

KAYNAK UYGULAMALARINDA ROBOT TEKNOLOJİSİ

Gökhan Vargın GÖK, Çağatay AFYON

Altınay Robotik ve Otomasyon A.Ş.

GİRİŞ

2000 yılına yaklaşırken her alanda teknoloji geliştirmek ve teknolojik yenilikleri insan hayatının birer parçası haline getirmek, tüm endüstri alanlarında yüksek kaliteli üretim gerçekleştirmek için kaçınılmaz bir gereklilik haline gelmiştir.

İnsanın fiziksel gücü sınırlı olduğundan fazla fiziksel güç gerektiren işler için insan tarafından yönetilen makineler geliştirilmiştir. Sanayi çağı bu makinelerin çağıdır. Ancak bu makinelerin kendi kendine karar verme kabiliyeti yoktur ve çalışmaları için genellikle sürekli (atanmış) bir kullanıcı gerekmektedir. Teknoloji alanındaki gelişmeler arttıkça insanın yerini alacak, kendi kendini kontrol edebilen otonom sistemler üzerinde durulmuştur. Bu şekilde insan sadece kendinde var olan düşünebilme yeteneği sayesinde onun yerine çalışacak, belli bir iş yapma konusunda uzman, mekatronik elemanlar üretmiştir. Zamanla bu kavram genişlemiş ve bir işlemi başından sonuna kadar insan müdahalesi olmadan gerçekleştirebilecek robotlu otomasyon sistemleri ortaya çıkmıştır. Bilgi çağının ürünü olan bu karmaşık sistemler, çeşitli algılama elemanları yardımıyla çevresinden haberdar olan, çevreden gelen bu verileri ve kendi bilgi tabanındaki verileri kullanarak karar verebilen ve herhangi bir operatör yardımına gerek duymadan kararların sonuçlarını uygulayabilen sistemlerdir.

Sanayi robotlarının temel kullanım amacı, üretim maliyetlerini düşürürken üretkenliği ve üretim kalitesini arttırmak, yapılması zor olan, insana fiziksel olarak zarar veren yorucu işlerde, sağlıksız ve zararlı (kimyasal madde, yüksek ısı, yüksek gürültü, titreşim, vs. bulunan) ortamlarda çalışmayı gerektiren uygulamalarda insanın yerine makina kullanmaktır. Bu sayede insan kendine yakışan-bilek gücü değil, beyin gücü gerektiren işlere kaydırılabilecektir.

Endüstriyel robotlar için ilk teorik çalışma 1955 yılında Denavit ve Hartenberg'in geliştirdikleri, kendi adlarıyla anılan homojen transformasyon matrisleridir [1]. İlk endüstriyel uygulama ise 1961 yılında kalıp dökme makinasının bakımında kullanılan Unimate robotudur. O tarihten günümüze kadar robotlar, parça yükleme/boşaltma, parça işleme, kaynak, boyama, montaj, test gibi birçok farklı uygulama alanında kullanılmaya başlanmıştır.

SANAYİ ROBOTLARI

Günümüz çalışma şartları ve rekabet ortamında, yapılan işin mükemmelliği ve kalitesi büyük önem kazanmış durumdadır [2,3]. İşte bu şartlar altında robot kullanımıyla, kalite arttırılmakta, standard üretim sağlanmakta, işçilik ve malzeme giderleri azaltılmaktadır. Böylece robot sistemine sahip şirketlerin rakipleriyle arasındaki rekabet güçleri artmaktadır.

Bunların yanında, robotlar insanları monoton ve ağır hacimli işlerden, kaynakhane ve boyahanenin zehirleyici etkili ortamlarından kurtarırlar. Dar alanlarda bir çok işlemin yapılması imkanını tanırırlar. Pek çok alanda üretime katkıları yadsınamayan robotlar, gelişimleri boyunca hep memnurlukla karşılanmamışlar, zaman zaman toplumsal çalkantılara da yol açmışlardır. Buna örnek olarak, otomatik dokuma tezgahlarının son yüzyılda neden olduğu işsizlik gösterilebilir [4].

Ancak, her seferinde teknolojik gelişmenin hemen ardından gelen nesil daha iyi koşullarda çalışmış ve çalışma zamanını kısaltmak suretiyle, daha çok serbest zaman elde etmiştir. Son zamanlarda yapılan ve gelişmiş ülkeleri kapsayan bir araştırmaya göre son 130 yılda kişi başına üretkenlik yaklaşık 25 kat artmıştır. Bu üretkenlik artışının yarısı yani 13 kat kadarı fiziki ürün artışı, diğer yarısı da insanların çalışma sürelerinin yaklaşık yarı yarıya düşmesi şeklinde görülmüştür. Fiziki ürün artışı ancak, otomasyon, anında üretim (just-in-time) ve esnek (flexible) üretim ile gerçekleştirilebilmektedir. Bugün yarı yarıya çalışıp 13 kat daha yüksek bir refah seviyesinde yaşamak da sadece sanayi devriminin getirdiği makineleşme, otomasyon ve günden güne artan robot kullanımı sayesinde gerçekleşmiştir [3,6].

Sanayi Robotunun Tanımı

Robotların şimdiye kadar bir çok farklı tanımı yapılmıştır. Webster sözlüğünde robot, "genellikle insanların gerçekleştirdikleri işlevleri yerine getiren otomatik araçlar" olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu tanıma göre mesela bir çamaşır makinesi de robot sayılabilmektedir.

Robotun, Amerikan Robot Enstitüsü tarafından yapılan tanımı ise, "malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç" şeklindedir [6].

Sanayi robotunun en kapsamlı tanımı ve robot tiplerinin sınıflandırılması ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir robot şöyle tanımlanır:

"Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, üç veya daha fazla programlanabilir eksenli olan, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya hareket edebilen manipülatör."

Tanımda kullanılan terimlerin detaylı olarak açıklamaları aşağıdaki gibidir :

Programlanabilir: Programlanmış hareketleri veya yardımcı fonksiyonları fiziksel değişiklik yapmadan değiştirilebilen.

Çok amaçlı: Fiziksel değişikliklerle farklı bir uygulamaya uyarlanabilen.

Fiziksel Değişiklik: Mekanik yapısında ya da kontrol sisteminde yapılan değişiklikler (programlama kasetinin, ROM, vs. değiştirilmesi hariç).

Eksen: Robotun doğrusal veya dairesel moddaki hareketini belirlemekte kullanılan yön.

Robot Sistemleri

Endüstriyel uygulamalarda robotlar, her zaman daha büyük bir sistemin parçası olmak durumundadırlar. Böyle bir sistemde robotun yanında düşünülmesi gereken diğer parametreler, tanımlanması gereken hedefler, sistemin sağlaması gereken şartlar ve gerekli bileşenler belirlenmelidir. Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü'nün (IEEE)'nin tanımına göre sistem [5], "Birbiriyle etkileşim içinde bulunan farklı yapılardan veya alt bileşenlerden meydana gelen ve bir bütünlük oluşturan tümleşik yapıdır". Diğer bir görüş açısına göre ise sistem belli bir amaca hizmet eden, yapısı ve sınırları tanımlanmış bir varlıktır. Birlikte çalışan alt sistemlerin veya parçaların toplamı sistem olarak tanımlanabilir. Sistemler, bazı özel fonksiyonları gerçeklemek için alt sistemlerden oluşabilirler. Robotlu sistemler için bunlar denetim, görüntü algılama, konveyör, vs. gibi alt sistemler olabilir. Alt sistemler, kendi içlerinde bir bütün olmakla birlikte daha büyük bir sistemin parçasıdırlar. Alt sistemler, sistem hiyerarşisi içinde birden fazla sistemin parçası olabilirler.

Robotlu bir sistem planlanırken, birinci adım daima sistemin sağlaması gereken amaçların belirlenmesidir. Sonraki adım, amaçların analizi sonucunda, sistemin istenen hedeflere ulaşması için sağlaması gerekli olan şartların tanımlanmasıdır. Sistem gerekliliklerinin belirlenmesi için incelenmesi gerekli olan konuları ana başlıklar halinde şöyle sıralayabiliriz:

Sistemin kurulacağı çevre şartları: Robotun hangi şartlardaki bir ortamda çalışacağı incelenmelidir. Ortamın sıcak, nemli veya tozlu olup olmadığı, robot kollarının serbest olarak hareket imkanına sahip olup olmadığı, diğer ekipmanlar ve araçlar tarafından sınırlanıp sınırlanmadığı belirlenmelidir.

Hareket alanı: Kol hareketiyle ilgili aralıklar genelde şu şekilde belirlenir, 300 mm.'den küçük; 300-1000 mm. arası, 1000-3000 mm. arası ve 3000 mm.'den büyük. Bütün robotun hareketli (mobil) olmasının gerekli olup olmadığı, sadece kol hareketinin yeterli olup olmayacağı incelenmelidir.

Çalışma hızı: Kol, bilek, gripper ya da robotun diğer parçaları ne kadar hızlı olmalıdır. mm/s cinsinden lineer hareketler ve derece/s cinsinden dönel hareketler dikkate alınmalıdır. Burada hız aralıkları şu şekilde düşünülebilir :

Düşük Hız: 300 mm/s'den veya 60 derece/s'den daha küçük.

Orta Hız: 300-1500 mm/s veya 60-180 derece/s

Yüksek Hız: 1500 mm/s'den veya 360 derece/s'den daha büyük

Gerekli kontrol tipi:

Basit kuvvet kontrolü : Tek eksen boyunca kuvvetin algılanması

Karmaşık kuvvet kontrolü: İki ya da daha fazla eksendeki kuvvetin algılanması.

Yüksek konum hassasiyet: 0.5 mm.

Hassas (kesin) konumlama: 0.05 mm.

Sensörlü kontrol: görüntü, dokunma ya da kuvvet sensörleri kullanarak.

Sensör gereklilikleri: Yaklaşım sensörleri, kontak sensörleri, basit görüntü işleme ve kompleks görüntü işleme aygıtları.

Diğer ekipmanlarla etkileşimler: Bir çok uygulamada robotun parça taşıyan konveyörle senkronize olması, preslerde olduğu gibi bir başka makinanın işini veya başka bir robotla senkronize hareket etmesi gerekebilir.

ROBOTLU KAYNAK SİSTEMLERİ

Tüm ölçekteki üretici kuruluşlar bugünün uluslararası pazarında rekabet edebilir bir çizgi yakalamak için robota dayalı kaynak sistemlerini tercih etmektedirler. Bu tercihte olan üreticiler kaynak kalitesini, verimliliğini ve esnekliğini arttırmak ve müşterilerinin dinamik ihtiyaçlarını karşılamak gerektiğini fark etmektedirler.

Robot kullanılarak yapılan kaynak göz önüne alınırsa, bu sistem, kullanılan kaynak telinin 1.5 katı kadar tekrarlanabilir hassasiyette kaynak kalitesinde parçalar içerir. Parçalar bu aralıkta tekrarlanabilir değil ise dokunma sensörü (Touch Sensor) veya herhangi bir dikiş izleme sistemi (Seam Tracker) veya ark sensörü (Arc Sensor) gerekecektir. Ark sensörü yardımı ile sürekli kaynak çizgisini takip ederken çalışılan parçanın üretiminde meydana gelen hata, ısıl gerilme vs. bağlı olarak meydana gelebilecek sapmaları düzeltmek mümkün olur. Dokunma sensörü yardımı ile kaynak başlama noktası en iyi şekilde bulunabilir.

Robot sistemi seçiminde diğer bir önemli ön adım da doğru kaynak prosesini ve uygulama ekipmanını seçmektir. Kaynak prosesinin seçimi kaynak görünümünü, kaynak genişliğini, ilerleme hızını, üretim kapasitesini ve parça kalitesini etkileyecektir. Elle kaynak yapılan benzer prosesler bazen robot sistemi tarafından yapılamayabilir. Bir robot parçalar arasında ayarlama yapamazken kaynakçı yapabilir. Ve yine bir robot genellikle bir kaynakçıdan iki hatta dört kat hızlı şekilde kaynak yapabilecek ve sabit sonuçlar elde ederek çalışacaktır.

Sonuçta hangi tip parçaların robotlu kaynak sistemiyle kaynak edilmesi gerektiğine karar vermek gerekir. Eğer parça listeniz çok geniş olursa bu sizi çok yüksek maliyetli bir robotlu kaynak sistemine götürür. Bunun için verilen parça ailesi içinden anahtar parçalar üzerinde odaklanmaya çalışılmalıdır. Bu, üreticiyi, robot sisteminin alınmasındaki finansal ayarlama da rahatlatacaktır.

Sistemin baştan oluşturulan maliyeti ve sonradan basit sisteme eklenecek parçalarla oluşacak maliyeti arasında, finansal ömrü göz önünde bulundurularak bir optimum seçim yapmak gerekmektedir. Robot sistemi almaya karar vermek bir çok faktöre bağlı olacaktır. Bunlar;

- Robot tecrübesi
- Eldeki insan gücü
- Eldeki bütçe
- Gerekli sistem performans seviyesi

Doğal olarak daha çok iş yapacak sistemin gereksinimi daha fazla maliyet demektir. Ama bireysel ihtiyaçları karşılamak için riski, insan gücünü, maliyeti ve performansı dengeleyecek yollar da bulunmaktadır.

Robot sistemi almayı üç şekilde kategorize edebiliriz:

- Tek tek istenilen özellikleri belirterek alınan sistemler
- Standart sistemler
- Anahtar teslimi, müşteri sistemleri

Tek Tek İstenilen Özellikleri Belirterek Alınan Sistemler:

Robot sistemi almaktaki en zor nokta ise tüm sistemi seçmekten sorumlu olmaktır. Tek başınıza her bir sistem parçasını belirlemeniz ve uyumluluğu, performansı ve işin ilerleme planı ile tek başınıza ilgilenmeniz gerekir. Bu robot sistemi alımında en ucuz yol olabileceği gibi en pahalı yol da olabilir. Tek tek parçaların üreticileri tüm parçalar bir araya geldiğinde çalışacağını garanti etmek gibi bir yükümlülük altında değildir ve kötü özelliklerin veya dikkatsiz kablolanmanın birçok pahalı ekipmanın dumanlar arasında yok olmasına sebep olabileceğini unutulmamalıdır.

Bu yüzden özellikleri belirtilerek alınan sistemler en yüksek riske sahip ve insan gücüne ihtiyaç duyan sistemlerdir. Ayrıca ilk finansal maliyeti ve seçimle orantılı performansı da en düşük olan sistemlerdir.

Standart Sistemler:

Robota dayalı standart bir sistem çözümü, bir robot üreticisinden robot ve kaynak ekipmanlarının alınmasıdır. Bu da risk, insan gücü ve maliyet konuları arasındaki dengeyi kurmayı sağlar. Paketlenmiş standart bir kaynak robotu sistemi ile tam çözüm ve üreticinin işi için daha az özel ekipman ve programlama elde edilir. Bu da sistem parçalarının birlikte uyum içinde çalışacağını garanti eder. Robot, kaynak güç kaynağı, kaynak torcu, parça pozisyonlayıcısı, güvenlik ekipmanları ve diğer gerekli ekipmanların özellikleri bu konuda deneyimli robot sistemi sunan firmaya bırakılabilir.

Standart robot sistemi satın alımında riskler asgariye iner. Çünkü belirlenmemiş konu sadece standart sistemin ekipmanları ile göstereceği nihai performansdır. Eğer standart sistem sunan firma da ekipmanları üçüncü bir noktadan almasına rağmen tüm sistem performansının sorumluluğunu alarak teklifte bulunabiliyorsa risk daha da düşecek ve anahtar teslimi sistemle karşılaştırılabilir hale gelecektir. İnsan gücü gereksinimi proje işletimi, programlama, sistemin kurulması ve çalıştırılması ile sınırlı kalacaktır. Maliyetler minimum seviyede tutulacaktır, çünkü müşteriye özel mühendislik hizmetine ve robot ekipmanlarında fiyat artışına ve işçilik hizmetine ücret ödenmesine gerek kalmaz.

Anahtar Teslimi, Müşteri Sistemleri:

Anahtar teslimi robot sistemi almanın ana sebebi standard robota dayalı kaynak sistemlerinde olmayan üreticiye özgü kaynak gereksinimlerini karşılayacak bir sistem elde etmektir. Yararları ise sistemin riskini anahtar teslimi olması dolayısıyla robot üreticisine yüklemek ve tek noktadan sorumluluğa bağlı olarak insan gücü gereksinimlerini en aza indirmesidir. En büyük dezavantajı ise maliyettir. Müşteriye özel mühendislik hizmetine, işçilik fiyat artımına, ekipman fiyat artımlarına sistemi üreten tarafından belirlenecek kadar ödeme yapma riskidir. Performans gereksinimi de, beklentilerin karşılanması konusunda garanti edilerek satış kontratına yazılabilir.

Ark Kaynağı Robotları

Ark kaynağı robot sistemleri şu dört ana kısımdan oluşur.

- Manipülâtör
- Kontrol Ünitesi
- Kaynak Ekipmanları
- Pozisyonerler ve Slider'lar

Manipülâtör:

Kaynak işleminin gerçekleşmesi için gerekli hareketleri sağlayan mekanizmadır. Kaynak işlemlerinde en çok kullanılan eklem konfigrasyonları 6-eksenli antropomorfik (veya Vertical Articulated) ve 5-eksenli hibrit (Hybrid Articulated) yapısında olan robotlardır. 6-serbestlik dereceli robotlar çalışma uzayı içinde kalan her türlü yörüngeyi izleyebilmektedir ve genellikle 3- boyutlu parçaların kaynakla imalatında kullanılır. 5-serbestlik dereceli hibrit robotlar ise hızlı ve düzlemsel (yatay) parçaların kaynağında tercih edilir.

Ark kaynağı işleminde genellikle hareket tekrarlama kabiliyetinin +0,1 ve -0,1 mm hata sınırında olması yeterlidir. Bir ark kaynağı robotunun yük taşıma kapasitesinin diğer robotlardaki kadar yüksek olmasına da gerek yoktur. Bu nedenle sanayide kullanılan ark kaynağı robotlarının büyük bir kısmı 4,5 ila 6 kg taşıma kapasiteli robotlardır.

Kontrol ünitesi

Robot kaynak torcunun kaynak prosesi sırasında izlemesi gereken yörünge, öğretim (teaching) programı ile belirlenir. Kullanıcı, robotun izlemesi gereken yörünge üzerinde referans noktalarını (knot points) ve bu noktalardaki kaynak parametrelerini robotun kendi programındaki komutlarla belirler. Kontrol ünitesi de bu değerlere göre robotun izlemesi gereken yörüngeyi ve yapılacak kaynak işlemini öğrenmiş olur. Elde edilen bu verilere ve pozisyon algılayıcılardan gelen geri besleme sinyallerine göre robot mafsal motorlarına uygulanması gereken dönme miktarı, hız ve moment değerleri robot kontrol ünitesi tarafından belirlenir.

Kontrol ünitesinin robotun 6 eksenini kontrol edebilmesi yeterli gibi gözükmemektedir. Bununla beraber eğer sisteme yardımcı ekipman (pozisyoner, slider, 2'nci bir robot) eklenirse kontrol ünitesi ek bir eksen kartıyla bu isteğe karşılık verebilecek yapıda olmalıdır. 15 eksene kadar çıkarılabilen eksen kontrolü sağlayarak, bu isteği fazlasıyla karşılayabilecek kontrol sistemleri vardır.

Kaynak Ekipmanları

Robotlarda ağırlıklı olarak CO₂, MIG, MAG ve TIG ark kaynağı yöntemleri kullanılmaktadır. Bunların içinde de en çok uygulama alanı bulan yöntem MAG kaynağıdır.

CO₂, MIG ve MAG ark kaynağı yöntemleri eriyen elektrodla kaynak, TIG kaynağı ise erimeyen elektrodla koruyucu gaz altında ark kaynağı metodudur. Koruyucu gaz, CO₂ ark kaynağında karbondioksit, MIG kaynağında saf Argon, MAG kaynağında Argon-CO₂ karışımı, TIG kaynağında saf Argon gazıdır.

Konvansiyonel tristörlü güç ünitelerine göre daha hızlı ark kontrolü ile çıkış akımı ve gerilimini daha hassas ayarlayabilen inverter kontrollü üniteler de mevcuttur. Bu üniteler ile

ark başlama ve bitiş kabiliyeti iyileşir, kısa devre ark transferi rahatlıkla sağlanabilir. Herhangi bir frekans ve dalga formundaki darbeleri akım kontrolü ile dikiş yüzeyinin kontrolü ve metal transferinin dengeli yayılması sağlanabilmektedir.

Pozisyoner ve Slider'lar

Robot kontrol ünitesi tarafından robotla senkronize olarak kontrol edilebilirler. Pozisyoner, dönel hareketleriyle kaynak edilecek parçaları tutarak istenen duruşa getirir. Pozisyonerler 1 ve 2 eksenli olabilmektedir. Slider ise, üzerine monte edilen robotun çalışma uzayını arttırır. Robotun aksenal hareketlerle ulaşamayacağı veya ulaşırken zorlanacağı hareketlere ilave eksen imkanı sağlarken bir yandan da standart ve seri üretim için yardımcı olmaktadır.

ROBOT SEÇİMİ

Robot sisteminde dikkate alınması gereken önemli faktörleri şöyle sıralayabiliriz.

- Çalışma Hacmi
- Tekrarlanabilirlik
- Hız ve Yük Taşıma Kabiliyeti
- Kontrol Ünitesi
- Yazılım
- Diğer Özellikler

Çalışma Hacmi

Robotun ulaşabileceği ve her türlü duruş ve konumu sağlayabileceği uzaysal hacimdir. Robotun mümkün olduğunca büyük bir çalışma alanına sahip olması istenir. Ancak müşterinin yapılacak işleme göre en uygun robotu seçmesi gerekir. Çünkü bir robotun çalışma alanının büyümesi, robot uzuv boyutlarının artması dolayısıyla ataleti, gerekli motor gücü, enerji tüketim miktarı ve robot fiyatının artmasıyla sonuçlanır. Gerekli çalışma alanı kimi zaman konumlandırıcılarla da arttırılabilir. Bu nedenle önemli olan robot kollarının uzun olması değil işlevselliğidir.

Tekrarlanabilirlik

Robotun öğretilen bir noktaya göre tekrarlanan hareketlerinin sonucunda, robot uç noktası ile öğretilen nokta arasında oluşabilecek maksimum hata miktarıdır. Genel amaçlı robotlarda tekrarlanabilirlik değerinin 0,1mm ila 0,2mm olması yeterli olabilmektedir. Özel olarak ark kaynağı uygulaması düşünülürse tekrarlanabilirlik değerinin kaynakta kullanılacak tel çapının yarısından küçük olması istenir.

Yük taşıma kabiliyeti ve hız

Maksimum yük taşıma kapasitesi, robotun minimum hızında tekrarlanabilirlik değerini koruyarak taşıyabileceği maksimum yük değeridir. Nominal yük taşıma kapasitesi de robotun maksimum hızda tekrarlanabilirlik değerini koruyarak taşıyabileceği maksimum yük miktarıdır. Bu yük taşıma kapasitesi değerleri taşınan malzemenin boyutu ve şekline bağlıdır.

Kontrol Ünitesi

Kullanıcı açısından kontrol ünitesinin önemi kullanım esnekliğine dayanır. Varolan bir robot sistemine yeni bir konumlandırıcı eklemek ve yeni yapılanmalara gidilmek istendiğinde kontrol ünitesi birkaç ilave eksen kartı takılmasıyla bu ihtiyacınıza cevap verebilecek yapıda olmalıdır.

Yazılım

Programların oluşturulması aşamasında, program yapan kişi robot eksenlerini teker teker hareket ettirerek robotu istenen konum ve duruşa getirir. Programlama aşamasının basitleşmesi büyük ölçüde robot kontrol ünitesinin yazılımına bağlıdır. Yazılımda eksen hareket sisteminin yanında, kartezyen koordinat sistemi, takım koordinat sistemi gibi çok seçenekli koordinat sistemleri bulunması, programlamayı zevkli ve kolay bir uğraş haline dönüştürür. Bunun yanında kullanıcının kendi koordinat sistemini oluşturabilmesi gibi ekstra özellikler önemlidir.

Yazılımda uygulamaya has komutlar da bulunmalıdır. Örneğin ark kaynağı uygulamasında (weave) salınım komutu çok yararlı bir komuttur.

Yine yazılımda (jump) atlama, (shift) öteleme gibi komutlarla program satır sayısı ve program sayısı azaltılabilir. Dosyalama yapısı sadece hareket komutlarını içermemelidir. Kaynak parametreleri, salınım parametreleri gibi dosyalama yapıları program yazımı ve modifikasyonu aşamalarında çok faydalı olabilmektedir.

Günümüzde kullanılmakta olan robotların hemen hepsi on-line programlanmaktadır. Tekrarlanabilirlik, on-line programlamada büyük önem taşır. Robotlu sistemlerin geleceğinde önem taşıyacak bir başka konu ise mutlak hatadır. Mutlak hata, geleceğin teknolojisinde kullanılacak CAD-CAM kontrollü off-line programlamada önemli bir yer tutacaktır.

Diğer Özellikler

Hafif robot sistemi robotun çok çeşitli montajına imkan vermektedir. Özellikle tavana ve duvara montajda yatay çalışma alanının artması sağlanarak robotun en uygun pozisyonda çalıştırılabilme özelliği robota büyük bir avantaj sağlamaktadır.

SONUÇ

Tüm ölçekteki üretici kuruluşlar bugün uluslararası pazarında rekabet edebilir bir çizgi yakalamak için robota dayalı kaynak sistemlerini tercih etmektedirler. Bu yeni teknolojinin seçimi, uygulanacak imalat yöntemleri bakımından oldukça karmaşıktır. Genel amaçlı robot cinslerinden farklı olarak ark kaynak robotları, değişik otomasyon alanlarının ve yöntemlerinin kendilerine ait özelliklerin belirtilmesiyle satışa sunulur. Robot sistemi seçiminde diğer bir önemli ön adım da doğru kaynak prosesini ve uygulama ekipmanını seçmektir. Üretici kuruluş kaynak prosesinin seçimi aşamasında, kaynak görünümünü, kaynak genişliğini, ilerleme hızını, üretim kapasitesini ve parça kalitesini gözönünde bulundurması gereklidir.

KAYNAKÇA

1. J.Craig, Introduction to Robotics, Mechanics and Control, Addison Wesley, 1989

2. K.Asai, S.Takashima, *Manufacturing, Automation Systems and CIM Factories*, Chapman&Hall, 1994
3. C.Ray.Asfahl, *Robots and Manufacturing Automation*, John Wiley & Sons, 1992
4. Richard D. Klafter, Thomas A. Chmielewski, Michael Negin, *Robotic Engineering, An Integrated Approach*, Prentice Hall, 1989
5. The International Federation of Robotics, *World Industrial Robots 1997*, United Nations Publication, 1997
6. C.Ray.Asfahl, *Robots and Manufacturing Automation*, University of Arkansas, Fayetteville 1985