

نبذة تاريخية ومفاهيم أساسية

HISTORICAL BACKGROUND AND MAIN PRINCIPLES

١ - نبذة تاريخية Historical Background

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

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

١ - لا يجوز أن يصيب الروبوت الإنسان بالأذى.

٢ - يجب على الروبوت طاعة الإنسان وتنفيذ أوامره فيما لم يتعارض مع البند الأول.

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

وهكذا نجد أن اسيموف بالرغم من أنه كتب عن الروبوت للخيال العلمى إلا أنه وضع الأسس الواقعية التى ما زالت تستخدم حتى الآن فى تصميم الروبوتات بالتكنولوجية الحالية. أما كابيك فقد كتب عن أداء الدور للروبوت المماثل للإنسان لكنه لم يقدم شيئاً عن ماهية الروبوت 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 روبوت حقيقى يستخدم فى الصناعة.

وسجل براءة اختراعه عن معالج ميرمج (روبوت) وكان اختراعه عام ١٩٥٦ باسم Programmed Article Transfer وبعدها تم العديد من تسجيل براءات الاختراع للإنسان الآلى. وفى عام ١٩٥٦ أيضاً التقى جورج ديفول فى حفل كوكتيل مع جوزيف انجلبرجر أدى ذلك اللقاء إلى إنشاء شركة مشتركة وهى UNIMATION الأمريكية بهدف تصميم وإنشاء روبوت حقيقى. ومن أجل هذا الإنجاز تمت دراسة للسوق فى خمسة عشر مصنعا لتجميع العربات وزبارة عشرين من العمليات الصناعية المختلفة. وبعد ذلك تم إعداد المواصفات اللازمة للتصميم والتصنيع للروبوت الحقيقى الذى بدأ العمل به فعلاً عام ١٩٥٩ وظهر رسمياً 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 روبوت مناسب. وفى نفس العام دخلت اليابان

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

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

وعرض التلفزيون الأمريكي عام ١٩٦٥ مسلسلا عن فقد في الفضاء Lost in Space وعام ١٩٧١ تم عرض فيلم سينما ٢٠٠١ الذي قدم الروبوت على أنه سفينة فضاء حدث لها خلل في جهازها العصبي فقتلت معظم من كان خارجها وكان اسمها هال Hal.

وما زال عرض أفلام سينمائية عن الروبوت متواصلا .

٢ - مفاهيم أساسية Main Principles

يعتبر دخول الروبوت 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 انتشار الجثث. أما البعد الأخطر والأصعب فسوف يأتى دوره حين يحتل الروبوت مكان الجندى فى المعركة على الدبابة والمدفع ويحل محل جندى المشاة فى الحرب. لتصبح فى المستقبل الحرب بين جنود أحياء لدول متخلفة وجنود من الروبوتات لدول متقدمة. ولا تدخل القوات البشرية ميدان الحرب إلا بعد انتهاء المعركة لتحتل الأرض بعد أن يقضى جيش الروبوتات على الجنود من البشر. وسوف يحل الروبوت مكان العمال الذين يعملون بدول الاتحاد الأوروبى 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 كايك بسيطرة الروبوت على الحياة البشرية ستقلب الحياة رأساً على عقب وتكون قيمة روبوت صناعى أكبر بكثير من إنسان لم يتعلم ولم يحفز نفسه لمثل هذا اليوم. وسوف يكون أجره الروبوت أرخص بكثير من أجر عامل متخصص أو خدعى فى نفس المكان. يستخدم الروبوت حالياً فى صناعة السيارات والطائرات والمركبات القضاية فى عمليات اللحام والتجميع. وهكذا نستطيع أن نرى ورشة لحام كاملة فى أمريكا أو أوروبا فى مصنع السيارات لا يوجد بها عامل. وتقوم روبوتات مبرمجة جيدة بهذه العملية. وأيضاً ورشة لدهان السيارات أو الطائرات تعمل بروبوتات مبرمجة بدون الاستعانة بأى عامل. كما أن المصانع المتطورة جداً فى اليابان وأمريكا التى تعمل بدون إنسان يعمل بها روبوتات فى خطوط الإنتاج والتحميل واللحام والدهان والتجميع وأعمال الخدمات. ولولا الروبوت لما أمكن إنشاء مصانع تعمل بدون إنسان .

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

تعتبر المشغلات الدقيقة (ميكروبروسيسور Microprocessor) هي الأساس في بناء منظومة متطورة للتحكم في الروبوت وأجهزته المختلفة بما فيها الحاسب. هذه المشغلات التي 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 في الروبوت.

يتكون الروبوت من المانول الميكانيكي Manipulator وهو يماثل ذراع الإنسان. وفي نهايته يوجد مفصل يماثل الرسغ، وماسك يماثل اليد، ثم مصدر للطاقة الكهربائية التي تقوم بتحريك هذه الأجزاء بالإضافة إلى وحدة تحكم آلي وحاسب لبرمجة متطلبات التشغيل. ويتوقف الشكل النهائي للروبوت حسب استخدامه. فمن الخاص مثل المستخدم في اللحام فقط أو الطلاء فقط إلى العام المستخدم في عمليات النقل والتحميل والتركيب. والروبوت ذات الاستخدام الخاص صورة (٢) لا يقوم إلا بهذه الوظيفة أما الروبوت ذات الاستخدام العام فيقوم بإجراء عمليات كثيرة متعددة.

كما أن الروبوت في معظم حالاته ثابت على قاعدته Stationary. ونادرا ما يكون متحركا Mobile وفي الغالب يثبت على قاعدة متحركة.

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

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

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

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

أما الجيل الثالث فهو يعتمد في إشاراتة على مجسات اللمس والرؤية والكلام لإعطاء معلومات عن القوى وعما يعترض الروبوت من أشياء أثناء حركته.

تشريح الروبوت

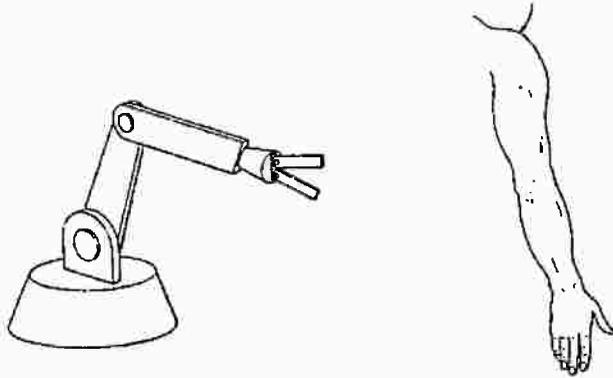
ROBOT ANATOMY

لو نظرنا إلى الإنسان في كيفية تنفيذه لمعظم أعماله فسوف نجده يقوم بها بواسطة ذراعه ويده وأصابعه وكذلك جسمه في حالة الدوران. أما الأرجل فهي تستخدم في 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 في حركات محددة حسب نوع اللحام. أما الدهان فهو يتم في حركات محددة يحكمها حجم الجزء الدهون وشكله بواسطة اليد الحامل لأدوات الدهان مع وجود أنابيب اللحام والدهان تفتح وتغلق حسب المتطلبات الفنية للعملية. أما الثقب والقطع فيتم أيضاً في حركات محددة بواسطة ذراع وماسك.

١- المناول الميكانيكية المفصلي Mechanical Articulated Manipulator

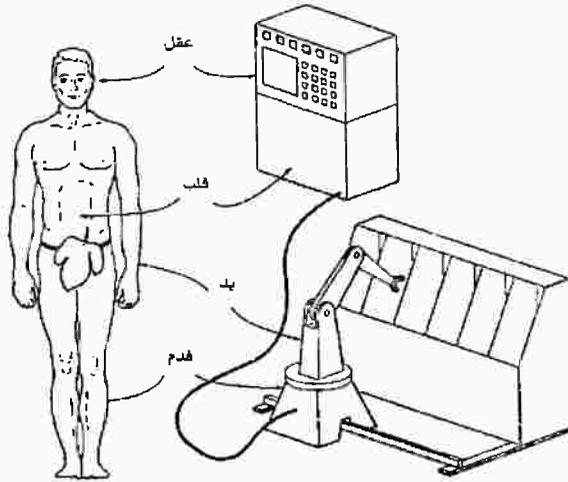
من هذا التحليل لعمل الإنسان ومكوناته يتضح أنه إذا أريد تصميم إنسان آلي فإن الجزء الرئيسي فيه يكون ذراع الإنسان وكتفه ومفاصله ورسغه ويده. على أن توفر للذراع الآلي نفس الحركات للإنسان أو ما شابهها للوصول باليد إلى أية نقطة في الفراغ في حدود أبعاد اليد. ثم توفر لليد الفتح والقفل والحركة بحرية حول الرسغ.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

المراد مسكه حسب الشكل المسوك. ويوجد فى بعض الأحيان يد مصممة لها أصابع مثل أصابع الإنسان وتكون شكل اليد ثابتة فى جسم الروبوت فى حالة اللحم أو الدهان.

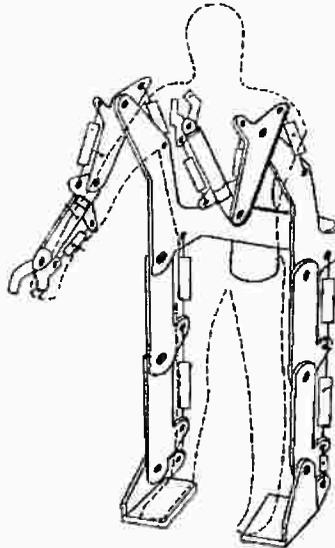


شكل (٢) : اليد للإنسان والروبوت.

يبين الشكل رقم (٤) التماثل التام بين الإنسان البشرى والروبوت وهذا ما دعا بعض الأوساط العلمية بالعالم العربى لتسميته بالإنسان الآلى. وأحيانا يزود الروبوت بالعربة المتحركة إذا كان الروبوت 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 للروبوت. 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.

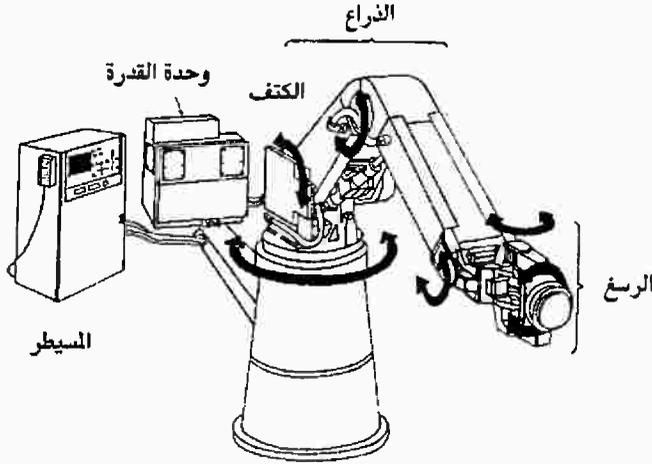


شكل (٤) : تماثل الإنسان والروبوت.

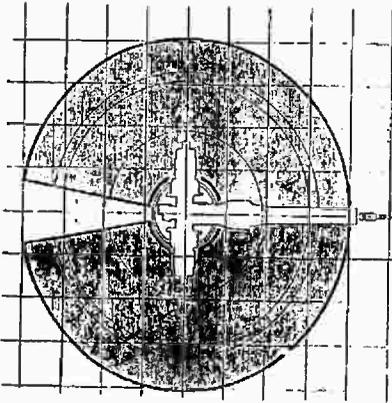


شكل (٥) : تخطيط مفصلي للإنسان الآلي.

ويبين الشكل رقم (٦) التخطيط الكامل للروبوت كما تبين الصورة رقم (٣) صورة للمناول الميكانيكي الحقيقي بمحركاته.



شكل (٦) : تخطيط روبوت آل حقيقى.



شكل (٧) : مساحة العمل لروبوت.

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

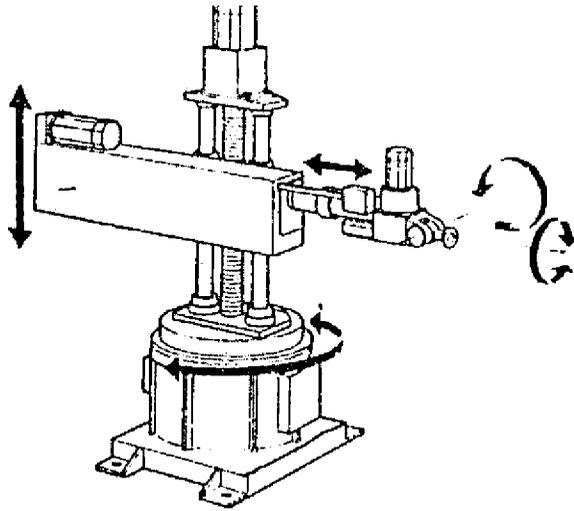
٢ - المناول الميكانيكى الديكارتى Cartesian Manipulator

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 المصم الميكانيكى البشرى يستطيع أن يقوم بتصميم أياد بسيطة الاستخدامات وتطبيقات عملية أكثر بساطة وملاءمة لذا فإنه ليس من الضرورى أن تكون الأذرع الآلية للروبوت أو حتى الأيدى ماثلة 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) لروبوت يلعب «شطرنج» بمناول ديكارتي لتحريك قطع الشطرنج. المهم الهدف وليس مجرد تمثيل اليد البشر بنفس حركاتها أو تصميمها. والمناول الديكارتي لا يحتاج إلى مساحة كبيرة للعمل مثل سابقه. وقاعدة العمل التى تحمل عليها الذراع الآلية تجعل هيكله أكثر استقراراً ومثانة.

٣ - المناول الميكانيكى الأسطوانى Cylindrical 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 تعثل قطر الأسطوانة كما فى الشكل (٨).

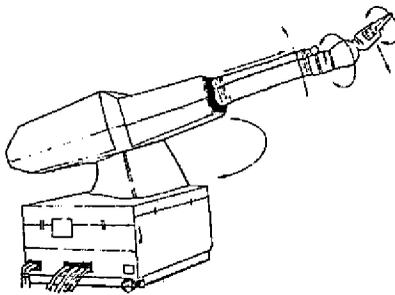


شكل (٨) : مناوِل أسطوانى.

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

٤- المناوِل الميكانيكى الكروى Spherical Manipulator

يقوم المناوِل الميكانيكى بحركة كروية كاملة وأساس هذه الحركة حركة خطية



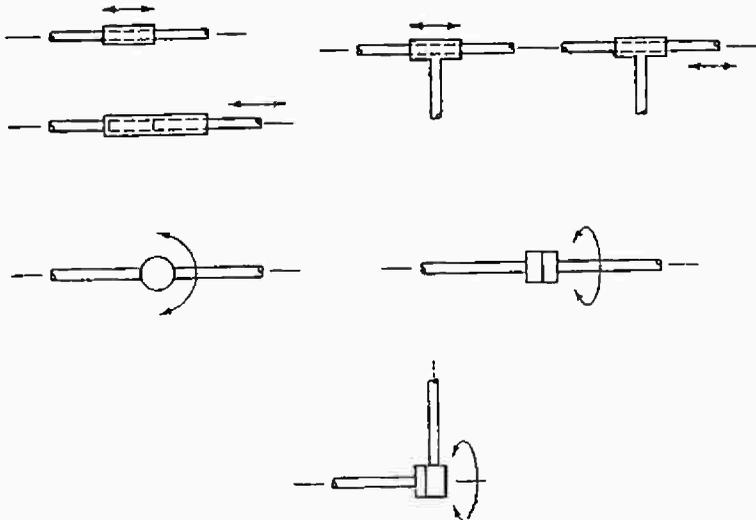
شكل (٩) : مناوِل كروى.

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

رقم (٦) وميزة هذا النوع وجود مرونة ميكانيكية أكبر في العمل. هذا بالإضافة إلى حركات اليد الثلاث التي سوف يأتي شرحها عند تشريح اليد.

٥- مفاصل الروبوت Robot Joints

يوجد بالإنسان أربعة مفاصل؛ واحد منهم بين الكتف والعضد وثان بين الساعد والعضد والثالث بين اليد والساعد والآخر في الرجل بين الفخذ والساعد. ونظرا لأن الروبوت تمثيل لليد البشرية بالدرجة الأولى. فيوجد له مثل الإنسان ثلاثة مفاصل في نفس المكان الموجود فيهم مفاصل الإنسان. ولا يوجد مفصل رابع إذ إن حركة الروبوت كله ستكون على عربة متحركة مبرمجة كما سيأتي ذكره بعد إذا كان الروبوت متحركا Mobile أما المفاصل فهي في شكل رقم (١٠):



شكل (١٠) : أنواع الوصلات في الروبوت.

(١) مفصل خطي Linear joint عبارة عن حركة خطية بين عمودين متوازيين يتحركان داخل بعضهما.

(٢) مفصل متعامد Orthogonal joint يتحرك أحد الأعمدة حركة خطية ويتحرك الثاني حركة خطية ولكنها متعامدة.

(٣) حركة لينية Twisting joint.

يتحرك أحد الأعمدة حركة دائرية تسمى لى وهى حركة غير كاملة وفى هذه الحركة فإن عمود الدوران يكون موازياً للعمود الآخر.

(٤) وصلة أستيديرية Rotational Joint: فى هذه الحالة يدور العمود حركة دائرية يكون فيه العمود متعامداً على المفصل.

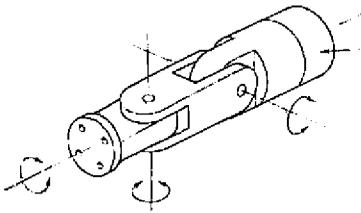
ويتم تحريك جميع الوصلات بالموتورات الكهربائية القابلة للتحكم فى أجزاء صغيرة من دورانها إلى أى عدد من اللفات وفى أى اتجاه. أما الحركات الخطية فيلزمها موتور كهربائى من نفس النوع السابق وبعض الآليات الصغيرة التى تحول حركة الموتور الدائرية إلى حركة خطية.

٦- رسخ الروبوط Robot Wrist

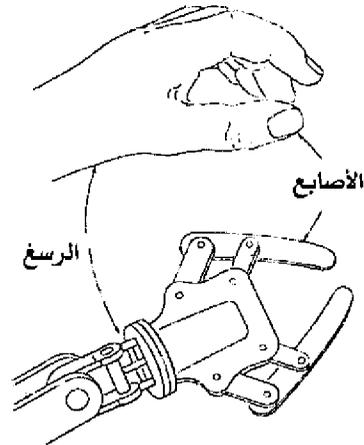
الرسخ فى الإنسان هو الجزء الذى يقع بين الساعد واليد وهو كذلك فى الروبوط ونظراً لأن اليد هى الجزء المتحكم فى العمل مثل اللحم أو المناولة أو الربط والمسك. فإن الرسخ يجب أن يكون له حرية كبيرة فى الحركة. ويستطيع رسخ الإنسان أن يتحرك كما لو كان حراً فى الفراغ. أى يتحرك فى ثلاثة اتجاهات. وفى الصناعة أيضاً يجب تصنيع رسخ الروبوط بحيث تكون حرة. ويحتاج كثير من العمليات الصناعية أو التمرير إلى حركة الرسخ فى اتجاهين فقط. بينما تحتاج عمليات أخرى ليست قليلة بالحركة فى ثلاثة اتجاهات. ونظراً لأنه فى التصميم الصناعى لرسخ روبوط تحتاج كل حركة إلى مدلول خاص بها فإن الرسخ

وحده يحتاج إلى ثلاثة محركات كهربائية إذا كان المطلوب منه أن يتحرك في ثلاثة اتجاهات. لذا يجب أن يكون ذراع الروبوت ورسغه ويده خفيفة وأن تثبت المحركات الكهربائية على جسم الروبوت الثابت على أن تتصل بالمفاصل وبالرسغ عن طريق طارات وسيور خفيفة ودقيقة الحركة.

شكل (١١) يبين رسغ الإنسان ورسغ الروبوت وهما متماثلان في نفس الموقع. والرسم الموضح له ثلاث حركات حول محاوره الدورانية واحدة تمثل الدوران على امتداد محور اليد وهي تسمى اللف Roll والأخرى الارتفاع التدريجي وتسمى الخطوة Pitch والثالثة في المحور الثالث وتسمى الانفراج Yaw كما بالشكل (١٢). ورسغ الإنسان يقوم بكل هذه الحركات. وتصميم الرسغ في الروبوت معقد إلى حد كبير.



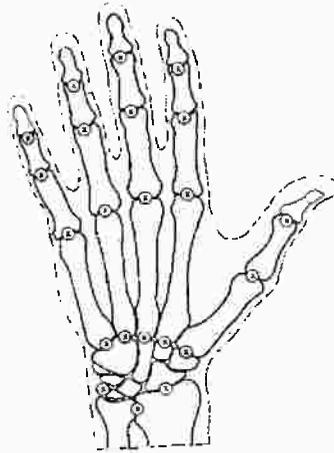
شكل (١٢) : حركات رسغ الروبوت.



شكل (١١) : الرسغ في الروبوت والإنسان.

٧ - اليد (الماسك) Gripper

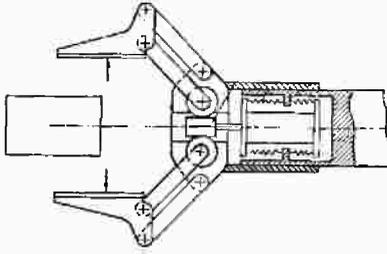
نأتى الآن إلى اليد وهى الماسك المباشر لأداة النقل أو اللحم أو الثقب أو التجليخ وخلاف ذلك حسب نوع الاستخدام للروبوت. ويمكن أن تكون اليد جزءاً من الروبوت ويمكن أن تكون منفصلة عنه تركيب فيه حسب نوع الشكل المراد مسكه. فمسك زجاجة يختلف عن مسك كتلة حديدية أسطوانية أو مكعبة أو غير منتظمة. فمثلاً فى عمليات اللحم والدهان تكون اليد جزءاً من الروبوت وخاصة بمسك أداة اللحم والدهان. أما فى عمليات الثقب أو نقل المواد فتختلف اليد حسب حجم ووزن ونوع الجزء الممسوك Tooling. وشكل (١٣) يبيّن يد الإنسان وهى أعظم وأحسن وأقوى وأنسب ماسك فى العالم ولا يستطيع الإنسان مهما أوتى



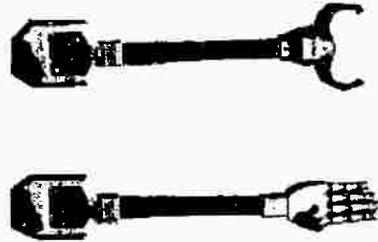
شكل (١٣) : يد الإنسان.

من خيال ومن قدرة على التصميم أن يقترب ولو من بعيد جداً عن تصميم مثل هذه الأيدي العظيمة. فكما بالشكل فإن يد الإنسان لها سبع وعشرون عقلة وعشرون درجة حرية عند المفاصل. وكما هو معروف فى التصميم فإن كل درجة حرية

تحتاج إلى موتور ووصلة بالمفصل فمن أين يأتي أى مصمم باثنين وعشرين موتوراً كهربائياً؟ وأين يضعهم؟. سبحان الخلاق البديع الذى ليس كمثلته شىء لا فى السماوات ولا فى الأرض! أما الماسك الصناعى أو يد الروبوت فإنها فكرة قديمة وبسيطة بالنسبة ليد الخلاق. ورغم ذلك فإن تصميمها صعب جداً فى أحوال كثيرة.

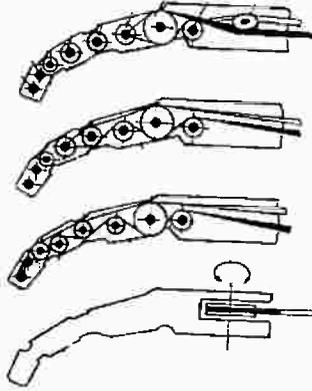
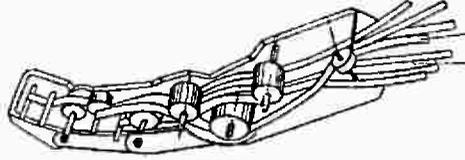


شكل (١٥) : ماسك عام.



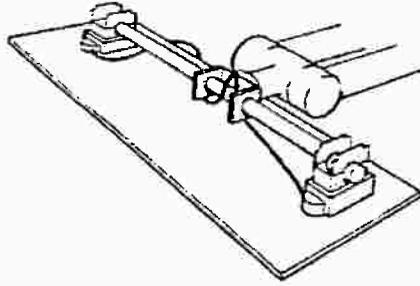
شكل (١٤) : عامل من البعد.

اخترع اليد الصناعية بدأ لأول مرة عام ١٥٠٩ وصنعت للفارس الألماني جوتز فون بيرليشنجر Goetz Von Berlichinger أما الأطراف الصناعية فهي فى تطوير مستمر لعمل أيدٍ صناعية بأصابع شبيهة قدر الإمكان ليد الإنسان. أيضاً تم تصميم يد تعمل من بعد بالتحكيم الآلى للعمل فى محطات الطاقة النووية كما بالشكل (١٤) وتسمى العامل من البعد. أما ماسكات الروبوت أو أيديها فلها أشكال كثيرة أكثرها استخداماً ما هو مبين بالشكل (١٥) والصورة (٧) وهى مماثلة للماسك المستخدم فى الأوناش. وأحياناً يستخدم التصميم شكل الأصابع لاستخدامها فى المسك شكل (١٦) والتي تستخدم اليد والطارات. أو يستخدم ضغط الهواء للمساعدة فى المسك وغالباً ما تكون الأصابع اثنين أو ثلاثة فقط.

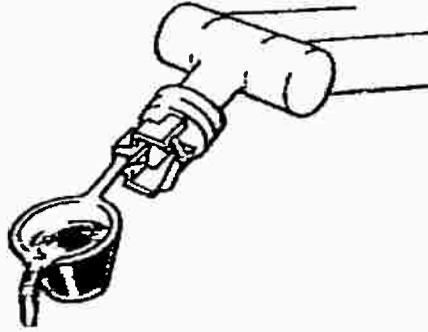


شكل (١٦)، رسم تخطيطي للأصابع الصناعية.

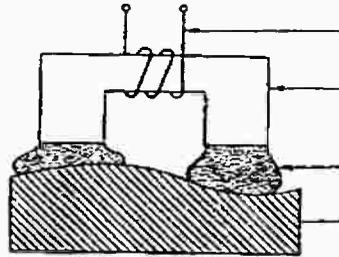
وبالرغم من أن يد الروبوت أبسط كثيراً من يد الإنسان إلا أنه أمكن تصميم أيادٍ للقيام بأعمال أصعب مما تستطيع يد الإنسان. فمثلاً يمكن تصميم يد تعمل لشفط الهواء لسك رقائق كبيرة من الصلب كما يمكن مسك أجزاء من أفران ذات درجات حرارة عالية شكل (١٧). هذا بالإضافة إلى تصميم أيادٍ تعمل في المحطات الغازية والنووية أو في أعماق البحار أو في الفضاء أو في القمر كما حدث في المكوك الأمريكي. يؤخذ في الاعتبار عند ماسك الروبوت 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 لرفائق الصلب.



(ب) ماسك ليودقة صهر.

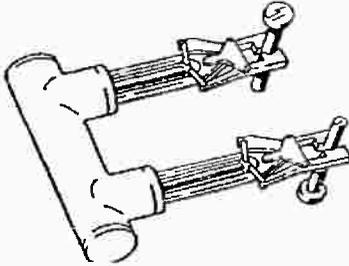


(ج) ماسك كهرومغناطيسي.

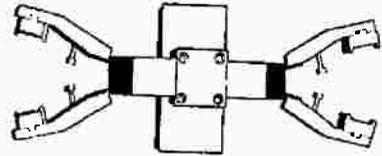
شكل (١٧): استخدامات خاصة لليد.

مكان الماسك. يحتاج الماسك إلى معالجة خاصة إذا كان المسوك باردًا جدًا أو ساخنا جدًا. أما أطراف الماسك فتكون مستقيمة أو مستديرة أو غير منتظمة حسب الشكل المراد مسكه. قدرة الماسك أيضا تؤخذ عن طريق موتور كهربائي أو محرك هوائي أو هيدروليكي. كما توجد أيضا ماسكات كهر ومغناطيسية تستخدم لجذب القطع المعدنية بدلًا من مسكها. ويلاحظ هنا أن معظم القطع التي يتعامل معها الروبوت يمكن مسكها بماسك واحد. فلا داعي لتصميم ماسكين مثل البشر للربوط الصناعي. ويمكن في بعض الحالات القليلة استخدام ماسكين كالمبين شكل (١٨) للفك والتحميل وتطبيقه في شكل (١٩).

حيث إن الهدف من المناول الميكانيكي هو إنجاز العمل. لذلك يربط في نهايته بعد الرسغ مباشرة هذه اليد أو الماسك. هذه اليد تحمل الهدف أو العدة التي ستقوم في النهاية بإجراء العملية سواء كانت لحامًا أم تقبا أم تحريكًا أم فكًا وهو



شكل (١٩): تحميل مفك لاسك زوجي.



شكل (١٨): ماسك زوجي.

ما يسمى في علم الروبوتيات بالمؤثر النهائي End Effector. المناول الميكانيكي إذن هو المسئول عن توصيل المؤثر النهائي إلى مواقع مبرمجة ببرنامج يجرى التحكم فيه عن طريق وحدة التحكم والحاسب للروبوت. ولذا فإن تصميم الماسك يجب أن يكون ذات مرونة عالية يسمح بإنجاز الأعمال بالشكل المطلوب ويجب الأخذ في الاعتبار عند تصميم الماسكات الآتي:

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

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

(٣) يجب تزويد المسك بوسائل مطاطية رقيقة عند استخدامها فى مسك الأجزاء الرقيقة.

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

ومما سبق يمكن تقسيم المسكات إلى الأنواع الثلاثة الآتية:

Mechanical gripper	(١) مسكات ميكانيكية
Magnetic grippers	(٢) مسكات مغناطيسية
Vacuum grippers	(٣) مسكات شفطية

(١) المسكات الميكانيكية Mechanical Gripper

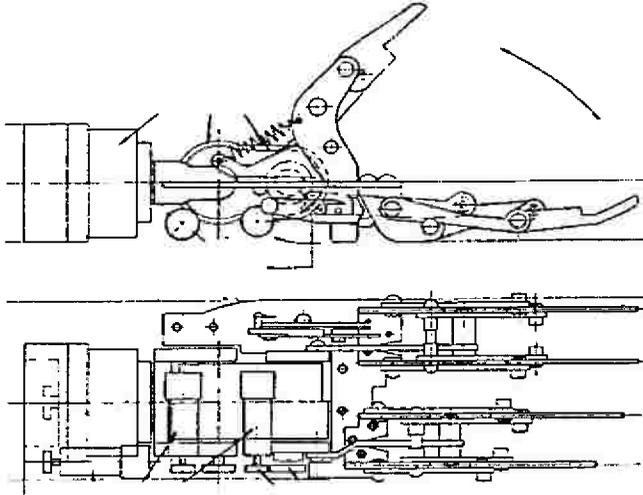
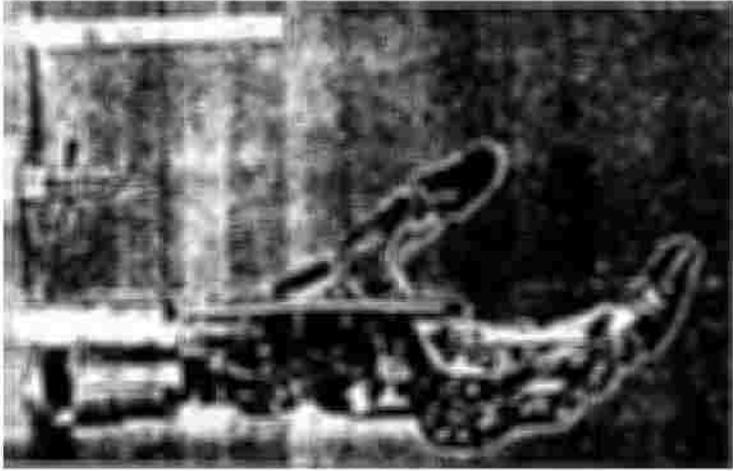
يجب تصميم هذا النوع من المسكات بحيث يستطيع أن يقاوم الجاذبية الأرضية للأشياء المتحركة وأن يولد قوة احتكاك كبيرة تسمح بمسك الأوزان الثقيلة وأن يكون لديه مرونة عالية كمسك الأشياء الرقيقة أيضا. وأيضا يسمح التصميم بالمسك من الخارج أو الداخل وأن يكون الجزء المسوك مرنا. تتحرك المسكات الميكانيكية إما بواسطة مكبس وتروس وإما بواسطة منظومة هوائية، فى حالة تصميم المسكات من أصابع يمكن أن يكون الفك ذات أصبعين فقط

كما فى التصميم الذى قامت به جامعة وسادا اليابانية Wesada University

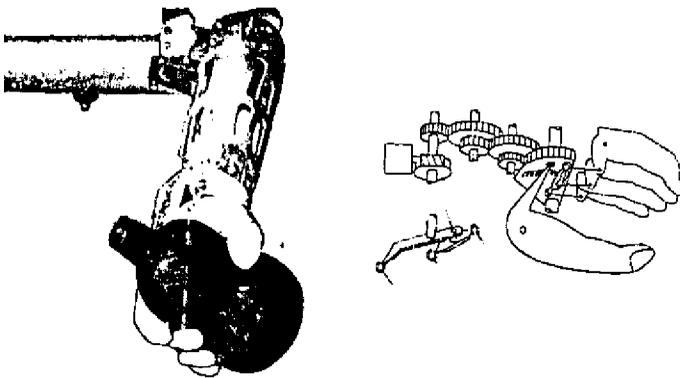
شكل (٢٠). أو بأصابع خمسة كما فى تصميم جامعة كوماموتو اليابانية

Kumamoto University شكل (٢١). وتصميم جامعة وسادا أيضا شكل (٢٢).

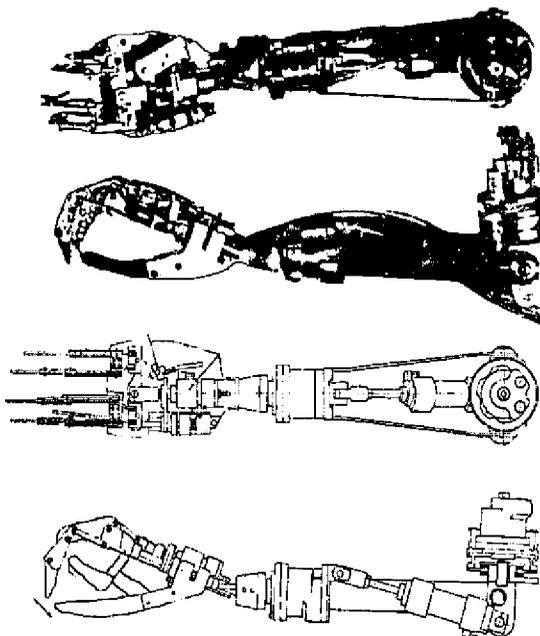
أيضا يجب أن يراعى التصميم الأحجام المختلفة ، ويوضع داخل الفك أو الأصابع مجسات تقيس وزن الجزء المربوط ومعرفة قوة الاحتكاك والربط اللازمة له. إذ تختلف قوى الربط على الزجاج منها على كتل معدنية ثقيلة. كما يجب على الجزء المسوك الثبات فى مكانة أثناء الحركة والدوران لذراع ويد الروبوت.



شكل (٢٠): صورة وتصميم لماسك وسادا.



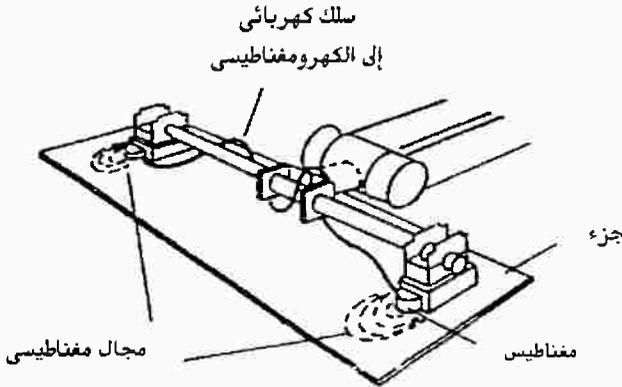
شكل (٢١): صورة وتصميم لماسك كوماموتو.



شكل (٢٢): تصميم وسادا لخمسة اصابع.

(٢) الماسكات المغناطيسية Magnetic Grippers

تستخدم الماسكات المغناطيسية لجذب القطع المغناطيسية الصغيرة والكبيرة وذلك عن طريق مجال مغناطيسي 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 المغناطيسي الصادر منها قادراً على رفع أكبر وزن يتعامل مع الروبوت. كما أن درجات الحرارة للجسم المسوك يجب أن لا تتعدى 60°C وإلا

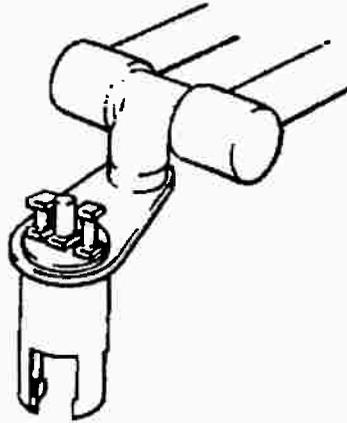


شكل (٢٣): ماسكة مغناطيسية.

فقدت المغناطيسية تأثيرها وأصبح الروبوت غير قادر على المسك. وفي حالة درجات الحرارة العالية التي تصل حتى 200°C فإنه يمكن تصميم ماسك مغناطيسي ولكن بتكلفة عالية. لذلك فإن هذا النوع لا يفضل استخدامه عند درجات الحرارة العالية. كذلك فإن الأجسام المسوكة 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 المسوك سهلة وميسرة.

(٣) الماسكات الشفطية Vacuum Gripper

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

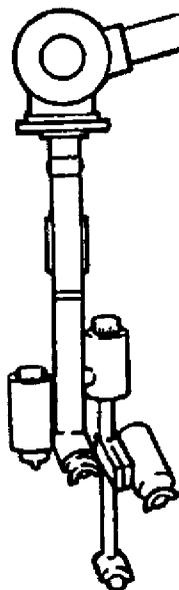


شكل (٢٤): ماسك شفطى.

٨- المؤثر النهائى End effector

الجزء الأخير فى تشريح اليد هو العدة 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

نجد أنه ليس المهم هو الحركة فقط في الدهان ولكن السرعة التي يتحرك بها جهاز العدة. فلو كانت السرعة بطيئة فسوف يكون اللحم سميكًا وتكلفة الدهان أعلى. وأيضًا لو كانت السرعة بطيئة فسوف يكون الدهان رديئًا ومعيبًا. شكل (٢٥) يبين مسدس الرش المستخدم مع المؤثر النهائي لروبوت الدهان.



شكل (٢٥): ماسك دهان.

يختلف الروبوت عن الإنسان في كيفية مسك العدة. إذ الإنسان يلزم أن يمسك عدة العمل بيديه. ولكن الروبوت يتثبت فيه العدة وتركب فيه فقط في المؤثر النهائي.

تبين الصورة (٨) ثلاثة أنواع مختلفة من عدد اللحم التي تركيب مباشرة في المؤثر النهائي للروبوت لتقوم بعملها مباشرة بناء على برنامج مكتوب لوحدة التحكم

فى الروبوت بمساعدة أنابيب الغاز وأسلاك النحاس والمولد الكهريى. مع ملاحظة أن لكل نوع من أنواع اللحام تركيبية خاصة به مع الروبوت. وبناء عليه لا يمكن لروبوت لحام كهرياء أن يعمل كروبوت لحام غاز أو لحام نقطة.

وحيث إن عمليات الثقب تحتاج إلى دقة عالية للوصول بالربوت 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 للروبوت 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 النواحي الفنية المساعدة فلا بد أن تستكمل مع الهدف المخصص له الروبوت.

٩- الروبوت المتجول Walking Robot

يجب القول بداية بأن معظم الأعمال التى يصمم عليها الروبوت تصمم على أساس أن الربوت ثابت. وحتى الإنسان لا يقوم بعمليات الثقب والتجليخ أو الصباغة أو اللحام إلا هو ثابت، وحتى نقل المواد أو التحميل والتفريغ فقد صمم الروبوت ليكون له فيها منطقة عمل ينجز أعماله فيها وهو ثابت. كما أن التحكم وحسابات الأبعاد والفراغ التى ستنكتب خلال برنامج الروبوت والتى سيسيطر عليها أجهزة التحكم يمكن معرفتها والوصول إليها بدقة إذا كان الروبوت ثابتا. لأن جميع الحسابات والحركة تتم على أساس نقط ثابتة لإحداثيات الحركة. أما إذا تحرك الربوت فإن هذه النقاط الثابتة الأساسية تفقد وتتغير أماكنها. لذلك فاستخدام الروبوت 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. وبالتالي فإنها أنواع نادرة تستخدم لأعمال صعبة جدا وتستحق التكلفة العالية التى تصرف لها. ولو أن

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

وقد ظهرت مشكلة أخرى بالروبوت 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 والمائلة لأرجل الحشرة.

لكن الروبوت الصناعى لا يستخدم هذه التقنيات المعقدة فى حركته إذا ما صمم على أنه روبوت متجول. فهو غالباً ما يستعمل عربة متحركة موجهة تكون هى مسئولة عن الحركة والتوقف والدوران. وحين تقف يقوم الروبوت بعمله كروبوت 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 الروبوت رجل مثل رجل الإنسان كما لا يوجد جذع للثنى للأمام أو للخلف لأنه عمليا لا يحتاجها. وغالبا ما يستخدم الروبوت المتجول فى استخدامات غير صناعية.

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

(٢) العدد المثالي 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 وأيضاً سيحمل وحدة تحكم الروبوت ببرنامج عمله وتوقيتاته. تكون أوامر الحركة للعربة هى:

(١) تحرك للأمام. (٢) قف.

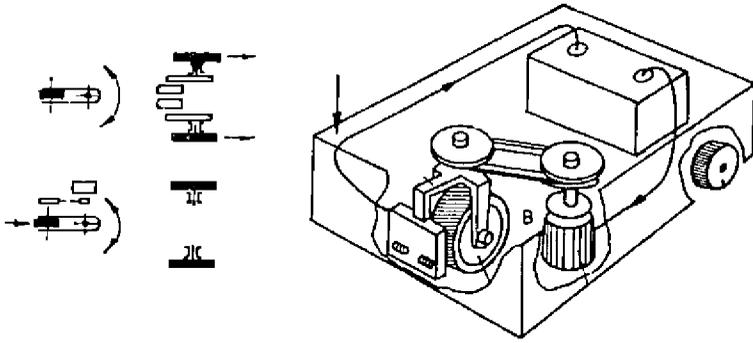
(٣) اللف لليساار. (٤) اللف لليمين.

(٥) الدوران حول محوره.

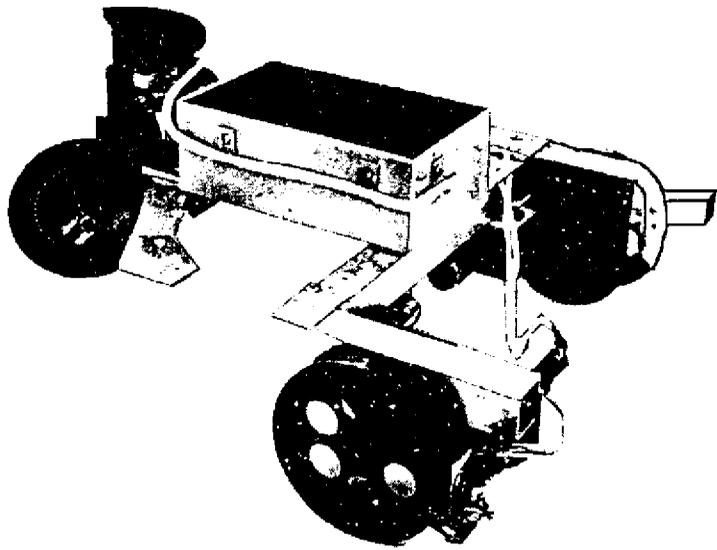
والآن نرى ما هى العربة الموجهة آليا.

١- العربة الموجهة آليا (AGV) Automated Guided Vehicle

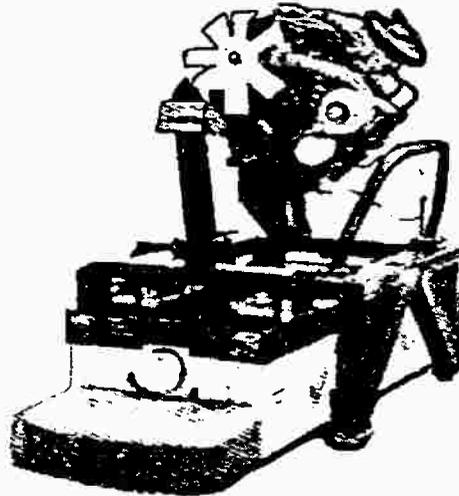
بين الشكل (٢٧) رسماً للعربة ذات ثلاث العجلات وهى تستطيع أن تتحرك بحرية على الأرض. كما أن بها بطارية يمكن التحكم فى اتجاه حركتها بالتحكم فى سرعة كل عجلة على حدة. شكل (٢٨) يبين صورة للعربة الموجهة. بينما يبين الشكل رقم (٢٩) الروبوت محملاً على عربة موجهة. يمكن تصميم عربة ذات أربع عجلات على أن تنفصل العجلات 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.



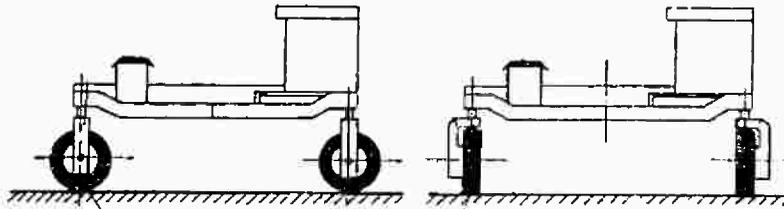
شكل (٢٧): عربة موجهة ذات ثلاث عجلات.



شكل (٢٨): صورة للعربة الموجهة.



شكل (٢٩): روبوط متحرك على عربة.



شكل (٢٠): عربة موجهة ذات أربع عجلات.

وبهذا ينتهى تشريح الروبوط اعتباراً من المناول الميكانيكى إلى الذراع والمفاصل والرسغ واليد وأداة العمل أما أجهزة التحكم ووسائل السمع والكلام فسوف يأتى دورهم لاحقاً .