نبذة تاريخية ومفاهيم أساسية

HISTORICAL BACKGROUND AND MAIN PRINCIPLES

١ - نبذة تاريخية Historical Background

بدأ الشكل الأساسى للروبوط منذ بداية الثورة الصناعية فى إنجلترا ثم أمريكا فى نهاية القرن الثامن عشر. الكلمة السلافية robota التى اشتقت منها الروبوط واستخدمت بنفس المسمى فى جميع اللغات ظهرت عام ١٩٢١ فى المسرحية الكلاسيكية RUR للكاتب المسرحى كارل كابيك وظلت هذه الكلمة «روبوط» مرتبطة بالخيال العلمى حتى بداية الستينات من القرن العشرين حين ظهر الروبوط للصناعة للمرة الأولى وانتشر بسرعة فى أمريكا واليابان وأوربا ولكن الروبوط مازال حتى الآن فى المنطقة العربية فى بداية الاستخدام ولم يتفق العرب حتى الآن على تسميته بالروبوط حيث وجد من يسمونه بالإنسان الآلى فى بعض الدول.

وإذا كان كابيك قد وصف الروبوط فى إحدى مسرحياته الكلاسيكية فإن اسحق اسيموف فى عام ١٩٣٩ قد كتب عدة قصص عن الروبوط ضمن قصصه عن الخيال العلمى فى أمريكا حيث وصفه فى بعض العلوم والفنون التى تتعامل فى الروبوط. وهذا عَمَّق من استخدامه. وفى عام ١٩٤٢ وضع اسيموف بعض القواعد الرئيسية للروبوط الذى استخدمه فى قصصه والتى أصبحت بالفعل بعد تصميم روبوط حقيقى يستخدم فى وسائل الإنتاج وفى الصناعة سارية بنفس المفهوم ونفس القواعد وهى:

١ – لا يجوز أن يصيب الروبوط الإنسان بالأذى.

٢ – يجب على الروبوط طاعة الإنسان وتنفيذ أوامره فيما لم يتعارض مع البند الأول.

٣ – يجب على الروبوط حماية نفسه من أى أذى فيما لا يتعارض مع البندين الأول والثانى.

وهكذا نجد أن اسيموف بالرغم من أنه كتب عن الروبوط للخيال العلمى إلا أنه وضع الأسس الواقعية التى ما زالت تستخدم حتى الآن فى تصميم الروبوطات بالتكنولوجية الحالية. أما كابيك فقد كتب عن أداء الدور للروبوط المماثل للإنسان لكنه لم يقدم شيئا عن ماهية الروبوط نفسه.

وإذا تركنا عالم الكتابة والخيال لنذهب مع صانعى الحياة على الأرض وهم المهندسون الذين سحبوا علم الخيال إلى أرض الواقع ومنهم المهندس جورج ديفول عام ١٩٥٤ فى أمريكا حين تفاعل مع مفهوم التكنولوجيا الجديدة فى الصناعة الأمريكية والعمل على تصميم روبوط حقيقى يستخدم فى الصناعة.

وسجل براءة اختراعه عن معالج مبرمج (روبوط) وكان اختراعه عام ١٩٥٦ باسم Programmed Article Transfer وبعدها تم العديد من تسجيل براءات الاختراع للإنسان الآلى. وفى عام ١٩٥٦ أيضا التقى جورج ديفول فى حفل كوكتيل مع جوزيف انجلبرجر أدى ذلك اللقاء إلى إنشاء شركة مشتركة وهى UNIMATION الأمريكية بهدف تصميم وإنشاء روبوط حقيقى. ومن أجل هذا الإنجاز تمت دراسة للسوق فى خمسة عشر مصنعا لتجميع العربات وزيارة عشرين من العمليات الصناعية المختلفة. وبعد ذلك تم إعداد المواصفات اللازمة للتصميم والتصنيع للروبوط الحقيقى الذى بدأ العمل به فعلاً عام ١٩٥٩ وظهر رسميا فى حفل كوكتيل آخر عام ١٩٦١ ليقوم بالعمل وكان اسمه UNIMATE واستخدم فى أعمال السباكة بشركة General Motors الأمريكية. وفى عام ١٩٦٨ قامت القوات الجوية الأمريكية بدراسة لتصميم وتطوير روبوط مناسب. وفى نفس العام دخلت اليابان

عالم الروبوط لعقد اتفاق مشترك بين شركة كاواسكى اليابانية وشركة Unimation الأمريكية لإنتاج أول روبوط باليابان. ثم تأسس عام ١٩٧١ أول اتحاد للروبوط باليابان بعضوية ٤٦ شركة يابانية. وفى عام ١٩٧٥ تأسست فى البلد المؤسس للروبوطات جمعية الروبوطات الأمريكية بعد ٤ سنوات من إنشائها فى اليابان. وفى عام ١٩٨٠ دخل الروبوط مجال صناعة السيارات. وفى عام ١٩٨٥ عقدت ندوة عالمية عن الروبوط ساهم فيها ١٢٠٠ مشترك وحضر معرضها ٢٥,٠٠٠ زائر أثناء فترة الندوة. واعتبر العالم عام ١٩٨٠ هو بداية التأسيس الحقيقى لصناعة الروبوطات بعد أن تطورت وأصبحت قادرة على اتخاذ القرارات وزودت بمجسات تجعلها أكثر فاعلية ومهارة.

وقد ظهر الروبوط كثيرا فى كتابات اسحق اسيموف. وعرضت أيضا السينما الأمريكية ١٩٢٦ فيلم الأنثى الآلية Femal Android. وعام ١٩٣٤ عرض الروبوط فى فيلم الظلال المتلاشية Vanishing Shadows. وفى عام ١٩٣٦ تم عرض فيلم ميلاد الروبوط الذى يبحث فى الآلية والميكنة فى العصور الحديثة – حينها طبعًا–. وعرضت السينما عام ١٩٤٠ فيلم الغامض دكتور ستان The Mysterious Dr. Stan وعام ١٩٥٢ عرض فيلم اليوم الذى وقفت فيه الأرض The Day, The Earth Stood. وفى عام ١٩٥٤ تم عرض فيلم الروبوط جوج يذهب للحرب ويقتل شخصا Gog Goes Berserk And kills A Person وفى عام ١٩٥٦ فيلم الكوكب المحرم Forbidden Planet والذى قدم قصة حب بين روبى Robbie وربوط Robot.

وعرض التليفزيون الأمريكى عام ١٩٦٥ مسلسلا عن فقد فى الفضاء Lost in Space وعام ١٩٧١ تم عرض فيلم سينما ٢٠٠١ الذى قدم الروبوط على أنه سفينة فضاء حدث لها خلل فى جهازها العصبى فقتلت معظم من كان خارجها وكان اسمها هال Hal.

وما زال عرض أفلامٍ سينمائية عن الروبوط متواصلا .

٢ - مفاهيم أساسية Main Principles

يعتبر دخول الروبوط مجال الصناعة أحد الطفرات الكبيرة فى تكنولوجيا التصنيع. إذ بفضل إدخاله زادت الميكنة الصناعية وتطور كثير من نظم التصنيع الحديثة بالإضافة إلى إدخاله فى مجالات أخرى متعددة كالفضاء والتمريض ومراقبة المحطات النووية والغازية وكذلك فى انتشال الجثث. أما البعد الأخطر والأصعب فسوف يأتى دوره حين يحتل الروبوط مكان الجندى فى المعركة على الدبابة والمدفع ويحل محل جندى المشاة فى الحرب. لتصبح فى المستقبل الحرب بين جنود أحياء لدول متخلفة وجنود من الروبوطات لدول متقدمة. ولا تدخل القوات البشرية ميدان الحرب إلا بعد انتهاء المعركة لتحتل الأرض بعد أن يقضى جيش الروبوطات على الجنود من البشر. وسوف يحل الروبوط مكان العمال الذين يعملون بدول الاتحاد الأوربى وأمريكا فى أعمال النظافة والخدمات ويعود العمال إلى بلادهم بلا عمل وبهذا سوف تتلاشى قيمة الإنسان فى الدول النامية إلى حد كبير. ومثلما تنبأت مسرحية كارل كابيك بسيطرة الروبوط على الحياة البشرية ستنقلب الحياة رأسًا على عقب وتكون قيمة روبوط صناعى أكبر بكثير من إنسان لم يتعلم ولم يحفز نفسه لمثل هذا اليوم. وسوف يكون أجرة الروبوط أرخص بكثير من أجر عامل متخصص أو خدمى فى نفس المكان. يستخدم الروبوط حاليا فى صناعة السيارات والطائرات والمركبات الفضائية فى عمليات اللحام والتجميع. وهكذا نستطيع أن نرى ورشة لحام كاملة فى أمريكا أو أوربا فى مصنع السيارات لا يوجد بها عامل. وتقوم روبوطات مبرمجة جيدة بهذه العملية. وأيضا ورشة لدهان السيارات أو الطائرات تعمل بروبوطات مبرمجة بدون الاستعانة بأى عامل. كما أن المصانع المتطورة جدا فى اليابان وأمريكا التى تعمل بدون إنسان يعمل بها روبوطات فى خطوط الإنتاج والتحميل واللحام والدهان والتجميع وأعمال الخدمات. ولولا الروبوط لما أمكن إنشاء مصانع تعمل بدون إنسان .

ولقد ازدادت أعداد الروبوط بشكل كبير فى الآونة الأخيرة وكذلك الطلب عليها كما أن استخدامها فى مواقع الإنتاج زاد من الإنتاجية وقلل من وقت العمل وزاد من دقة العمليات التصنيعية. بالإضافة إلى انخفاض فى تكلفة العمل بالروبوط عن الإنسان. فالآن تبلغ تكلفة ساعة عمل الروبوط فى أمريكا ٥ دولارات/ساعة والعامل الأمريكى فى نفس الصناعة تبلغ أجرته ٨ دولارات/ساعة حسب إحصائيات الصناعة الأمريكية.

تعتبر المشغلات الدقيقة (ميكروبروسيسور Microprocessor) هى الأساس فى بناء منظومة متطورة للتحكم فى الروبوط وأجهزته المختلفة بما فيها الحاسب. هذه المشغلات التى تطورت من صمامات إلى ترانزستور إلى دوائر متكاملة إلى ميكرو بروسيسور بأنواعه المختلفة ساعدت على بناء أجهزة تحكم وتشغيل ذات إمكانيات طائلة واسعة كبيرة ومهام متعددة وكذلك بناء دوائر وآليات الذكاء فى الروبوط.

يتكون الروبوط من المناول الميكانيكى Manipulator وهو يماثل ذراع الإنسان. وفى نهايته يوجد مفصل يماثل الرسغ، وماسك يماثل اليد، ثم مصدر للطاقة الكهربائية التى تقوم بتحريك هذه الأجزاء بالإضافة إلى وحدة تحكم آلى وحاسب لبرمجة متطلبات التشغيل. ويتوقف الشكل النهائى للروبوط حسب استخدامه. فمن الخاص مثل المستخدم فى اللحام فقط أو الطلاء فقط إلى العام المستخدم فى عمليات النقل والتحميل والتركيب. والروبوط ذات الاستخدام الخاص صورة (٢) لا يقوم إلا بهذه الوظيفة أما الروبوط ذات الاستخدام العام فيقوم بإجراء عمليات كثيرة متعددة.

كما أن الروبوط فى معظم حالاته ثابت على قاعدتهStationary. ونادرا ما يكون متحركا Mobile وفى الغالب يثبت على قاعدة متحركة.

للروبوط طرق مختلفة للبرمجة ولغات كثيرة حسب الشركة المنتجة له. توصف بصفة رئيسية الحركات اللازمة ومقدارها والاتجاه كذلك المسك والفك والتكرار.

تخزن هذه المواقع فى ذاكرة الروبوط ثم عند التشغيل يقوم بتكرارها بنفس الطريقة ولأى عدد من المرات.

كما توجد برمجة خاصة للروبوط إذا كان يؤدى مهمة محددة مثل روبوط اللحام، والروبوط أجيال متعددة. فالجيل الأول كان أبسطها وكان عمله يتركز فى (المسك والوضع Pick And Place) وحركاته محدودة بمفتاح حدى Limit Switch كما أن الإشارات كانت تتم عبر صمامات كهربائية بسيطة.

أما الجيل الثانى فقد كان يستخدم نظما متطورة للتحكم الآلى Automatic Control وأيضا نظام التحكم المغلق closed loop control

أما الجيل الثالث فهو يعتمد فى إشاراته على مجسات اللمس والرؤية والكلام لإعطاء معلومات عن القوى وعما يعترض الروبوط من أشياء أثناء حركته.

تشريح الروبوط

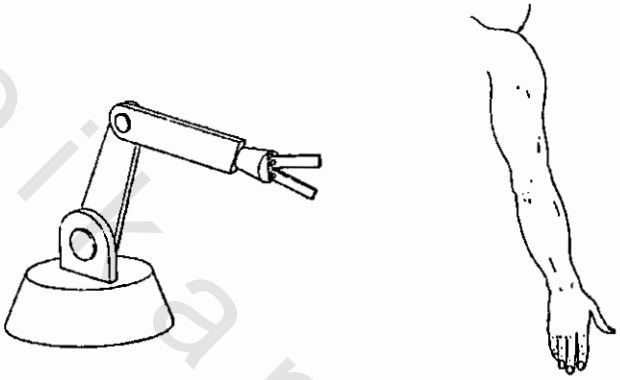
ROBOT ANATOMY

لو نظرنا إلى الإنسان فى كيفية تنفيذه لعظم أعماله فسوف نجده يقوم بها بواسطة ذراعه ويده وأصابعه وكذلك جسمه فى حالة الدوران. أما الأرجل فهى تستخدم فى حالة السير. هكذا يكتب الإنسان ويجلس ويمشى ويمسك ويفك ويربط ويعمل. فأعمال مناولة المواد تتم عن طريق حركة العامل ثم مسك المواد ثم الحركة ثم الفك. تتم عملية اللحام فى حركات محددة حسب نوع اللحام. أما الدهان فهو يتم فى حركات محددة يحكمها حجم الجزء المدهون وشكله بواسطة اليد الحامل لأدوات الدهان مع وجود أنابيب اللحام والدهان تفتح وتغلق حسب المتطلبات الفنية للعملية. أما الثقب والقطع فيتمان أيضًا فى حركات محددة بواسطة ذراع وماسك.

١ - المناول الميكانيكى المفصلى Mechanical Articulated Manipulator

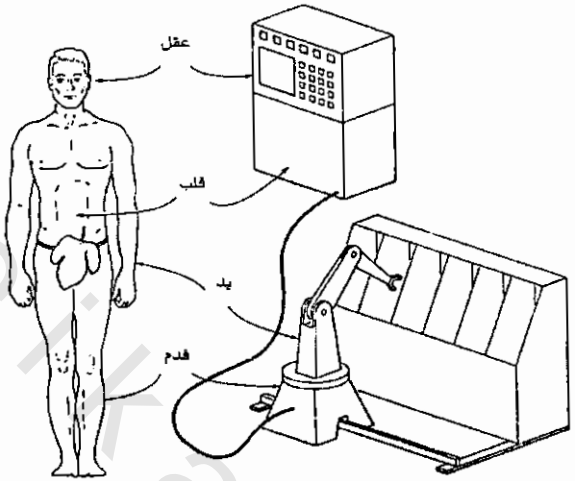
من هذا التحليل لعمل الإنسان ومكوناته يتضح أنه إذا أريد تصميم إنسان آلى فإن الجزء الرئيسى فيه يكون ذراع الإنسان وكتفه ومفاصله ورسغه ويده. على أن توفر للذراع الآلى نفس الحركات للإنسان أو ما شابهها للوصول باليد إلى أية نقطة فى الفراغ فى حدود أبعاد اليد. ثم توفر لليد الفتح والقفل والحركة بحرية حول الرسغ. ويجب إعطاء الحركات الطاقة الكهربائية اللازمة وكذلك وحدة للتحكم فى حركاتها المختلفة لإدخال البرنامج المطلوب له. الشكل رقم (٣) يبين ذراع الإنسان والذراع الآلى للروبوط المماثل له. أما يد الإنسان فبها الكتف وكذلك الروبوط والعضد بيد الإنسان ومثله باليد الآلية هى محصورة بين مفصل الكتف ومفصل المرفق. أما الأصابع بيد الإنسان يمثلها الماسك ويتناسب مع الشكل

المراد مسكه حسب الشكل الممسوك. ويوجد فى بعض الأحيان يد مصممة لها أصابع مثل أصابع الإنسان وتكون شكل اليد ثابتة فى جسم الروبوط فى حالة اللحام أو الدهان.

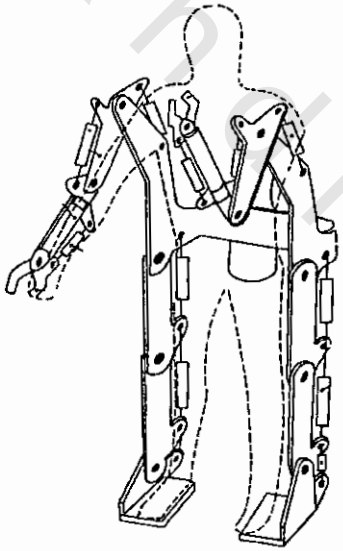


شكل (٣) : اليد للإنسان والروبوط.

يبين الشكل رقم (٤) التماثل التام بين الإنسان البشرى والروبوط وهذا ما دعا بعض الأوساط العلمية بالعالم العربى لتسميته بالإنسان الآلى. وأحيانا يزود الروبوط بالعربة المتحركة إذا كان الروبوط متحركا Mobile Robot وهى تماثل قدم الرجل. يكون للعربة المتحركة عجلات يمكن إدارتها للأمام أو الخلف أو استدارتها. أما قلب الإنسان Heart المماثل لوسائل القدرة والطاقة الكهربائية Power Supply. وهى عبارة عن طاقة كهربائية موصلة إلى موتورات كهربائية لإعطاء القدرة للروبوط .ثم وحدة التحكم وهى مماثلة للبرنامج الذى يماثل خطة التشغيل. ومن الممكن إجراء تصميم الإنسان الآلى بالشكل الموضح رقم (٥) وهو عبارة عن مجموعة من الوصلات والمفاصل تماثل كل ما بالإنسان من أذرع ومفاصل ورسغ ويد. ولكن هذا التصميم أكثر تعقيدا وأصعب إدارة عن طريق وحدات التحكم الآلى التى لا تحتاج إلى كل هذه الوصلات والمفاصل.

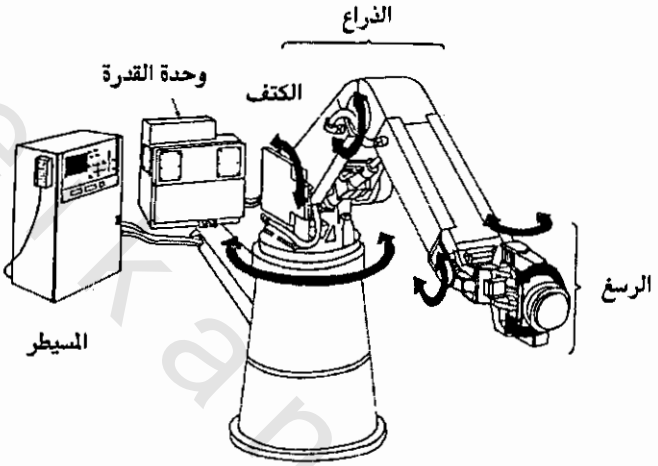


شكل (٤) : تماثل الإنسان والروبوط.

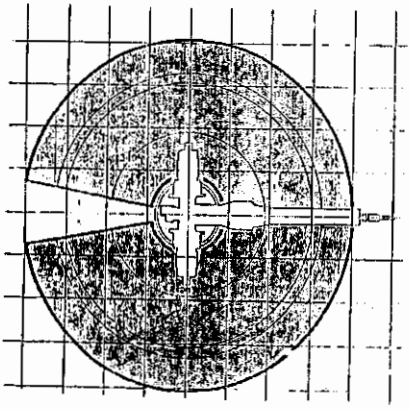


شكل (٥) : تخطيط مفصلى للإنسان الآلى.

ويبين الشكل رقم (٦) التخطيط الكامل للروبوط كما تبين الصورة رقم (٣) صورة للمناول الميكانيكى الحقيقى بمحركاته.



شكل (٦) : تخطيط روبوط آلى حقيقى.



شكل (٧) : مساحة العمل لروبوط.

ومن مميزات التصميم المفصلى للروبوط أنه مثل أذرع الإنسان سهلة الوصول للهدف. وتستخدم جيدًا فى أعمال اللحام والدهان. تدور حركة المساعد والعضد والذراع حول محوره حركة دائرية .ويبين الشكل رقم (٧) مساحة العمل لهذا المناول.

obeikandl.com

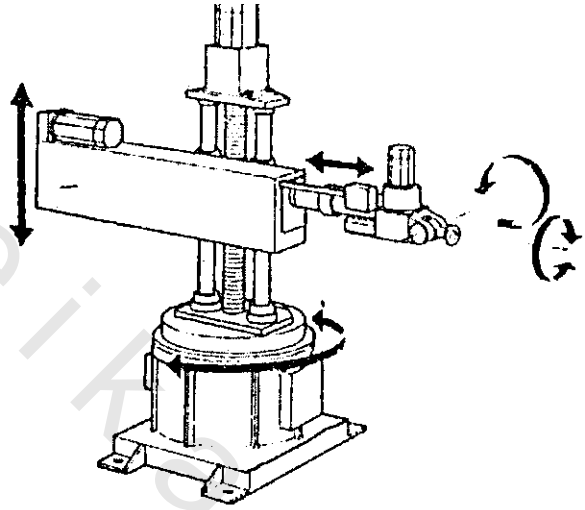
٢ - المناول الميكانيكى الديكارتى Cartisian Manipulator

يستطيع الذراع ومعه اليد القيام بحركة دورانية لكل الأجزاء كما فى يد الإنسان وذراع الإنسان البشرى التى خلقها الله واحدة لجميع الاستخدامات. ولكن فى نفس الوقت نجد أن المصمم الميكانيكى البشرى يستطيع أن يقوم بتصميم أياد بسيطة الاستخدامات وتطبيقات عملية أكثر بساطة وملاءمة لذا فإنه ليس من الضرورى أن تكون الأذرع الآلية للروبوط أو حتى الأيدى مماثلة للإنسان لكن المهم أن تؤدى الحركة المطلوبة للتطبيق المصممة له.

المناول الديكارتى يتحرك فى ثلاثة اتجاهات خطية وبإدخال أى بعد فى الفراغ لوحدة التحكم فى حدود مساحة العمل الموجودة للمناول يمكن لليد أن تصل إليها. وهكذا يمكن برمجة هذا المناول للوصول والحركة فى الفراغ بثلاثة محاور خطية لا تعتمد على بعضها والوصول إلى نفس الهدف مثل المناول المفصلى واليد البشرية. تبين ذلك الصورة رقم (٤، ٥) لروبوط يلعب «شطرنج» بمناول ديكارتى لتحريك قطع الشطرنج. المهم الهدف وليس مجرد تمثيل اليد البشر بنفس حركاتها أو تصميمها. والمناول الديكارتى لا يحتاج إلى مساحة كبيرة للعمل مثل سابقه. وقاعدة العمل التى تحمل عليها الذراع الآلية تجعل هيكله أكثر استقرارًا ومتانة.

٣ - المناول الميكانيكى الأسطوانى Cylinderical Manipulator

هذا المناول تكون حركته مخالفة للنوعين السابقين فلا هى دورانية مثل النوع الأول ولا هى خطية مثل النوع الثانى وإنما تكون حركة مشتركة بينهما. فالحركة الأسطوانية للمناول تتم بحركة أحد أجزائه حركة دورانية والآخر حركة خطية وكأنه يشكل أسطوانة فى الفراغ ثم الحركة الثالثة خطية وهى تمثل قطر الأسطوانة كما فى الشكل (٨).

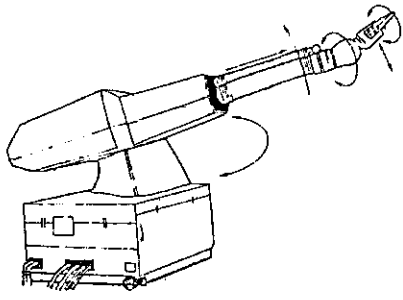


شكل (٨) : مناول أسطوانى.

يشكل الهيكل الرئيسى لقاعدة الروبوط الحركة الدورانية للأسطوانة. هذا عدا الحركات المطلوبة لليد وهى الموجودة فى نهاية الذراع الأفقية.

٤ - المناول الميكانيكى الكروى Spherical Manipulator

يقوم المناول الميكانيكى بحركة كروية كاملة وأساس هذه الحركة حركة خطية لنصف القطر. ثم حركة دورانية حول محوره وحركة أخرى دورانية حول محور آخر. ولهذا النوع شكل (٩) قاعدة دورانية أعلاها مفصل دوران حول المحور الآخر المتعامد على القاعدة ثم ذراع تلسكوبى يتحرك للأمام وإلى الخلف. والتصميم العملى مبين بالصورة

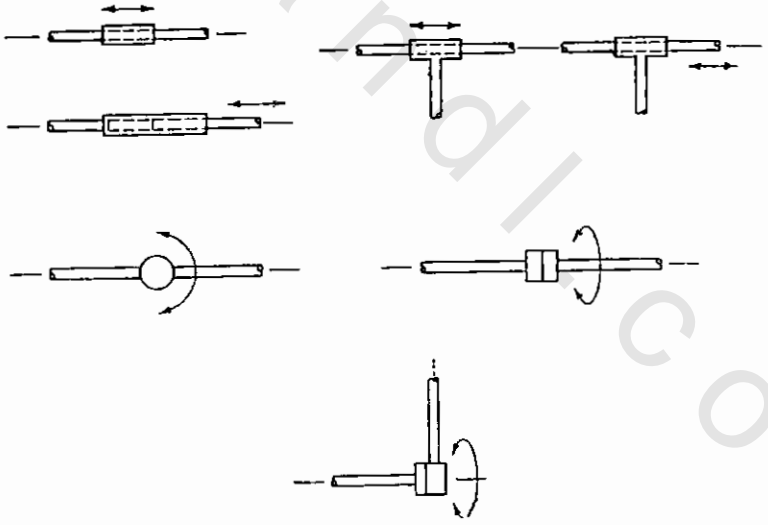


شكل (٩) : مناول كروى.

رقم(٦) وميزة هذا النوع وجود مرونة ميكانيكية أكبر فى العمل. هـذا بالإضافـة إلى حركات اليد الثلاث التى سوف يأتى شرحها عند تشريح اليد.

٥ - مفاصل الروبوط Robot Joints

يوجد بالإنسان أربعة مفاصل؛ واحد منهم بين الكتف والعضد وثان بين الساعد والعضد والثالث بين اليد والساعد والآخر فى الرجل بين الفخـذ والسـاعد. ونظـرا لأن الروبوط تمثيل لليد البشرية بالدرجـة الأولى. فيوجـد لـه مثـل الإنسـان ثلاثـة مفاصل فى نفس المكان الموجود فيهم مفاصل الإنسان. ولا يوجد مفصل رابع إذ إن حركة الروبوط كله ستكون على عربة متحركة مبرمجة كما سـيأتى ذكـره بعـد إذا كان الروبوط متحركا Mobile أما المفاصل فهى فى شكل رقم (١٠):



شكل (١٠) : أنواع الوصلات فى الروبوط.

(١) مفصل خطى Linear joint عبارة عن حركة خطية بين عموديـن متوازيـين يتحركان داخل بعضهما.

(٢) مفصـل متعـامد Orthogonal joint يتحـرك أحـد الأعمـدة حركـة خطيـة ويتحرك الثانى حركة خطية ولكنها متعامدة.

(٣) حركة لينية Twisting joint.

يتحرك أحد الأعمدة حركة دائرية تسمى لى وهى حركة غـير كاملـة وفـى هـذه الحركة فإن عمود الدوران يكون موازيًا للعمود الآخر.

(٤) وصلة أستدارية Rotational Joint: فى هذه الحالة يـدور العمـود حركـة دائرية يكون فيه العمود متعامدًا على المفصل.

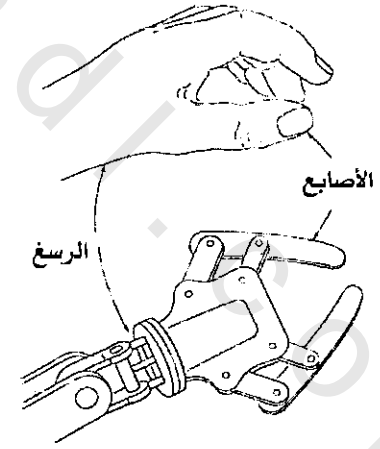
ويتم تحريك جميع الوصلات بالموتورات الكهربائية القابلة للتحكـم فـى أجـزاء صغيرة من دورانها إلى أى عدد من اللفات وفى أى اتجاه. أمـا الحركـات الخطيـة فيلزمها موتور كهربائى من نفس النوع السابق وبعض الآليات الصغيرة التى تحـول حركة الموتور الدائرية إلى حركة خطية.

٦ - رسغ الروبوط Robot Wrist

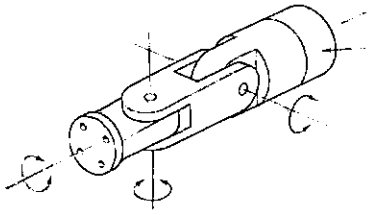
الرسغ فى الإنسان هو الجزء الذى يقـع بـين السـاعد واليـد وهـو كذلـك فـى الروبوط ونظرا لأن اليد هى الجزء المتحكم فى العمل مثل اللحام أو المناولة أو الربط والمسك. فإن الرسغ يجب أن يكون له حرية كبيرة فـى الحركـة. ويسـتطيع رسـغ الإنسان أن يتحرك كما لو كان حرا فى الفراغ. أى يتحرك فـى ثلاثـة اتجاهـات. وفى الصناعة أيضًا يجب تصنيع رسغ الروبوط بحيث تكون حـرة. ويحتـاج كثـير من العمليات الصناعية أو التمريـض إلى حركـة الرسـغ فـى اتجـاهين فقـط. بينمـا تحتاج عمليات أخرى ليست قليلة بالحركة فى ثلاثة اتجاهات. ونظـرا لأنـه فـى التصميم الصناعى لرسغ روبوط تحتاج كل حركة إلى مدلول خاص بها فـإن الرسـغ

وحده يحتاج إلى ثلاثة محركات كهربائية إذا كـان المطلـوب منـه أن يتحـرك فـى ثلاثة اتجاهات. لذا يجب أن يكون ذراع الروبوط ورسغه ويـده خفيفـة وأن تثبت المحركات الكهربائية على جسم الروبوط الثابت على أن تتصل بالمفاصل وبالرسـغ عن طريق طارات وسيور خفيفة ودقيقة الحركة.

شكل (١١) يبين رسغ الإنسان ورسغ الروبوط وهما متماثلان فـى نفـس الموقـع. والرسم الموضح له ثلاث حركات حول محاوره الدورانية واحدة تمثل الدوران علـى امتداد محور اليد وهى تسـمى اللـف Roll والأخـرى الارتفـاع التدريجـى وتسـمى الخطوة Pitch والثالثة فى المحور الثـالث وتسـمى الانفـراج Yaw كمـا بالشـكل (١٢). ورسغ الإنسان يقوم بكل هذه الحركات. وتصميم الرسغ فـى الروبـوط معقـد إلى حد كبير.



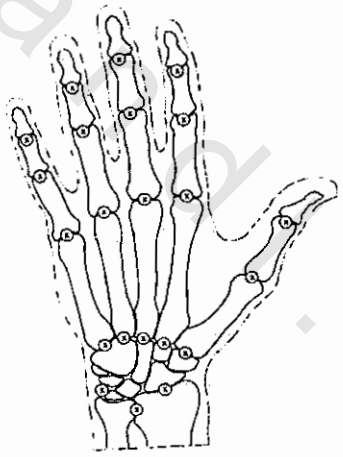
شكل (١١) : الرسغ فى الروبوط والإنسان.



شكل (١٢) : حركات رسغ الروبوط.

٧ - اليد (الماسك) Gripper

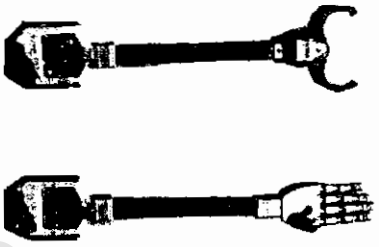
نـأتى الآن إلى اليـد وهـى الماسـك المباشـر لأداة النقـل أو اللحـام أو الثقـــب أو التجليخ وخلاف ذلك حسب نوع الاستخدام للروبوط. ويمكن أن تكون اليـد جـزءًا من الروبوط ويمكن أن تكون منفصلة عنـه تركـب فيـه حسـب نـوع الشـكل المـراد مسكه. فمسك زجاجة يختلف عن مسك كتلة حديدية أسطوانية أو مكعبة أو غـير منتظمة. فمثلاً فى عمليات اللحام والدهان تكون اليد جـزءًا من الروبـوط وخاصـة بمسك أداة اللحام والدهان. أما فى عمليـات الثقب أو نقـل المـواد فتختلـف اليـد حسب حجم ووزن ونوع الجزء المسوك Tooling. وشكل (١٣) يُبَيِّـنُ يـد الإنسـان وهى أعظم وأحسن وأقوى وأنسب ماسك فى العالم ولا يستطيع الإنسان مهما أوتى



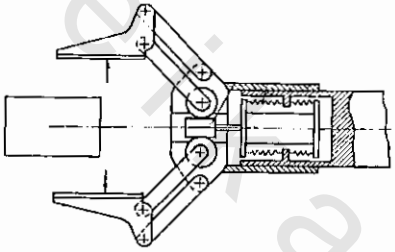
شكل (١٣) : يد الإنسان.

من خيال ومن قدرة على التصميم أن يقترب ولو من بعيد جدا عن تصميم مثل هذه الأيدى العظيمة. فكما بالشكل فإن يد الإنسان لها سبع وعشـرون عقلـة وعشـرون درجة حرية عند المفاصل. وكما هو معـروف فـى التصميـم فـإن كـل درجـة حريـة

تحتاج إلى موتور ووصلة بالمفصل فمن أين يأتى أى مصمم بـاثنين وعشـرين موتـورًا كهربائيا؟ وأين يضعهم؟. سبحان الخلاق البديع الـذى ليـس كمثلـه شـىء لا فـى السماوات ولا فى الأرض! أما الماسك الصنـاعى أو يـد الروبـوط فإنـها فكـرة قديمـة وبسيطة بالنسبة ليد الخلاق. ورغم ذلك فإن تصميمها صعب جدا فىأحوال كثيرة.

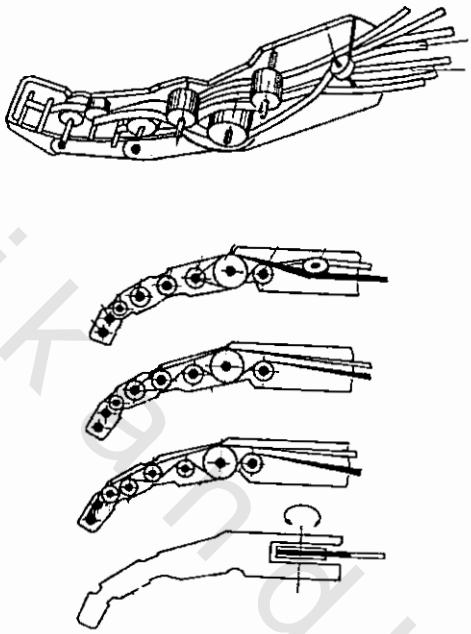


شكل (١٤) : عامل من البعد.



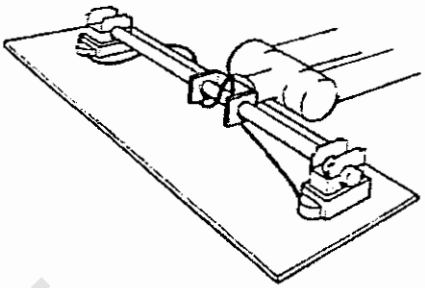
شكل (١٥) : ماسك عام.

اختراع اليد الصناعية بدأ لأول مرة عام ١٥٠٩ وصنعت للفارس الألمانى جوتز فـون بيرليشنجر Goetz Von Berlichinger أمـا الأطـراف الصناعيـة فـهى فـى تطويـر مستمر لعمل أيدٍ صناعية بأصابع شبيهة قدر الإمكان ليد الإنسان. أيضاً تم تصميـم يد تعمل من بعد بالتحكيم الآلى للعمل فى محطـات الطاقـة النوويـة كمـا بالشـكل (١٤) وتسمى العامل من البعد. أما ماسكات الروبوط أو أياديها فلها أشكال كثيرة أكثرها استخداما مـا هـو مبـين بالشـكل(١٥) والصـورة (٧) وهـى مماثلـة للماسـك المستخدم فى الأوناش. وأحيانا يستخدم التصميم شكل الأصـابع لاسـتخدامها فـى المسـك شـكل (١٦) والتـى تسـتخدم اليـد والطـارات. أو يسـتخدم ضغـط الهـواء للمساعدة فى المسك وغالبا ما تكون الأصابع اثنين أو ثلاثة فقط.

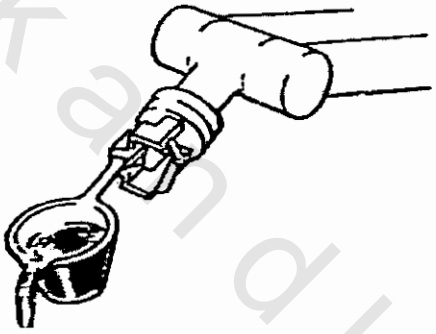


شكل (١٦): رسم تخطيطى للأصابع الصناعية.

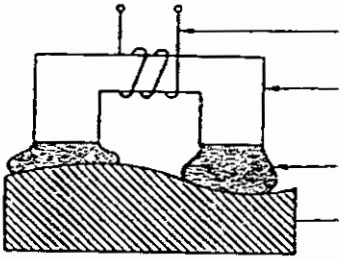
وبالرغم من أن يد الروبوط أبسط كثيرًا من يد الإنسان إلا أنه أمكن تصميم أيادٍ للقيام بأعمال أصعب مما تستطيع يد الإنسان. فمثلا يمكن تصميم يد تعمل لشفط الهواء لمسك رقائق كبيرة من الصلب كما يمكن مسك أجزاء من أفران ذات درجات حرارة عالية شكل (١٧). هذا بالإضافة إلى تصميم أيادٍ تعمل فى المحطات الغازية والنووية أو فى أعماق البحار أو فى الفضاء أو فى القمر كما حدث فى المكوك الأمريكى. يؤخذ فى الاعتبار عند ماسك الروبوط حجم وشكل الجزء المراد مسكه أما وزنه وصلادته ومعدن السطح المراد مسكه فيتوقف عليهم نوع الماسك وقوة الربط ودرجة نعومته وخشونته. وكذلك السرعة المراد تحريك الغرض بها يتوقف عليها



(أ) ماسك لرقائق الصلب.



(ب) ماسك لبودقة صهر.



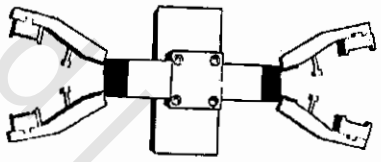
(جـ) ماسك كهرومغناطيسى.

شكل (١٧): استخدامات خاصة لليد.

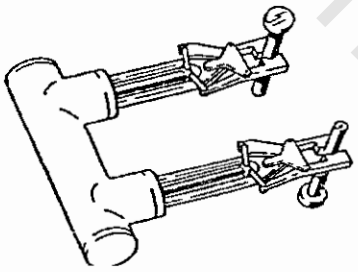
obeikandl.com

مكان الماسك. يحتاج الماسك إلى معالجة خاصة إذا كان المسوك باردًا جدا أو ساخنا جدا .أما أطراف الماسك فتكون مستقيمة أو مستديرة أو غير منتظمة حسب الشكل المراد مسكه. قدرة الماسك أيضا تؤخذ عن طريق موتور كهربائى أو محرك هوائى أو هيدروليكى . كما توجد أيضا ماسكات كهر ومغناطيسية تستخدم لجذب القطع المعدنية بدلا من مسكها. ويلاحظ هنا أن معظم القطع التى يتعامل معها الروبوط يمكن مسكها بماسك واحد. فلا داعى لتصميم ماسكين مثل البشر للروبوط الصناعى. ويمكن فى بعض الحالات القليلة استخدام ماسكين كالمبين شكل (١٨) للفك والتحميل وتطبيقه فى شكل (١٩).

حيث إن الهدف من المناول الميكانيكى هو إنجاز العمل. لذلك يربط فى نهايته بعد الرسغ مباشرة هذه اليد أو الماسك. هذه اليد تحمل الهدف أو العدة التى ستقوم فى النهاية بإجراء العملية سواء كانت لحاما أم ثقبا أم تحريكا أم فكا وهو



شكل (١٨): ماسك زوجى.



شكل (١٩): تحميل مفك لماسك زوجى.

ما يسمى فى علم الروبوطيات بالمؤثر النهائىEnd Effector. المناول الميكانيكى إذن هو المسئول عن توصيل المؤثر النهائى إلى مواقع مبرمجة ببرنامج يجرى التحكم فيه عن طريق وحدة التحكم والحاسب للروبوط. ولذا فإن تصميم الماسك يجب أن يكون ذات مرونة عالية يسمح بإنجاز الأعمال بالشكل المطلوب ويجب الأخذ فى الاعتبار عند تصميم الماسكات الآتى:

(١) تحديد الأوزان والقوى والعزوم المسموح بها للمسك وأخذ وزن الماسك فى الاعتبار.

(٢) أن تكون مساحة المسك أكبر ما يمكن حتى يستقر المسك النهائى جيدا.

(٣) يجب تزويد الماسك بوسائل مطاطية رقيقه عند استخدامها فى مسك الأجزاء الرقيقة.

(٤) على الماسك أن يقبل حجوما مختلفة لنفس الشكل.

ومما سبق يمكن تقسيم الماسكات إلى الأنواع الثلاثة الآتية:

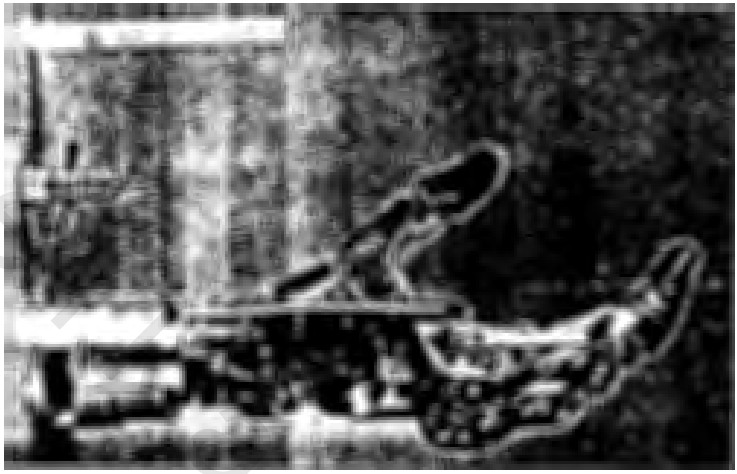
(١) ماسكات ميكانيكية Mechanical gripper

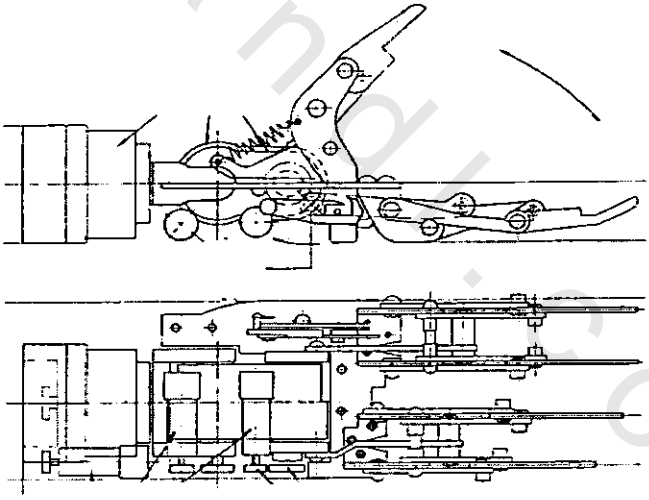
(٢) ماسكات مغناطيسية Magnetic grippers

(٣) ماسكات شفطية Vacuum grippers

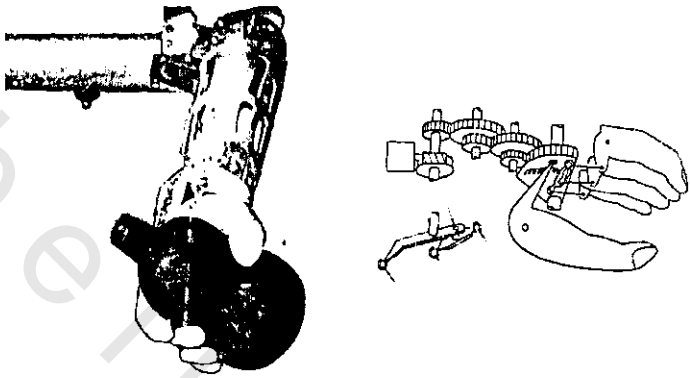
(١) الماسكات الميكانيكية Mechanical Gripper

يجب تصميم هذا النوع من الماسكات بحيث يستطيع أن يقاوم الجاذبية الأرضية للأشياء المتحركة وأن يولد قوة احتكاك كبيرة تسمح بمسك الأوزان الثقيلة وأن يكون لديه مرونة عالية كمسك الأشياء الرقيقة أيضا. وأيضا يسمح التصميم بالمسك من الخارج أو الداخل وأن يكون الجزء الممسوك مرنا. تتحرك الماسكات الميكانيكية إما بواسطة مكبس وتروس وإمَّا بواسطة منظومة هوائية، فى حالة تصميم الماسكات من أصابع يمكن أن يكون الفك ذات أصبعين فقط كما فى التصميم الذى قامت به جامعة وسادا اليابانية Wesada University شكل (٢٠). أو بأصابع خمسة كما فى تصميم جامعة كوماموتو اليابانية Kumamoto University شكل (٢١). وتصميم جامعة وسادا أيضا شكل (٢٢). أيضا يجب أن يراعى التصميم الأحجام المختلفة ، ويوضع داخل الفك أو الأصابع مجسات تقيس وزن الجزء المربوط ومعرفة قوة الاحتكاك والربط اللازمة له. إذ تختلف قوى الربط على الزجاج منها على كتل معدنية ثقيلة. كما يجب على الجزء الممسوك الثبات فى مكانة أثناء الحركة والدوران لذراع ويد الروبوط.

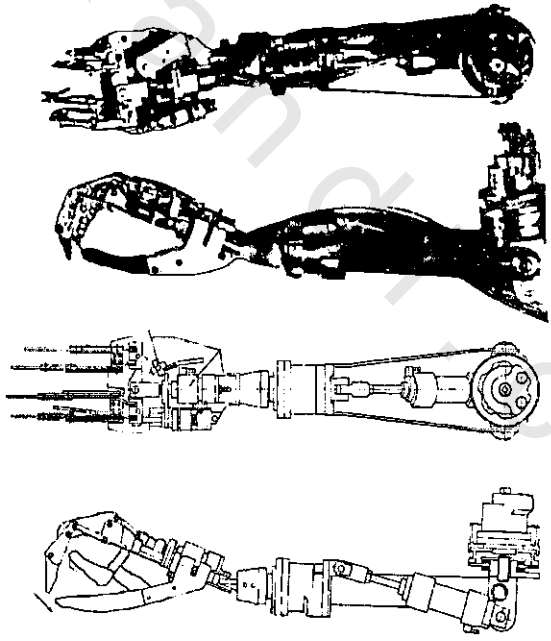




شكل (٢٠): صورة وتصميم لماسك وسادا.



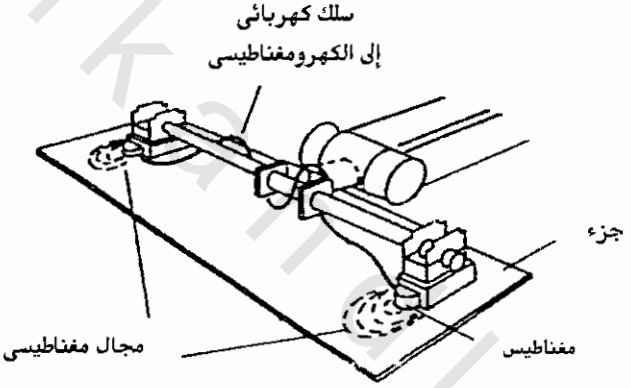
شكل (٢١): صورة وتصميم لماسك كوماموتو.



شكل (٢٢): تصميم وسادا لخمسة أصابع.

(٢) الماسكات المغناطيسية Magnetic Grippers

تستخدم الماسكات المغناطيسية لجذب القطع المغناطيسية الصغيرة والكبيرة وذلك عن طريق مجال مغناطيسى مولد بتيار مستمر. تجذب الأقطاب المغناطيسية القطعة وترفع الجسم لأعلى ويبين الشكل (٢٣) ماسكة مغناطيسية ثنائية المجال والرفع. تستخدم الأشكال المسطحة والكبيرة. يجب على الماسكة أن تصمم بحيث يكون المجال المغناطيسى الصادر منها قادرًا على رفع أكبر وزن يتعامل مع الروبوط . كما أن درجات الحرارة للجسم الممسوك يجب أن لا تتعدى ٦٠°م وإلا

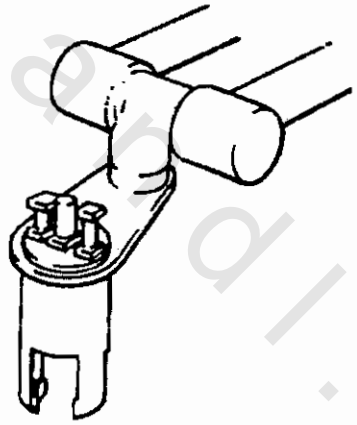


شكل (٢٣): ماسكة مغناطيسية.

فقدت المغناطيسية تأثيرها وأصبح الروبوط غير قادر على المسك . وفى حالة درجات الحرارة العالية التى تصل حتى ٢٠٠°م فإنه يمكن تصميم ماسك مغناطيسى ولكن بتكلفة عالية. لذلك فإن هذا النوع لا يفضل استخدامه عند درجات الحرارة العالية. كذلك فإن الأجسام الممسوكة بواسطة ماسكات مغناطيسية يجب أن تكون نظيفة ذات أسطح مستديرة خالية من الدهون أو الشوائب كذلك يجب عند تصميم الماسكة أن تكون وسيلة تحرير الماسك من الجسم الممسوك سهلة وميسرة.

(٣) الماسكات الشفطية Vacuum Gripper

حيث إن الضغط هو الوزن على مساحة الجزء المراد رفعه إذا بتسليط قوة ضغط مناسبة أو شفط مناسبة على جزء ما يمكن رفعه وسحبه للمكان المطلوب. هكذا تعمل الشفاطات أو الماسكات بالشفط شكل (٢٤). والماسك عبارة عن مضخة تولد الشفط اللازم للسحب وتعمل المضخة بواسطة موتور كهربائى لتشغيل المضخة ولابد أن تكون المضخة من القدرة بحيث تضمن حجم الشفط المناسب لرفع الأجزاء الثقيلة المصمم عليها الماسك. ويتم توجيه وتحريك الماسك والعودة به خاليا عن طريق البرنامج الذى يشغل الروبوط عن طريق وحدة التحكم والحاسب.



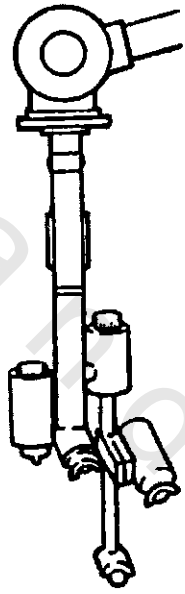
شكل (٢٤): ماسك شفاطى.

٨- المؤثر النهائى End effector

الجزء الأخير فى تشريح اليد هو العدة tool الموجودة فى المؤثر النهائى. وهو الجزء الذى يقوم بالعمل الفعلى، ويقوم بربط الماسك gripper. ولو فكرنا فى كيفية حركة العدة التى هى إما بورى لحام أو رأس ثقب أو مسدس دهان مثلا فسوف.

openkandil.com

نجد أنه ليس المهم هو الحركة فقط فى الدهـان ولكـن السـرعة التـى يتحـرك بـها جهاز العدة. فلو كانت السرعة بطيئة فسوف يكون اللحام سميكـا وتكلفـة الدهـان أعلي. وأيضا لو كانت السرعة بطيئة فسـوف يكـون الدهـان رديئـا ومعيبـا. شـكل (٢٥) يبين مسدس الرش المستخدم مع المؤثر النهائى لروبوط الدهان.



شكل (٢٥): ماسك دهان.

يختلف الروبوط عن الإنسـان فى كيفية مسك العدة. إذ الإنسـان يلـزم أن يمسـك عدة العمل بيديه. ولكن الروبوط يتثبـت فيـه العـدة وتركـب فيـه فقـط فـى المؤثـر النهائى.

تبين الصورة (٨) ثلاثة أنواع مختلفة من عدد اللحام التـى تركـب مباشـرة فـى المؤثر النهائى للروبوط لتقوم بعملها مباشرة بناء على برنامج مكتوب لوحدة التحكم

obeikandl.com

فى الروبوط بمساعدة أنابيب الغاز وأسلاك النحاس والمولد الكهربى. مع ملاحظة أن لكل نوع من أنواع اللحام تركيبة خاصة به مع الروبوط. وبناء عليه لا يمكن لروبوط لحام كهرباء أن يعمل كروبوط لحام غاز أو لحام نقطة.

وحيث إن عمليات الثقب تحتاج إلى دقة عالية للوصول بالربوط إلى النقطة التى سيبدأ عندها الثقب. فلا بد من تزويد عدة الثقب بوصلة حرة لضبط مكان الثقب أو تصميم دليل فوق القطعة المراد ثقبها بعيدة عن عدة الثقب ولكنها تكون مرشدة له. هكذا نجد أن للروبوط وظيفة. وهى بصفة رئيسية ناقل ميكانيكى يتحرك بدقة فى الفراغ فى إحداثيات مسيطر عليها بالكمبيوتر ومبرمجة إلى الهدف المطلوب سواء كان دهانا أم لحاما أم ثقبا أم عمليات مناولة أم صباغة. أما النواحى الفنية المساعدة فلابد أن تستكمل مع الهدف المخصص له الروبوط .

٩ - الروبوط المتجول Walking Robot

يجب القول بداية بأن معظم الأعمال التى يصمم عليها الروبوط تصمم على أساس أن الربوط ثابت. وحتى الإنسان لا يقوم بعمليات الثقب والتجليخ أو الصباغة أو اللحام إلا هو ثابت، وحتى نقل المواد أو التحميل والتفريغ فقد صمم الروبوط ليكون له فيها منطقة عمل ينجز أعماله فيها وهو ثابت. كما أن التحكم وحسابات الأبعاد والفراغ التى ستكتب خلال برنامج الروبوط والتى سيسيطر عليها أجهزة التحكم يمكن معرفتها والوصول إليها بدقه إذا كان الروبوط ثابتا. لأن جميع الحسابات والحركة تتم على أساس نقط ثابتة لإحداثيات الحركة . أما إذا تحرك الربوط فإن هذه النقاط الثابتة الأساسية تفقد وتتغير أماكنها.لذلك فاستخدام الروبوط المتجول يكون نادرا جدا. ولكن مع ذلك توجد أبحاث حتى الآن فى هذا الاتجاه ويوجد القليل فى الصناعة من هذا النوع المتجول للأغراض الصعبة والضرورية جدا مثل العمل فى المحطات النووية وإزالة المخلفات والمحطات الغازية والعمل فى الفضاء وفى القمر وكذلك فى أعماق البحار .وبالتالى فإنها أنواع نادرة تستخدم لأعمال صعبة جدا وتستحق التكلفة العالية التى تصرف لها. ولو أن

هذا النوع من الروبوطات كان بداية التفكير لكارل كابيك إذ تصور أنه يمكن الاستعواض عن عمال الخدمة بالمنازل بإنسان آلى يقوم بتقديم المشروبات والمأكولات وأعمال نظافة فى البيت.

وقد ظهرت مشكلة أخرى بالروبوط المتجول حين استخدم فى الغابات لقطع الأشجار فالأرض هناك غير مستوية وحركة الرجل ليست سهلة. لذا ظهر مستقبلا ما يعرف بالآلة المتجولة Walking machine وهى عبارة عن صندوق له أرجل مثل أرجل الحشرات وله مجسات كثيرة لتحديد الارتفاعات والانخفاضات للرجل وإعطاء إشارة لوحدة التحكم بها التى بدورها تصدر الأوامر بالمسافات التى يجب أن ترفع أو تنخفض بها كل رجل من الأرجل الكثيرة والماثلة لأرجل الحشرة.

لكن الروبوط الصناعى لا يستخدم هذه التقنيات المعقدة فى حركته إذا ما صمم على أنه روبوط متجول. فهو غالبًا ما يستعمل عربة متحركة موجهة تكون هى مسئولة عن الحركة والتوقف والدوران. وحين تقف يقوم الروبوط بعمله كروبوط ثابت ويتحرك بذراعه ويده ورسغه ويقوم بأداء العمل المطلوب وحينما ينتهى من العمل يعود ثانية إلى مكانه أو يستكمل العمل فى مكان آخر. ولا يوجد فى الروبوط رجل مثل رجل الإنسان كما لا يوجد جذع للثنى للأمام أو للخلف لأنه عمليا لا يحتاجها. وغالبا ما يستخدم الروبوط المتجول فى استخدامات غير صناعية.

يمكن التحكم فى الروبوط المتجول بإحدى الطرق التالية:

١ – التحكم عن بعد بالأسلاك أو الكابل أو الراديو.

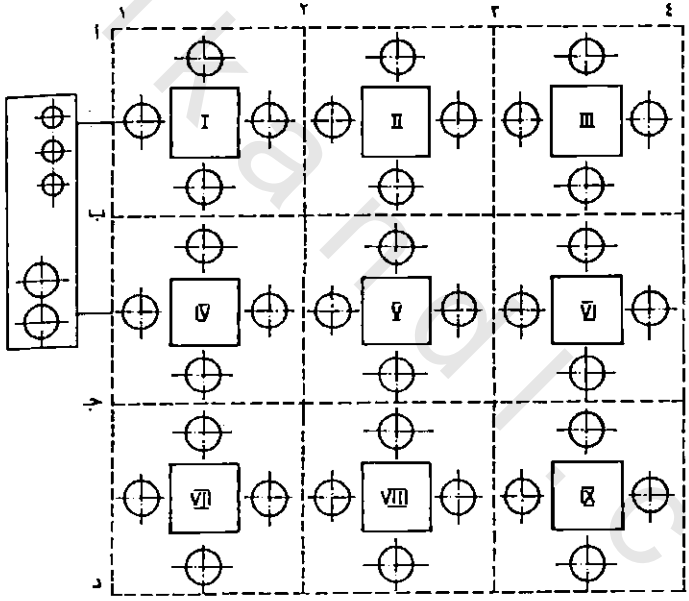
٢ – التحكم الآلى المباشر أو المبرمج.

٣ – التحكم بالقضبان الثابتة أو الوسائل الضوئية أو الكهربائية.

ويمكن للروبوط المتجول العمل فى ورشة والتجوال بها فى تجميع المواد الخام وتوصيل القطع المشغلة وفك العدة وربطها وتوصيلها لمكانها بالمخزن ويمكن أخذ المثال التالى للروبوط المتجول .

١٠ - السفرجى الآلى Robotic Waiter

روبوط يعمل سفرجيًا آليا فى أحد المطاعم الكبرى بالقاهرة والمطلوب منه خدمة تسع «ترابيزات» فى المطعم الكبير المبين بالشكل رقم (٢٦) والذى يتكون من تسع «ترابيزات» كل واحدة بها أربعة أشخاص وطالما أن مكان العمل مميكن عن طريق وحدة تحكم وحاسب فلا بد أن يخطط عمل الروبوط فى المطعم بصورة مثالية كآلاتى:



شكل (٢٦): تخطيط لمطعم يعمل بالروبوط.

(١) يتحرك الروبوط لإتمام الخدمة وتقديم الطلبات وأدوات السفرة فى أقل وقت خدمة (أ١ - أ٢ - أ٣ - أ٤ - ب٤ - ب٣ - ب٢ - ب١ - جـ١ - جـ ٢- جـ ٣- جـ ٤ - د٤ - د٣ - د٢ - د١) أو (أ١ - أ٢ - أ٣ - أ٤ - ب٤ - جـ٤ - د٤ - د٣ -د٢ - د١ - جـ١ - ب١ - ب٢- ب٣- .. الخ.

(٢) العدد المثالى للأطباق على السفرة.

(٣) أقل إزعاج وحركة للشخص .

وفى هذه الحالة يجب أن تصمم العربة الموجهة الآلية Automated Guided Vehicle (AGV) بحيث تستطيع الحركة والدوران بسهولة. هذه العربة سوف تحمل السفرجى الآلى وستوصله فى أقرب طريق وبأقل إزعاج للشخص وبالعدد المثالى للأطباق على السفرة ثم يقوم السفرجى الآلى بإنزال الوجبات وتوضيب السفرة. وسوف يحمل برنامج التحكم الآلى للعربة الموجهة بالمتطلبات المذكورة وأيضا سيحمل وحدة تحكم الروبوط ببرنامج عمله وتوقيتاته. تكون أوامر الحركة للعربة هى:

(١) تحرك للأمام. (٢) قف.

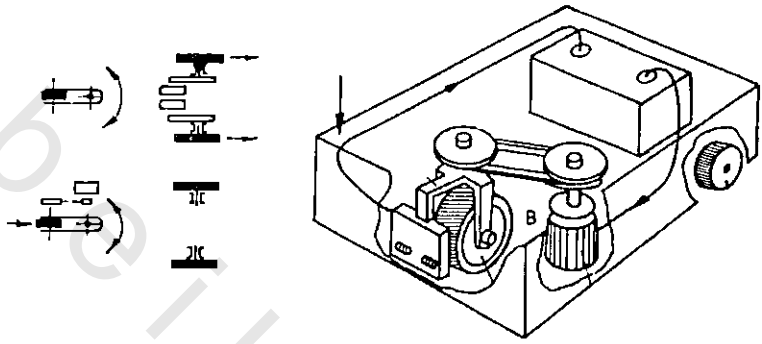
(٣) اللف لليسار. (٤) اللف لليمين.

(٥) الدوران حول محوره.

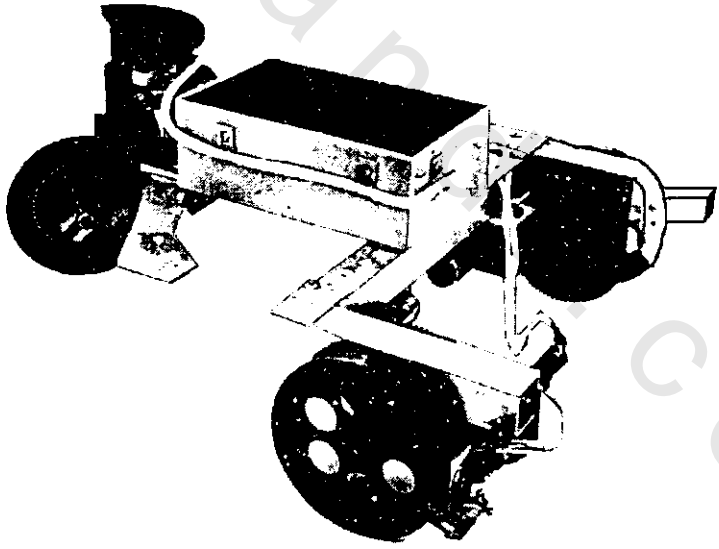
والآن نرى ما هى العربة الموجهة آليا.

١ - العربة الموجهة آليا Automated Guidcd Vehicle (AGV)

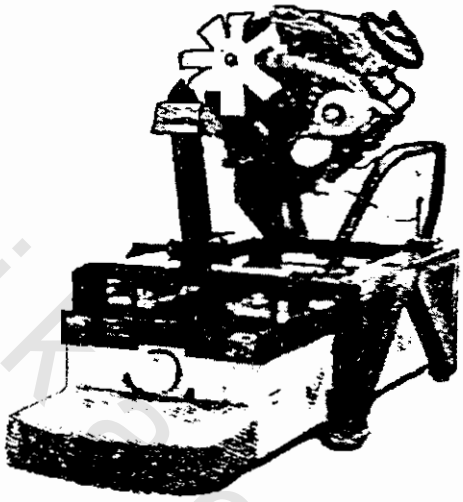
بين الشكل (٢٧) رسما للعربة ذات ثلاث العجلات وهى تستطيع أن تتحرك بحرية على الأرض. كما أن بها بطارية يمكن التحكم فى اتجاه حركتها بالتحكم فى سرعة كل عجلة على حدة. شكل (٢٨) يبين صورة للعربة الموجهة. بينما يبين الشكل رقم (٢٩) الروبوط محملا على عربة موجهة. يمكن تصميم عربة ذات أربع عجلات على أن تنفصل العجلات الأمامية عن الخلفية للتحكم فى الدوران شكل (٣٠). وميزة العربة ذات ثلاث العجلات هى سهولة المناورة أما ذات الأربع فهو الاتزان الأفضل عند الحمل الأكبر.



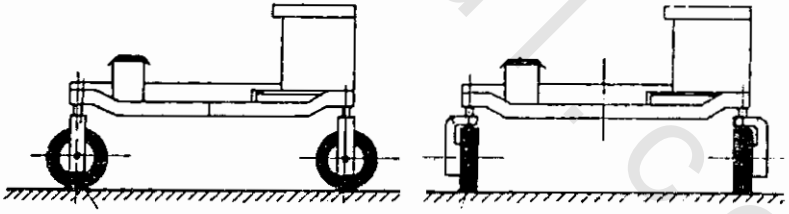
شكل (٢٧): عربة موجهة ذات ثلاثِ عجلات.



شكل (٢٨): صورة للعربة الموجهة.



شكل (٢٩): روبوط متحرك على عربة.



شكل (٣٠): عربة موجهة ذات أربع عجلات.

وبهذا ينتهى تشريح الروبوط اعتبارًا من المناول الميكانيكى إلى الـذراع والمفاصل والرسغ واليد وأداة العمل أما أجهزة التحكم ووسائل السمع والكلام فسوف يأتى دورهم لاحقا .