MSDS should be retained and available for employees and other users of this product.

Potential acute health effects

Inhalation	:	No known significant effects or critical hazards.
Ingestion	:	No known significant effects or critical hazards.
Skin	:	No known significant effects or critical hazards.
Eyes	:	No known significant effects or critical hazards.

Potential chronic health effects

Chronic effects	:	No known significant effects or critical hazards.
Carcinogenicity	:	No known significant effects or critical hazards.
Mutagenicity	:	No known significant effects or critical hazards.
Teratogenicity	:	No known significant effects or critical hazards.
Developmental effects	:	No known significant effects or critical hazards.
Fertility effects	:	No known significant effects or critical hazards.

Over-exposure signs/symptoms

Inhalation	:	No specific data.
Ingestion	:	No specific data.
Skin	:	No specific data.
Eyes	:	No specific data.

Date of issue : 09/01/20

Medical conditions aggravated by over-exposure : None known.

See toxicological information (section 11)

Section 3. Composition/information on ingredients

There are no ingredients present which, within the current knowledge of the supplier and in the concentrations applicable, are classified as hazardous to health or the environment and hence require reporting in this section.

Section 4. First aid measures

Eye contact : Immediately flush eyes with plenty of water for at least 20 minutes, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Get medical attention if symptoms occur.

Skin contact : After contact with skin, wash immediately with plenty of soap and water. Get medical attention if symptoms occur.

Inhalation : Move exposed person to fresh air. Get medical attention if symptoms occur.

Ingestion : Wash out mouth with water. Do not induce vomiting unless directed to do so by medical personnel. Never give anything by mouth to an unconscious person. Get medical attention if symptoms occur.

Notes to physician : No specific treatment. Treat symptomatically. Contact poison treatment specialist immediately if large quantities have been ingested or inhaled.

Section 5. Fire-fighting measures

Flammability of the product : No specific fire or explosion hazard.

Extinguishing media

Suitable : Use an extinguishing agent suitable for the surrounding fire.

Not suitable : None known.

Hazardous decomposition products : No specific data.

Special protective equipment for fire-fighters : No special protection is required.

Section 6. Accidental release measures

Personal precautions : Put on appropriate personal protective equipment (see section 8).

Environmental precautions : Avoid dispersal of spilled material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers. Inform the relevant authorities if the product has caused environmental pollution (sewers, waterways, soil or air).

Methods for cleaning up

Small spill : Absorb with an inert dry material and place in an appropriate waste disposal container. Dispose of via a licensed waste disposal contractor.

Large spill : Prevent entry into sewers, water courses, basements or confined areas. Wash spillages into an effluent treatment plant or proceed as follows. Contain and collect spillage with non-combustible, absorbent material e.g. sand, earth, vermiculite or diatomaceous earth and place in container for disposal according to local regulations (see section 13). Dispose of via a licensed waste disposal contractor. Note: see section 1 for emergency contact information and section 13 for waste disposal.

Section 7. Handling and storage

Handling : Put on appropriate personal protective equipment (see section 8). Avoid contact with used product. Eating, drinking and smoking should be prohibited in areas where this material is handled, stored and processed. Workers should wash hands and face before eating, drinking and smoking. Do not reuse container.

Storage : Store in accordance with local regulations. Store in original container protected from direct sunlight in a dry, cool and well-ventilated area, away from incompatible materials (see section 10) and food and drink. Keep container tightly closed and sealed until ready for use. Containers that have been opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage. Do not store in unlabeled containers. Use appropriate containment to avoid environmental contamination.

Section 8. Exposure controls/personal protection

Under conditions which may generate mists, the following exposure limits are recommended:
ACGIH TLV TWA: 5 mg/m³ ; STEL: 10 mg/m³.

Consult local authorities for acceptable exposure limits.

Recommended monitoring procedures : Personal, workplace atmosphere or biological monitoring may be required to determine the effectiveness of the ventilation or other control measures and/or the necessity to use respiratory protective equipment.

Engineering measures : No special ventilation requirements. Good general ventilation should be sufficient to control worker exposure to airborne contaminants.

Hygiene measures : Wash hands, forearms and face thoroughly after handling chemical products, before eating, smoking and using the lavatory and at the end of the working period.

Respiratory : Respirator selection must be based on known or anticipated exposure levels, the hazards of the product and the safe working limits of the selected respirator. Not required under normal conditions of use.

Hands : Use gloves appropriate for work or task being performed. Not required under normal conditions of use. Recommended: Disposable vinyl gloves.

Eyes : Safety eyewear should be used when there is a likelihood of exposure. Not required under normal conditions of use. Recommended: Safety glasses with side shields.

Skin : No special protective clothing is required.

Environmental exposure controls : Emissions from ventilation or work process equipment should be checked to ensure they comply with the requirements of environmental protection legislation.

Section 9. Physical and chemical properties

Physical state : Liquid. [Fluid.]

Color : Straw. [Light]

Flash point : Open cup: 264°C (507.2°F) [Cleveland.]

Flammable limits : Not available.

Boiling point : Not available.

Relative density : 0.866

Volatility : Not available.

Odor : Mild hydrocarbon.

pH : Not available.

Auto-ignition temperature : Not available.

Melting point/ Pour point : -38°C (-36.4°F)

Vapor pressure : Not available.

Vapor density : Not available.

Evaporation rate : Not available.

Viscosity : Kinematic: 0.091 cm^2/s (9.1 cSt) (100°C)
Kinematic: 0.679 cm^2/s (67.9 cSt) (40°C)

Solubility : Not available.

Section 10. Stability and reactivity

Chemical stability : The product is stable.

Conditions to avoid : No specific data.

Materials to avoid : Reactive or incompatible with the following materials: oxidizing materials.

Hazardous decomposition products : Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

Possibility of hazardous reactions : Under normal conditions of storage and use, hazardous reactions will not occur.

Hazardous polymerization : Under normal conditions of storage and use, hazardous polymerization will not occur.

Section 11. Toxicological information

Acute toxicity : No specific data.

Chronic toxicity : No specific data.

Section 12. Ecological information

Environmental effects : Not established

Section 13. Disposal considerations

Waste disposal : The generation of waste should be avoided or minimized wherever possible. Avoid dispersal of spilled material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers. Empty containers or liners may retain some product residues. Dispose of surplus and non-recyclable products via a licensed waste disposal contractor.

Disposal should be in accordance with applicable regional, national and local laws and regulations.

Refer to Section 7: HANDLING AND STORAGE and Section 8: EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION for additional handling information and protection of employees.

Section 14. Transport information

DOT/TDG/IMDG/IATA : Not regulated.

Section 15. Regulatory information

United States

HCS Classification : Not regulated.

U.S. Federal regulations : **United States inventory (TSCA 8b)**: All components are listed or exempted.
TSCA 8(d) H and S data reporting: Phosphorodithioic acid, O,O-di-C1-14-alkyl est
zinc salts: 2006

SARA 302/304/311/312 extremely hazardous substances: No products were found.
SARA 302/304 emergency planning and notification: No products were found.
SARA 302/304/311/312 hazardous chemicals: No products were found.
SARA 311/312 MSDS distribution - chemical inventory - hazard identification: No products were found.

Clean Water Act (CWA) 307: Phosphorodithioic acid, O,O-di-C1-14-alkyl esters, zinc salts; Zinc bis(dinonylnaphthalenesulphonate)
Clean Water Act (CWA) 311: No products were found.
Clean Air Act (CAA) 112 accidental release prevention: No products were found.
Clean Air Act (CAA) 112 regulated flammable substances: No products were found.
Clean Air Act (CAA) 112 regulated toxic substances: No products were found.

State regulations

Massachusetts : None of the components are listed.
New York : None of the components are listed.
New Jersey : None of the components are listed.
Pennsylvania : None of the components are listed.

California Prop. 65

No products were found.

Canada

WHMIS (Canada) : Not controlled under WHMIS (Canada).
Canadian lists : **CEPA Toxic substances:** None of the components are listed.
Canadian ARET: None of the components are listed.
Canadian NPRI: None of the components are listed.
Alberta Designated Substances: None of the components are listed.
Ontario Designated Substances: None of the components are listed.
Quebec Designated Substances: None of the components are listed.

Canada inventory : All components are listed or exempted.

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations and the MSDS contains all the information required by the Controlled Products Regulations.

International regulations

International lists : **Australia inventory (AICS):** All components are listed or exempted.
China inventory (IECSC): All components are listed or exempted.
Japan inventory: Not determined.
Korea inventory: All components are listed or exempted.
New Zealand Inventory of Chemicals (NZIoC): All components are listed or exempted.
Philippines inventory (PICCS): All components are listed or exempted.

Section 16. Other information

United States

Label requirements : NOT EXPECTED TO PRODUCE SIGNIFICANT ADVERSE HEALTH EFFECTS WHEN THE RECOMMENDED INSTRUCTIONS FOR USE ARE FOLLOWED.

Hazardous Material Information System (U.S.A.) :

Caution: HMIS® ratings are based on a 0-4 rating scale, with 0 representing minimal hazards or risks, and 4 representing significant hazards or risks. Although HMIS® ratings are not required on MSDSs under 29 CFR 1910.1200, preparer may choose to provide them. HMIS® ratings are to be used with a fully implemented HMIS® program. HMIS® is a registered mark of the National Paint & Coatings Association (NPCA). HMIS® materials may be purchased exclusively from J. J. Keller (800) 327-6868.

The customer is responsible for determining the PPE code for this material.

National Fire Protection Association (U.S.A.) :

Date of issue : 09/01/2010

Version : 1

Notice to reader

To the best of our knowledge, the information contained herein is accurate. However, neither the above-named supplier, nor any of its subsidiaries, assumes any liability whatsoever for the accuracy or completeness of the information contained herein. Final determination of suitability of any material is the sole responsibility of the user. All materials may present unknown hazards and should be used with caution. Although certain hazards are described herein, we cannot guarantee that these are the only hazards that exist.