

ROBOTLU HÜCRELERDE YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ KULLANILARAK ROBOT ÇEVİRİM ZAMANININ VE VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

Ardan KAYAALTI a, Davut AKAR b, ve Özgür ÇELİK c *

a, Totomak A.Ş. Genel Müdür

Tel: 0-232-3767150 akayaalti@totomak.com.tr İzmir/TÜRKİYE

b, Totomak A.Ş. AR-GE Proje Lideri

Tel: 0-232-3767150 [dakakar@totomak.com.tr](mailto:dakar@totomak.com.tr) İzmir/TÜRKİYE

c *, Celal Bayar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü

Tel: 0-232-3767150 ocelik@totomak.com.tr İzmir/TÜRKİYE

Özet

Günümüzde hemen her sektörde olduğu gibi talaşlı imalat sektöründe de robotlu sistemler ile çalışmalar hız kazanmıştır. Gerek operatör maliyetlerinin yüksek olması gerekse insana bağlı olarak gerçekleştirilecek hataları ortadan kaldırmak amacıyla büyük endüstriyel işletmeler robotlu çalışmalara yönelmektedir. Ancak robotların talaşlı imalat sektöründe CNC tezgâhlarına adaptasyonu ve ilk yatırım maliyetleri hayli yüksek olduğundan, devreye alınan robotlardan maksimum verimlilikte faydalanmak önemlidir. Bu çalışmada robotlu bir hücrede bilinen robot çevrimini hızlandırmak için yalın altı sigma yöntemi ile robot çevrim zamanında uygulamada %13 verim artışı sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Robot, Verimlilik, Yalın Üretim.

1. Giriş

Literatür araştırmaları ve ticari olarak piyasada bulunan imalat sistemlerinin incelenmesi sonucunda hem yükleme-boşaltma sistemlerinin ve hem de değişik sıralama yöntemlerinin var olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, piyasada satılan sistemlerde, rekabet etme şartlarından dolayı hangi kriterler ve yöntemlerle karar verme mekanizmalarının kullanıldığı bilgilerine ulaşmak hemen hemen mümkün değildir. Yurdumuzda 1990'dan itibaren kullanılmaya başlanan CNC üretim tezgahları ve 1994'ten itibaren kullanılmaya başlanan esnek imalat hücreleri gün geçtikçe artmaktadır. Piyasa koşulları dünyadaki gibi yurdumuzda da bu tür üretim teknolojilerinin çoğalmasını ve imalat hatlarının esnekliğini giderek artırmayı zorunlu hale getirmektedir [1,2,3].

Robot ile çalışan hücrelerde verimliliği arttırmak için robot çevrim zamanını ,çalışan tezgahın cycle time zamanına düşürmek gerekiyor. Bunu da yapabilmek için robotun tezgah içinde parça değiştirme zamanlarını ve boştaki transfer zamanlarının yalın üretim tekniklerini ve yardımcı kaynaklar kullanarak düşürülmesi gereklidir.

Üç makinadan oluşan robotlu bir imalat hücresinde parçaların hiç bekletilmediği bir sıralama problemi üzerinde Agnetis A. ve Pacciarelli D. bir çalışma yapmışlar [4] ve bazı çözümler ürettiklerini bildirmişlerdir. Yine benzeri bir çalışma Soukhal A. ve Martineau P. [5] tarafından yapılmış; burada da tezgahlar arasında bekleme alanlarının olmadığı varsayılmıştır. Bir diğer çalışmada ise [6], tezgah aralarında bekleme alanı yerine robot elinin çift çeneli olması önerisi sunulmuş ve önce iki makina için hiyolistik bir çözüm üretilmiş ve ardından bu çözüm dört makina için genişletilmiştir.

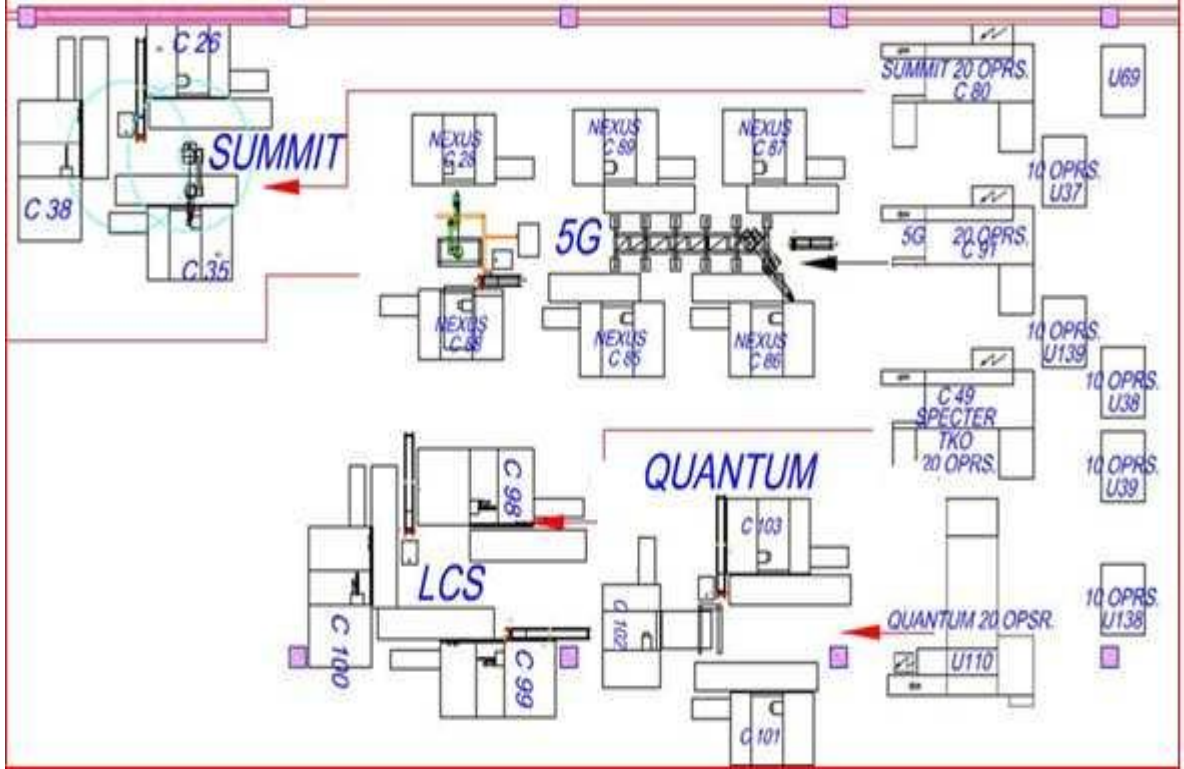
2. Metot

Bu çalışmada hali hazırda kurulu olan robotlu hücre seçilerek, hücrede iş – zaman etüdü yapılmış ve robotun tüm hareketleri kaydedilmiştir. Bu işlem sonrası robotun fazladan yaptığı hareketler, aldığı yol, zamanlar ve tezgah içerisindeki kayıp hareketler bulunduktan sonra yalın üretim teknikleri kullanarak hızlandırılmıştır.

3. Uygulama

Fabrika içinde en yüksek iş hacimli ve en büyük robot hattı seçilmiştir (Şekil 1). Burada hat 4 CNC Torna, 1 robot 1 kızak, 1 adet ham malzeme giriş konveyörü ve 1 adet bitmiş malzeme konveyöründen oluşmaktadır. Sistemin çevrim süresi 1 dakika 40 saniyedir. 100 saniyede 4 adet parça üretmektedir.

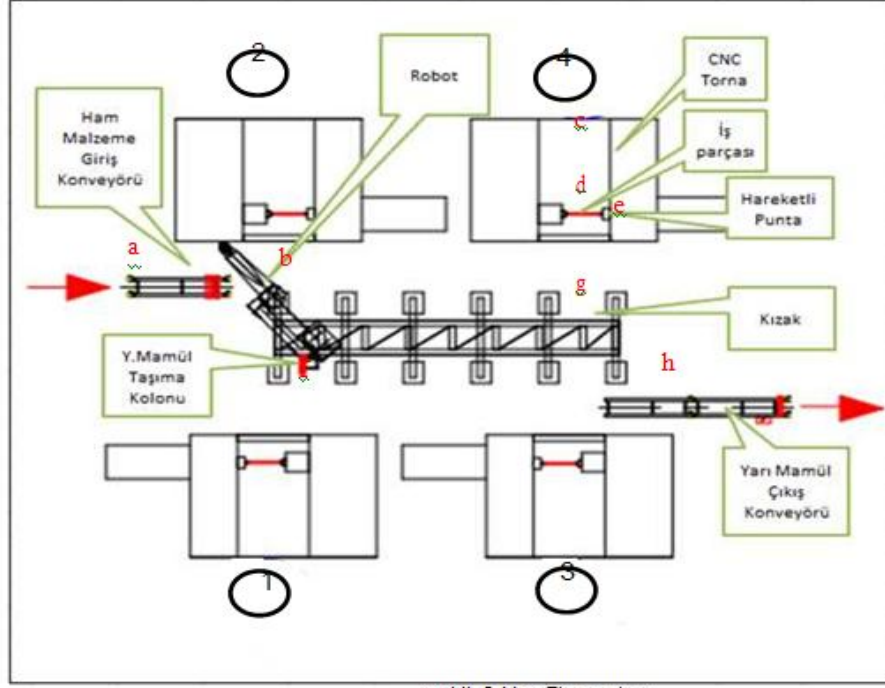
Şekil 1. deki yerleşim planında bu robotlu hücrelerde yer alan torna tezgahlarının kodları (C26, C98 vb.) , tezgahların markaları (Nexus vb.) ve Summit, Quantum, LCS ve 5G isimler verilen, İklimlendirme cihazları için özel üretilen millerin adları, bunların işlem sıralarını gösteren operasyon numaraları (10. OPRS, 20. OPRS gibi) belirtilmektedir.



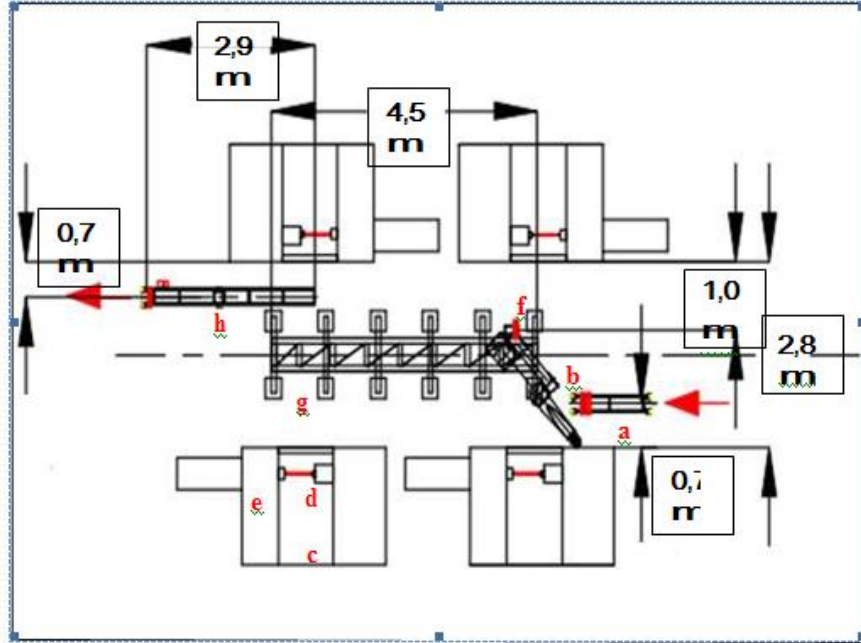
Şekil 1 : Totomak A.Ş. Robotlu hücre yerleşim planı

3.1. Hat elemanları

- a- Ham Malzeme Giriş Konveyörü
- b- Robot
- c- CNC Torna
- d- İş Parçası
- e- Hareketli Punta
- f- Yarı Mamül Taşıma Kolonu
- g- Kızak
- h- Yarı Mamul Çıkış Konveyörü



Şekil 2. Hat Elemanları.



Şekil 3. Yerleşim düzeni



Şekil 4. Robot hattının iyileştirme öncesi görünümü.



Şekil 5. Robot hattının iyileştirme öncesi görünümü.

3.2. Ölçüm

Sistem çalıştırılarak tüm hattın ayrıntılı olarak fotoğrafı çekilmiştir. Tüm adımlar ayrıntılı olarak yazılmış ve alınan yollar ve zamanlar yazılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kronometraj yöntemi ile zaman etüdü sonuçları.

Adımlar	Yol(m)	Zaman(s)
Robotun ham malzeme konveyöründen parça alması	0,7	0
Robotun CNC 1 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	2,1	3,1
Robotun CNC 1 de parça söküp bağlaması	0	15,5

Robotun CNC 2 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	2,8	3,8
Robotun CNC 2 de parça söküp bağlaması	0	15,5
Robotun bitmiş parçayı taşıma kolonuna koyması	1,8	2,8
Robotun ham malzeme konveyöründen parça alması	1,1	2,2
Robotun pozisyona gelmesi	0,7	1,7
Robotun kızak üzerinde ilerlemesi	4,5	5
Robotun CNC 3 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	1,4	2,4
Robotun CNC 3 de parça söküp bağlaması	0	15,5
Robotun CNC 4 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	2,8	3,8
Robotun CNC 4 de parça söküp bağlaması	0	15,5
Robotun bitmiş parçayı çıkış konveyörüne koyması	2,1	3,1
Robotun taşıma kolundaki parçayı çıkış konveyörüne koyması	0,4	1,4
Robotun pozisyona gelmesi	0,7	1,7
Robotun kızak üzerinde ilerlemesi	4,5	5
Robotun ham malzeme konveyöründen parça alması	0,7	1,7
TOPLAM	25,6	99,7

3.3. Analiz

Çizelge 1 e göre en büyük kayıp zamanlar;

- Robotun CNC 1'de parça sökme ve bağlaması
- Robotun CNC 2'de parça sökme ve bağlaması
- Robotun CNC 3'de parça sökme ve bağlaması
- Robotun CNC 4'de parça sökme ve bağlaması

Robotun parça sökme ve bağlama hareketleri incelendiğinde, en büyük zaman kaybı olarak hareketli puntanın ileri çıkma ve geri gelme hareketini 9 sn civarında tamamlandığı gözükmektedir. Hareketli punta, tezgahıta operatör parçayı elle takıp skyormuş dşnencesiyle hareket ettiriliyor. Bu noktada puntanın hızını arttırılabilmek için bazı şartlar gerekiyor. CNC tezgahının kapısı kapalı olmalı, ayna duruyor olmalı ve tezgah otomatik cycle durumunda olmalıdır. Burada CNC Tezgahına operatör ile çalışmadığını ve robot ile çalıştığını gösteren bir arayüz konulmalı. Bu arayüz ile puntanın ileri geri hareket zamanı yaklaşık %50 kısılacaktır.

İş akışında robotun aldığı yol miktarı yüksek olduğu gözüküyor. Fazladan yapmış olduğu hareketler var. İş akış sıralaması en kısa yolu alacak şekilde optimize edilmesi gerekmektedir (şekil 6).

3.3. Analiz

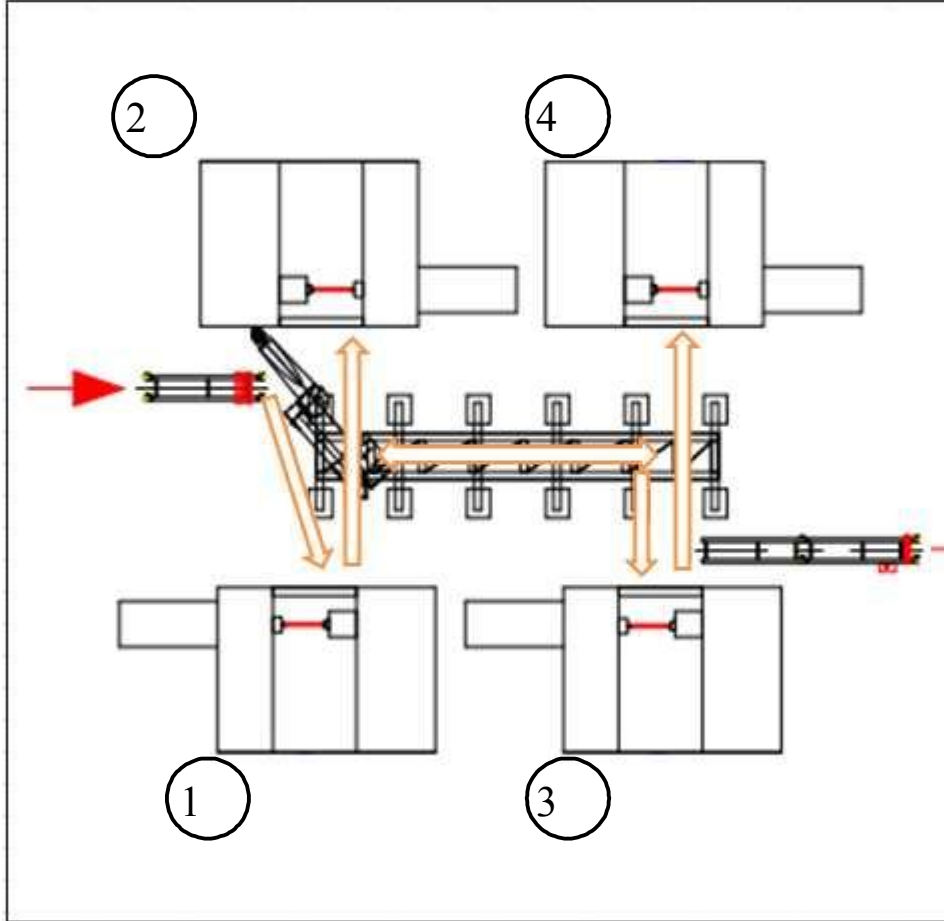
Çizelge 1 e göre en büyük kayıp zamanlar;

- Robotun CNC 1'de parça sökme ve bağlaması
- Robotun CNC 2'de parça sökme ve bağlaması
- Robotun CNC 3'de parça sökme ve bağlaması
- Robotun CNC 4'de parça sökme ve bağlaması

Robotun parça sökme ve bağlama hareketleri incelendiğinde, en büyük zaman kaybı olarak hareketli puntanın ileri çıkma ve geri gelme hareketini 9 sn civarında tamamlandığı gözükmektedir. Hareketli punta, tezgahıta operatör parçayı elle takıp skyormuş dşnencesiyle hareket ettiriliyor. Bu noktada puntanın hızını arttırılabilmek için bazı şartlar gerekiyor. CNC tezgahının kapısı kapalı olmalı, ayna duruyor olmalı ve tezgah otomatik cycle durumunda olmalıdır. Burada CNC Tezgahına operatör ile

çalışmadığını ve robot ile çalıştığını gösteren bir arayüz konulmalı. Bu arayüz ile puntanın ileri geri hareket zamanı yaklaşık %50 kısılacaktır.

İş akışında robotun aldığı yol miktarı yüksek olduğu gözüküyor. Fazladan yapmış olduğu hareketler var. İş akış sıralaması en kısa yolu alacak şekilde optimize edilmesi gerekmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Robot iş akışı iyileştirme öncesi görünümü.

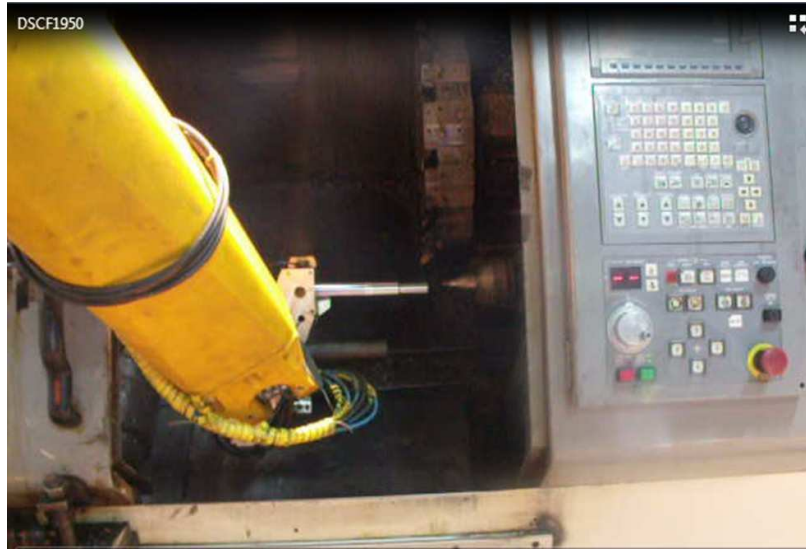
3.3. İyileştirme

Robotlu hücrelerde çalışan MAZAK marka torna tezgahları halihazırda zaten arayüz yazılım ve donanımına (Interface) sahiptir. Arayüz bir ana sistemin kendi çevre birimleri ile olan haberleşme şeklidir, yazılımdır.

Üretim hattındaki robotlar torna tezgahlarıyla birlikte organize çalışarak operatör olmadığı kavramına göre tezgah kapaklarının açılıp kapanmasıyla iş parçalarının yüklenip boşaltmasını destekleyen bir PLC yazılım değil ancak bir nevi haberleşme yazılımıdır. Arayüz sonrası punta ileri geri hareket zamanı 4 sn kısalmıştır.

Çizelge 2. Arayüz sonrası zaman etüdü sonuçları.

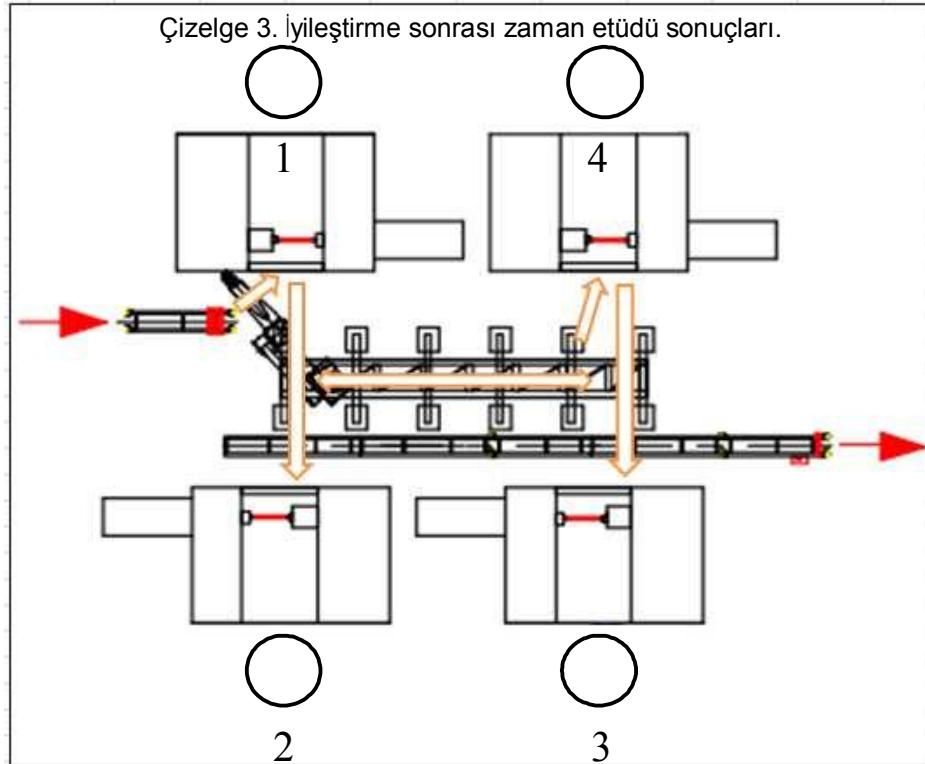
Adımlar	Yol(m)	Zaman(s)
Robotun ham malzeme konveyöründen parça alması	0,7	0
Robotun CNC 1 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	2,1	3,1
Robotun CNC 1 de parça söküp bağlaması	0	12
Robotun CNC 2 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	2,8	3,8
Robotun CNC 2 de parça söküp bağlaması	0	12
Robotun bitmiş parçayı taşıma kolonuna koyması	1,8	2,8
Robotun ham malzeme konveyöründen parça alması	1,1	2,2
Robotun pozisyona gelmesi	0,7	1,7
Robotun kızak üzerinde ilerlemesi	4,5	5
Robotun CNC 3 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	1,4	2,4
Robotun CNC 3 de parça söküp bağlaması	0	12
Robotun CNC 4 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	2,8	3,8
Robotun CNC 4 de parça söküp bağlaması	0	12
Robotun bitmiş parçayı çıkış konveyörüne koyması	2,1	3,1
Robotun taşıma kolundaki parçayı çıkış konveyörüne koyması	0,4	1,4
Robotun pozisyona gelmesi	0,7	1,7
Robotun kızak üzerinde ilerlemesi	4,5	5
Robotun ham malzeme konveyöründen parça alması	0,7	1,7
TOPLAM	25,6	85,7



şekil 7.Robotun parçayı söküp takması

Robotun iş akışında fazladan yaptığı hareketler belirlenerek, robotun tezgahdaki parça sökme bağlama sıralaması değiştirildi (Şekil 8). Robot üzerine montajlı olan yarı mamul taşıma kolunu çıkarılarak yarı mamul çıkış konveyörü uzatıldı. Robot yarı mamul parçalarını taşıma koluna koymak yerine direkt yarı mamul çıkış konveyörüne bırakmaktadır (Çizelge 3).

Adımlar	Yol(m)	Zaman(s)
Robotun ham malzeme konveyöründen parça alması	0,7	0
Robotun CNC 1 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	0,7	1,7
Robotun CNC 1 de parça söküp bağlaması	0	12
Robotun CNC 2 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	2,8	3,8
Robotun CNC 2 de parça söküp bağlaması	0	12
Robotun bitmiş parçayı çıkış konveyörüne koyması	0,7	1,7
Robotun ham malzeme konveyöründen parça alması	1,4	2,4
Robotun pozisyona gelmesi	0,7	1,7
Robotun kızak üzerinde ilerlemesi,	4,5	5
Robotun CNC 3 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	1,4	2,4
Robotun CNC 3 de parça söküp bağlaması	0	12
Robotun CNC 4 de değiştirme pozisyonuna gelmesi	2,8	3,8
Robotun CNC 4 de parça söküp bağlaması	0	12
Robotun bitmiş parçayı çıkış konveyörüne koyması	0,7	1,7
Robotun pozisyona gelmesi	0,7	1,7
Robotun kızak üzerinde ilerlemesi	4,5	5
Robotun ham malzeme konveyöründen parça alması	0,7	1,7
TOPLAM	21,6	80,6



Şekil 8. Robot iş akışı iyileştirme sonrası görünümü.



Şekil 9. Robot hattı iyileştirme sonrası görünümü.

4. Sonuç

Yapılan iyileştirme çalışmalarının sonucunda robot çevrim zamanı 100 saniyeden 81 saniyeye düşürülmüştür. Yaklaşık çevrim zamanında % 19 iyileştirme sağlanmıştır. İyileştirmenin üretim performansına yansımaları adetsel olarak yaklaşık % 13 olarak olmuştur.

Yapılan tüm çalışmalar fabrikada diğer robotlu hatlara da uygulanarak, benzer üretim hücrelerinde % 5' e yakın verim artışı sağlanmıştır.

Kaynaklar

- [1] Su, C.T. & Fu, H.P., "A Simulated Annealing Heuristic for Robotics Assembly Using The Dynamic Pick-And-Place Model", Production Planning & Control, Vol.9, No.8, 795-802, 1998.
- [2] Son, C., "An Optimal Planning Technique for Intelligent Robot's Part Assembly in Partially Unstructured Environments", Robotica, Vol.16, 47-57, 1998, UK.
- [3] Usta, Y., Ercan, Y., "İmalat Hücresinde Kullanılan Bir Robotun İşlemlerinin Sıralanması", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 2, 373-386, 2006
- [4] Agnetis, A., & Pacciarelli, D., "Part Sequencing in Three-Machine No-Wait Robotic Cells," Operations Research Letters, Vol.27, No.4, 185-192, 2000.
- [5] Soukhal, A., & Martineau, P., "Resolution of a Scheduling Problem in a Flowshop Robotic Cell", European Journal of Operational Research, Vol.161, No.1, 62-72, 2005.
- [6] Sriskandarajah, C., Drobuichevitch, I., Sethi, S.P., & Chandrasekaran, R., "Scheduling Multiple Parts in a Robotic Cell Served by a Dual- Gripper Robot", Operations Research, Vol.52, No.1, 65-82, 2004