

BİR CAM KALIBI ÜRETİM SİSTEMİNDE GT HÜCRELERİNİN TASARIMI VE UYGULANMASI

(1)

M. Bülent Durmuşoğlu¹
Affan Nomak²
İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü¹
Migros Türk A.Ş.²

ÖZET

Hücresele üretim, giderek yoğunlaşan bir tempoda ilgi gören bir üretim ve yönetim felsefesi olmaya devam etmektedir. Bu makalede, bir cam kalıbı üretim sisteminde, grup teknolojisi hücrelerinin tasarımı ve uygulamaya alınması projesi konu edilmekte, projenin tüm aşamaları, karşılaşılan zorluklar, bu zorlukları aşmak için geliştirilen stratejiler ile gerçek ortamda uygulanması sonucu sağlanan performans gelişmeleri anlatılmaktadır.

Cellular production is maintained to be a popular manufacturing and management philosophy which is increasingly interested and intensified. In this paper, group technology cells design and implementation project in a real life glass die production system is described. All the stages of the project, the difficulties encountered, the strategies developed that overcome these difficulties and the performance improvements after the implementation of cellular production are explained in detail.

GİRİŞ

Kütle üretimi alışkanlığına göre büyümüş, merkezi yönetime sahip geleneksel üretim sistemleri, değişken pazar yapısı karşısında pek çok sorunla karşı karşıya kalmaktadır. Merkezi yönetimin ana elemanı olan fonksiyonel yapılanma ile müşteriye odaklılığı, yüksek kaliteyi, kısa temin sürelerini, esnek üretimi ve düşük maliyeti elde etmek mümkün olamamaktadır.

İşte bu anlamda çözüm için çoğunlukla ilk radikal adım, fonksiyonel yapılanmaya sahip üretim sistemlerinin, grup teknolojisi (GT) esaslı hücresele sistemlere dönüştürülmesidir. İmalat sistemlerinde ise parça aileleri ve makina hücrelerinin oluşturulması, hücresele üretim sistemlerinin en temel sürecini oluşturmaktadır.

Literatürde hücre oluşturmak amacıyla

geliştirilmiş birçok kümelendirme yöntemi yer almaktadır. Burbidge [1963], makina hücrelerini oluşturmak için parça rota bilgilerini kullanan "Üretim Akış Analizi" yöntemini geliştirmiştir. Benzerlik katsayıları yöntemi, [McAuley 1972, Seifoddini ve Wolfe 1986], aynı grupta yer alan makineler arasındaki trafiği en büyükleyen bir yapıdadır. Hücre oluşturma sırasında, fonksiyonel düzenleme ile karşılaştırıldığında, hücrenin iş akışı yönünden bağımsız olabilmesi için, aynı makinadan birden fazla kullanılması söz konusu olabilmektedir. Bu anlamda, tekrarlanan makina sayısını en küçüklemeye yönelik güçlü yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Al-Qattan [1990] tarafından geliştirilen "Dal-Sınır Tekniği" de bu amaca hizmet etmektedir.

Endüstriyel sistemlerde sıkça görülen bir özellik, herhangi bir işlemin farklı makinelerde da gerçekleştirilebilmesidir. Bu da alternatif rota [Gupta

M. Bülent Durmuşoğlu, Affan Nomak

1993, Adil Üe diğerleri 1996 ve Ho ile Moodie 1996] veya birden çok rotada işleme [Nagi ile diğerleri 1990] konusunu gündeme getirmektedir.

Ayrıca son yıllarda yapay zekanın ve özellikle de yapay sinir ağlarının kümelendirme konusunda kullanılmasıyla birlikte bu alandaki gelişmeler gözle görülür bir hız kazanmıştır. Sinir ağları modelleri insan beyninin doğasına yönelik araştırmalardan çıkan kavramlara dayanan, öğrenme ve optimizasyon gibi benzer görevleri yerine getirebilen bilgi işleme sistemi yapısındaki algoritmalarla yapay sinir ağları karar vermeye yarayan kapalı birer kara kutu olarak düşünülebilirler, ağa veri dış çevreden girilir, girilen veri sistemde işlenir ve çıkar. Yapay sinir ağları bazı geliştirilen en etkin yaklaşımlardan biri Carpenter ve diğerlerinin [1991] sinir ağı modelidir. Kaparathi ve diğerleri [1993] 'de, GT hücresi oluşturma amaçlı bu sinir ağı modelini kullanmışlardır. Bu model, diğer birçok yaklaşım gibi 0-1 parça-makina ilişki matrisini kullanır. Model veriler birer satır vektörü olarak girilir. Model girdi desenlerini işleyerek benzer özelliklerine göre bir kümelendirmeye gider. Ancak model, hücre

oluştururken, kapasite, alternatif rota ya da işlem sırası gibi belki de sistemin yapısını tümünden etkileyecek çok önemli ölçütleri göz önünde bulundurmamaktadır.

liao [1994], yukarıda açıklanan ölçütleri baz alan birçok evreli yaklaşım geliştirmiştir. Yaklaşımın ilk evresi, işlem maliyetlerini en küçükleyen en iyi parça rotasını kapasiteyi de göz önünde bulundurarak seçen bir 0-1 tamsayılı programlama modelidir. Tamsayılı programlama modelinden elde edilen en iyi (işlem maliyetleri açısından) parça rotası yaklaşımın ikinci evresinde; 0-1 parça-makina matrisi olarak yapılandırılır ve sinir ağı modeline [Kaparathi ve diğerleri 1993] girilerek hücreler arası iş akış trafiğini azaltan uygun hücre yapılarına ulaşılmaya çalışılır.

Bu çalışmada, Türkiye 'nin önde gelen bir kuruluşuna ait olan Cam Kalıbı Üretim Sisteminde hücresel üretime yönelik gerçekleştirilen bir uygulama projesi anlatılmıştır. Fabrika, cam kalıp üretiminin büyük bölümünü Şişecam bünyesindeki fabrikalara satarken, bir bölümünü de ihraç etmektedir. Üretim sisteminde, 50'si NC veya CNC

Tablo 1. Üretilen Kalıplar

Kalıp Tipi	Kalıp Parçaları	Hangi Cam Ürünü için Kullanıldığı
IS	Ebişör, Finişör, Müldefon, Tanpon, Huni, Müldebak, Ring, Kovan, Mandren, Süflaj Başlığı, Mastör, Mastör Soğutucu, Alıcı Maşa	Şişe ve Kavanoz
H28	Monoblok Ebişör, Gövde, Gömlek, Finişör, * Müldefon, Müldefon Tutucu, Müldebak, Ring,	Çay Bardağı ve İnce Cidarlı Su Bardakları
Otopres	Mastör, Mastör Tutucu Monoblok Gövde, Gövde, Müldefon, Müldefon Tutucu, Müldefon Kapağı, Müldefon Kovanı, Ring, Ring Tutucu, Mastör, Mastör Tutucu, Mastör Burcu	Züccaciye ve Kalın Cidarlı Basit Su Bardakları
Borcam	Gövde, Ring, Mastör, Mastör Tutucu, Mastör Soğutucu, Gövde Ayak, Kontrol Mastarı, Tamir Mastarı, LH-16 Gövde, LH-16 Müldefon, LH-16 Müldefon Tutucu	Ateşe Dayanıklı, Isıl Mukavemeti Yüksek Olan Ürünler
H24	Gövde Ayak	Kadeh (Yapıştırma Ayaklı)

Bir Cam Kalıbı Üretim Sisteminde GT Hücrelerinin Tasarımı ve Uygulanması

tezgah olmak üzere, 100'ün üzerinde bir tezgah parkı bulunmaktadır. Kalıp parçaları teknik açıdan üretilebilirliği zor, yüksek teknoloji ve deneyim gerektiren parçalardır. Kalıp ile kalıbı oluşturan parça isimleri ve kalıbın hangi cam ürünü için kullanıldıktan, Tablo 1'de gösterilmiştir.

Üretim sisteminin başlangıçtaki tezgah yerleşim düzeni, atölye alanının kronolojik bir gelişmeye göre büyümesiyle gelişen, ağırlıklı olarak fonksiyonel esasta, karmaşık bir yapıya sahipti. Bu yapı başta karmaşık iş akışı olmak üzere, uzun hazırlık sürelerine, yüksek ara stoklara, uzun imalat temin sürelerine, kalite sorunlarına ve geciken teslimatlara neden olmaktadır. Bu durum fabrika üst yönetimini uzun yıllara varan, söz konusu sorunlara köklü çözümler getirecek hücresel üretim gibi yeni arayışlara yöneltmişti.

Cam Kalıbı üretim sisteminde yer alan takım tezgahları dikkate alındığında da, bir işlem değişik tezgahlarda gerçekleştirilebilmektedir. Bu yüzden hücresel üretime geçiş projesinde, alternatif veya çok rotalı kümelenendirme yöntemleri, bir karar desteği vermek üzere bir araç olarak kullanılması düşünülmüştür.

Sonuç olarak çalışmada, cam kalıbı hücrelerinin tasarımında kullanılan yöntemler, elde edilen sonuçlar, uygulamada ortaya çıkan sorunlar, strateji oluşturma, uygulamaya alma, hücresel üretim öncesi ve sonrası sistem performans ölçülerindeki beklentiler ile gerçekleşenler açıklanmaktadır. Bundan sonra fabrikanın zaman içerisinde taşınma süreci paralelinde yaşadığı değişimler, hücresel üretim sisteminin yeni yapısı ve dinamikleri ile yönetsel kararlar ve sonuçları, ikinci bir makalede ele alınarak tartışılacaktır.

ÜRETİM SİSTEMİNE UYGULANAN KÜMELENDİRME YÖNTEMLERİ VE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Daha önce sözü edilen Liao [1994] ile Nagi ve diğerlerinin [1990] geliştirdiği kümelenendirme yöntemleri, çok rota ve kapasiteyi dikkate alındıktan, cam kalıbı hücre tasarımı projesinde kullanılmak üzere tercih edilmiştir. Ayrıca projenin başlanıldığı yıl olan 1995'de, bu yöntemlerin proje ekibinin önceden incelediği, algoritmalarını çözdüğü ve program kodlarını yazdığı çalışmalar arasında yer almaları da tercih edilmelerinde önemli bir rol oynamıştır. Çünkü bilindiği gibi bu tip projelerde,

kapsamlı bir şekilde yöntemlerin analizine ve yazılım geliştirme gibi faaliyetlere yeteri kadar zaman ve kaynak sağlamak her zaman mümkün olamamaktadır. Bunun yanında hücresel üretim projelerinde, mutlaka firma çalışanlarının katılımını sağlamak gerekmektedir. Bu doğrultuda, teoride en mükemmel kümelenendirme yaklaşımını araştırmak yerine, üretim sisteminin doğasına uygun bir kümelenendirme yaklaşımının seçilip, toplanan verilerle uygulanması ve sonuçların aynen kullanılmayacağını bile bile tartışılmaya açılması gerekmektedir. Bunun dışında projenin başında hemen katılım esaslı bir stratejinin tercih edilmesinin, Türkiye'de gerçekleştirdiğimiz bu tip projelerdeki deneyimlerimize dayanarak başarısızlıkla sonuçlanacağını düşünmekteyiz. Bu çeşit yaklaşımlarda; tartışmaların uzaması, yanlış anlaşılmalara, yanlış ya da eksik uygulamalar veya hiçbir şey yapmama gibi durumlarla karşılaşılabilmektedir.

Seçilen her iki yöntem için de aşağıdaki veriler, gerçek ortamda toplanmıştır [Durmuşoğlu ve diğerleri 1995]:

- İşlem planları,
- Alternatif rotalar,
- Alternatif rotalardaki, parça-işlem-tezgah üçlüsüne ait işleme süreleri,
- Tezgah kapasiteleri,
- Talep yapısı,
- Maliyet verileri (Liao 1994'ün 0-1 Tam Sayı Programlama Modeli için gerekli).

Aynı isim altında belirtilmekle birlikte, çok farklı işlem planları olabilmektedir. Örneğin Tablo 1'deki IS- müldebak isimindeki kalıp parçalarının birinde hiç freze işi bulunmazken, diğer bir IS-müldebak parçasında freze işi bulunmaktadır. Bu nedenle her işlem planı için farklı bir parça numarası atanmasına gidilmiştir. Veri toplamada karşılaşılan diğer bir zorluk da, işlem tanımlarının standart bir şekilde verilmemiş olmasıdır. Örneğin, bir parçanın aynı bölgesi için bir işlem planında "üst kısım", bir diğerinde "tutucu kısım", bir başkasında ise, "ağız kısım" olarak isim verilmiştir. Ayrıca işlemler için kullanılan kodlama sistemi de yetersizdir. Örneğin "312" işlem kodu, hem "dış hassas kopya" hem de "tutucu kısım komple torna" anlamına gelebilmektedir. Söz konusu zorluklar, kurduğumuz proje takımı yardımıyla aşılmıştır. Aynı proje takımı, alternatif tezgah ve buradan da alternatif rotaları belirlerken de çok dikkatli davranarak, üretkenlik kaybı ile

sonuçlanabilecek alternatif tezgahları göz önüne almamış, alternatif rotaların aşırı sayıda artmasına engel olmuştur.

Kalıp parçalarının kullanıldıkları cam makinalarında eriyik cam ile temasta olacak yüzeylerinin kuvvetlendirilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle kalıplara, üretim süreci içinde, bir işlem olarak dolgu kaynağı yapılmaktadır. Dolgu kaynak işlemi, hücre içine alınamayacak nitelikte olduğu için, fonksiyonel bir bölüm olarak kalmak zorundadır. Bu yüzden kalıp işlemleri, kaynak öncesi ve kaynak sonrası olarak ayrı ayrı düşünülerek birbiri ardına sıralı bir şekilde hücre oluşturma planlamasına gidilmiştir. Kalıp parçalarının öngörülen hücreler sisteminden akışı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Daha önce sözü edilen Liao [1994]'nin iki evreli yaklaşımının öncelikle kullanılmasına karar verilmiştir.

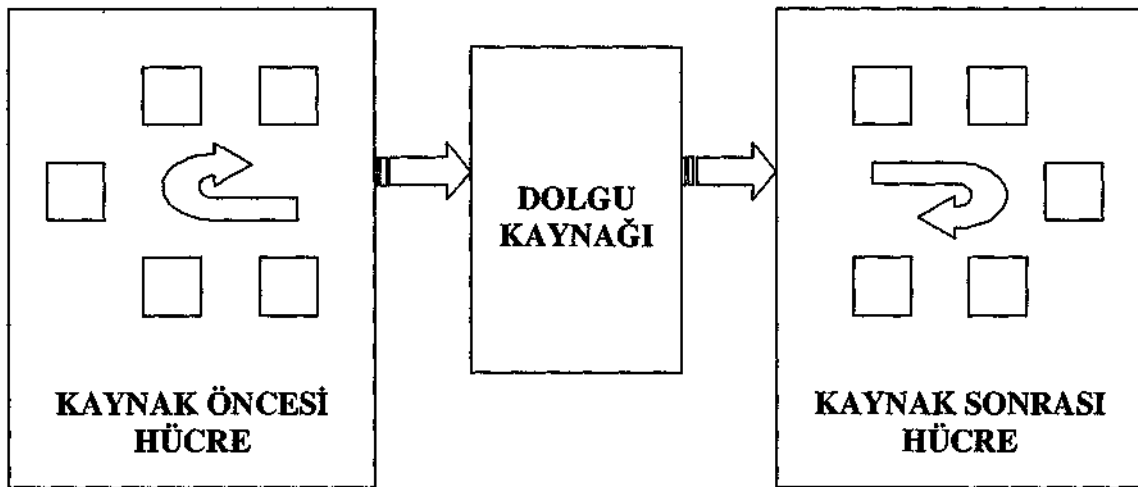
Analize 50 tezgah tipi alınmıştır. Bu tezgahlardan yetenekleri yönünde uygun olanları kaynak öncesi ve sonrası için ayrılmış ve her bir gruba ayrı ayrı 0-1 tam sayı programlama modeli uygulanmıştır. Analize alınan kalıp parçası sayısı da 89'dur. İlk evrede 0-1 tam sayı programlama modelinde var olan süreç planı esnekliği, kalıp parçaları için yok denecek kadar azdır. Bu yüzden plan esnekliği göz ardı edilmiş, buna karşılık fazlaca bulunan alternatif tezgah ve rotalar, daha önce sözü edilen üretkenlik ölçütüne göre belirli ölçüde süzülerek modele alınmıştır.

Modelden elde edilen en düşük maliyeti veren ve kapasite kısırını bozmayan parça rotaları, ARTI sinir ağı modeline [Kaparthi ve diğerleri 1993] girilmiştir. Model için maksimum hücre (sınıf) sayısı, kaynak öncesi ve sonrası için ayrı ayrı "5" olarak seçilmiş ve eşik değeri 0.55 kabul edilmiştir.

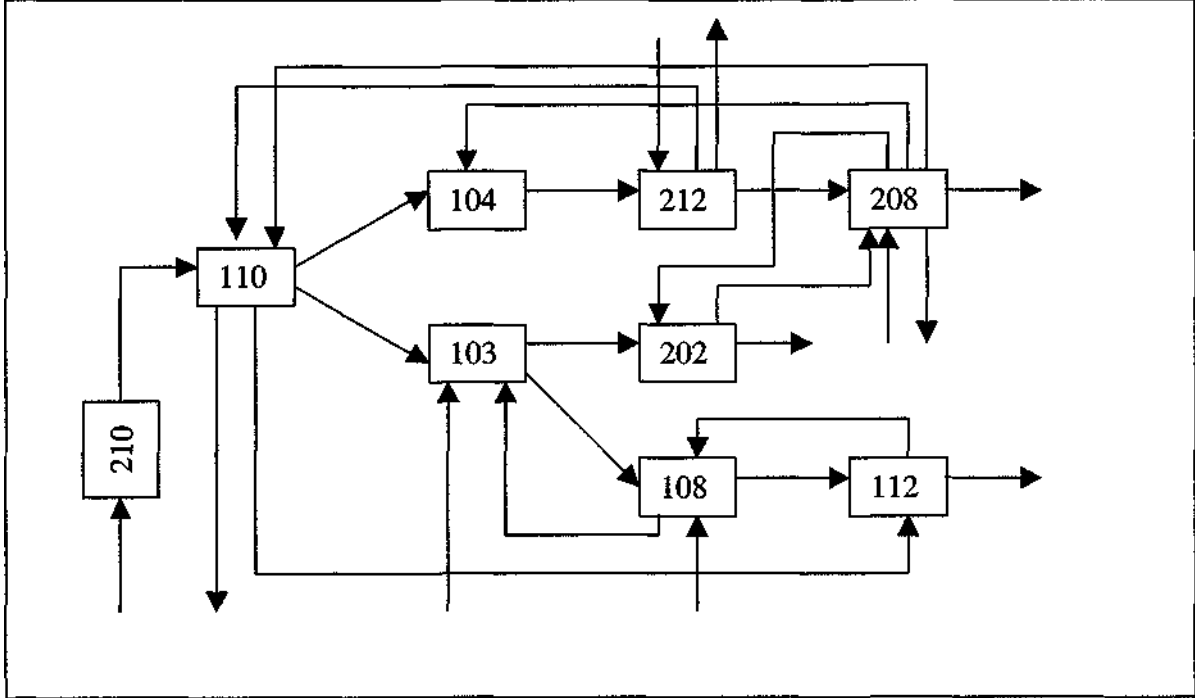
Kaynak öncesi ve sonrası dörder hücre elde edilmiştir. Cam kalıp parçalarından en stratejik ve önemli olanları, IS-Ebişör ve IS-Finişör parçalarıdır. Bu parçaların da bulunduğu elde edilen Kaynak öncesi bir hücre, örnek bir hücre olarak Şekil 2'de gösterilmiştir.

Bu hücreye giren kalıp parçası tipi sayısı (ismi aynı olsa bile, farklı işlem sırasına sahip parça tipi sayısı) 15'dir. Kaynak öncesi işlemler yönünden, söz konusu 15 parça işlenirken diğer kaynak öncesi hücrelerle toplam 10 adet hücreler arası hareket söz konusu olmaktadır. Şekil 2'den de görüldüğü gibi, hücre oluşumuna rağmen, iş akışı karmaşıklığını korumakta ve hücreler arası hareket arzu edilen minimum düzeye çekilememektedir. Diğer hücre yapıları da Şekil 2'ye benzemektedir. Bu haliyle hücrelerle üretim için cazibeli ve benimsenebilecek bir sonuç ortaya çıkmamıştır. Bu durum, diğer yöntemin de hemen analiz edilme ihtiyacını gündeme getirmektedir.

Nagi ve diğerlerinin [1990] yaklaşımında iki sorunun çözümü gerçekleştirilmektedir. Birincisi hücreye girecek rotaların seçimi ve diğeri ise, hücre oluşturmaya yönelik çözümdür. Yöntem, hücreler



Sekili. Kalıp Parçalarının Öngörülen Akışı.



İşaretler :	210 : Satış Freze, Cincinnati	202 : CNC Freze, Deckel
	110 : Merkezleme Torna Tezgahı	108 : CNC Torna, B. Gildemaister
	104 : CNC Torna, Tarex	208 : CNC Freze, Rambaudi, Versamatik
	103 : CNC Torna, Combi	112 : Universal Torna, Kopya Macar
	212 : Universal Freze, Cinninnati	

Şekil 2. İki Evreli Yaklaşım Sonucu, IS-Ebişör ve IS-Finişör Parçalarının da Bulunduğu Kaynak Öncesi Hücre

arası trafiği enküçükleyen rota ve hücreler elde edilinceye kadar itératif bir şekilde devam etmektedir. Birinci sorun bir doğrusal programlama modeli olarak formüle edilmiş ve Lindo [Schräge 1986] ile çözülmüştür. İkinci sorun ise, Harhalakis ve diğerlerinin [1990] geliştirmiş olduğu "hücreler arası trafik enküçüklenmesi" yöntemi ile çözülmüştür.

Bu yöntemi uygularken, bir hücrede bulunabilecek maksimum tezgah sayısı (MN), bir parametre olarak girilmektedir. Kaynak öncesi hücre oluşturma çalışmalarında MN = 5, 6 ve 7 için; kaynak sonrası hücre oluşturma çalışmasında ise, buradaki işlemlerin kaynak öncesine göre daha fazla olması nedeniyle MN = 7, 8 ve 9 için yöntem, daha önce bahsedildiği gibi önceden kodlanan bir yazılım yardımıyla çalıştırılmıştır.

Hücreler arası trafiğin enküçüklenmesi yönünden en iyi sonuç, kaynak öncesinde MN=6 , kaynak sonrasında ise, MN=7 için elde edilmiştir. Bir önceki yöntemde olduğu gibi, kaynak öncesi ve sonrası için eşit olacak şekilde toplam hücre sayısı 8'dir.

Yine IS-Ebişör ve IS-Finişör kalıp parçalarının bulunduğu kaynak öncesi hücreyi inceleyelim (Şekil 3). Hücreye giren kalıp parçası tipi sayısı 11'dir. Bu parçalar, diğer kaynak öncesi hücrelerle toplam 7 adet hücreler arası harekette bulunmaktadır.

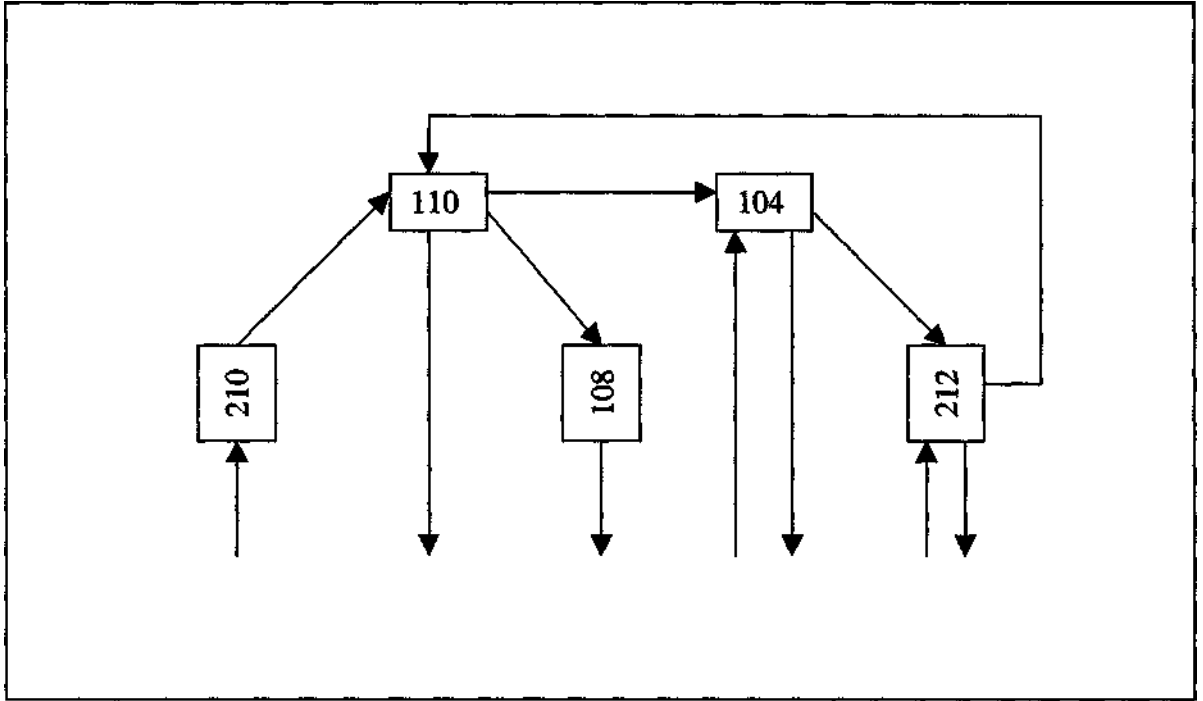
Her ne kadar son yöntem ile elde edilen hücre içi iş akışı, diğerine göre daha basit de görünse, kaynak öncesi hücreler arası akışlar da düşünüldüğünde, GT hücreleri, mevcut imalat sistemini beklenildiği kadar basitleştirememektedir.

İstenilen düzeyde olmamakla birlikte en son

M- Bülent Durmuşoğlu, Affan Nomak

yöntemin sonuçları projenin bu aşamasında, firma çalışanlarının katılımını sağlamak için kullanılmıştır. Bir yerde bu aşama, elde edilen sonuçların neden uygulanamayacağını belirtmek ve daha iyi nasıl uygulanabileceğini gösterebilmek amacıyla firma çalışanlarının bu konularda düşüncelerinin sağlanması aşamasıdır. Burada uygulanan temel felsefe, sistemi kullananlara! yerine geçip düşünmek değil, onlara düşünmesini öğretmektir ve bu projede yüksek oranda başanabildiği için, insanlar projeyi sahiplenmişler ve yaratıcı önerilerde bulunmuşlardır.

karşılaşmıştır. Zira bu proje gerçekten köklü bir değişim, yüksek bir dikkat ve titizlik gerektirmektedir. Fabrikadaki imalat içi tüm yerleşimi değiştirmekle kalmayıp, destek üretim fonksiyonlarının da buna göre, yapılandırılması gereği vardır. Alışkanlıkların bir kalemde silinmesi ve yeniliğe hızlı uyum sağlanması insan doğası açısından her zaman kolay olmamaktadır. Aynı zamanda hücresel üretim sistemleri esnek işgücüne de büyük ölçüde ihtiyaç duymaktadır. Klasik sistemde, örneğin sadece bir torna işleminden sorumlu olan bir işgören, yeni



İşaretler : 210 : Satış Freze, Cincinnati
110 : Merkezleme Torna Tezgahı
108 : CNC Torna, B. Gildemaister

104 : CNC Torna, Tarex
212 : Universal Freze, Cincinnati

Şekil 3. Hücreler Arası Trafik Minimizasyonu Yöntemi Sonucu, IS-Ebişör ve IS-Finişör

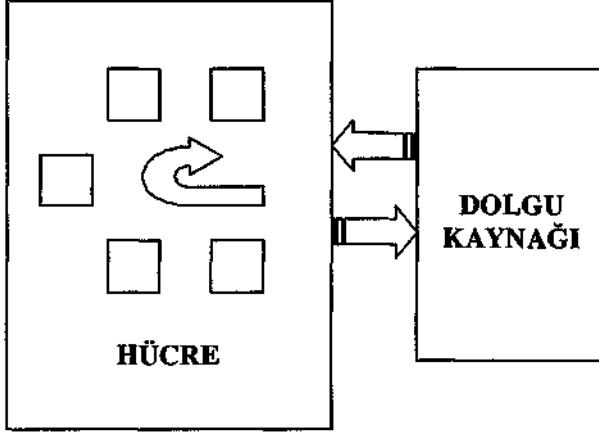
Parçalarının da Bulunduğu Kaynak Öncesi Hücre

HÜCRESEL ÜRETİMİ UYGULAMAYA ALMA

Firmada hücresel üretime dönüştürme projesinin çeşitli aşamalarında hatırı sayılır dirençlerle

sistemde iş parçasını bütünleyebilmeli, gerekiyorsa freze, taşlama ve tesviye işlemlerini gerçekleştirebilmeli ve parçanın bütün olarak kalite sorumluluğunu da üzerinde taşıyabilmelidir. Zira

Bir Cam Kalıbı Üretim Sisteminde GT Hücrelerinin Tasannu ve Uygulanması



Şekli 4. Kalıp Parçaları İçin Düşünülen

Nihai Akış

işgören bu sistemde bir tek işlem (tek bir fonksiyondan) sorumlu değil, birçok fonksiyondan sorumlu olduğundan, sistemin önemli bir parçasıdır.

Katılımı sağlayabilmek, doğal ki söz konusu değişime karşı olan direnci ortadan kaldırmak gerektiği açıktır. Bunun için de hücresel üretim çalışmalarına başlanıldığı sıralarda, firma içi geniş kapsamlı eğitim faaliyetlerine başlanılmıştır. "Muda'ların (Japonca bir kelime olup israf demektir) Yok Edilmesi", "Düzen, Temizlik ve Çalışma Disiplini (5S)", "Hazırlık Sürelerinin Analizi ve Düşürülmesi", "Hücresel Üretim" ve "Tam Zamanında Üretim" gibi konularda, toplam 1600 insan-saatlik eğitim verilmiştir. Doğal olarak proje faaliyetlerinin her aşamasında da küçük gruplar halinde veya bire bir eğitim devam etmiştir.

Hücresel üretim için yeni önerilerin gelişmesinde, gelecek yıllarda cam kalıplara olan talebin artmasının beklenilmesi önemli bir rol oynamıştır. Bu beklenti ile firma, çalışmanın yapıldığı sıralarda yeni bir yatırım planlamasını yapmıştı. 10-12 milyon ABD Dolan mertebesinde olan yatırım, yeni tezgah alımı ile kapasiteyi arttırma ve dolayısıyla beklenen talebi karşılama amacındaydı. Ancak ağırlıklı olarak fonksiyonel yapılanmış bir ortamda, bu yatırımlara karşın, yine iş akışı karmaşık kalacak, kapasite doldurma esasına göre bir çalışma izleneceğinden, uzun temin süreleri, teslimatta gecikmeler ve kötü kalite sorunları yine yaşanabilecekti.

Tezgah satın alınması, sistem performansını her yönden arttırmasının mümkün olmadığı da verilen eğitimlerle sıkça vurgulanmıştır. Firmanın yatırım

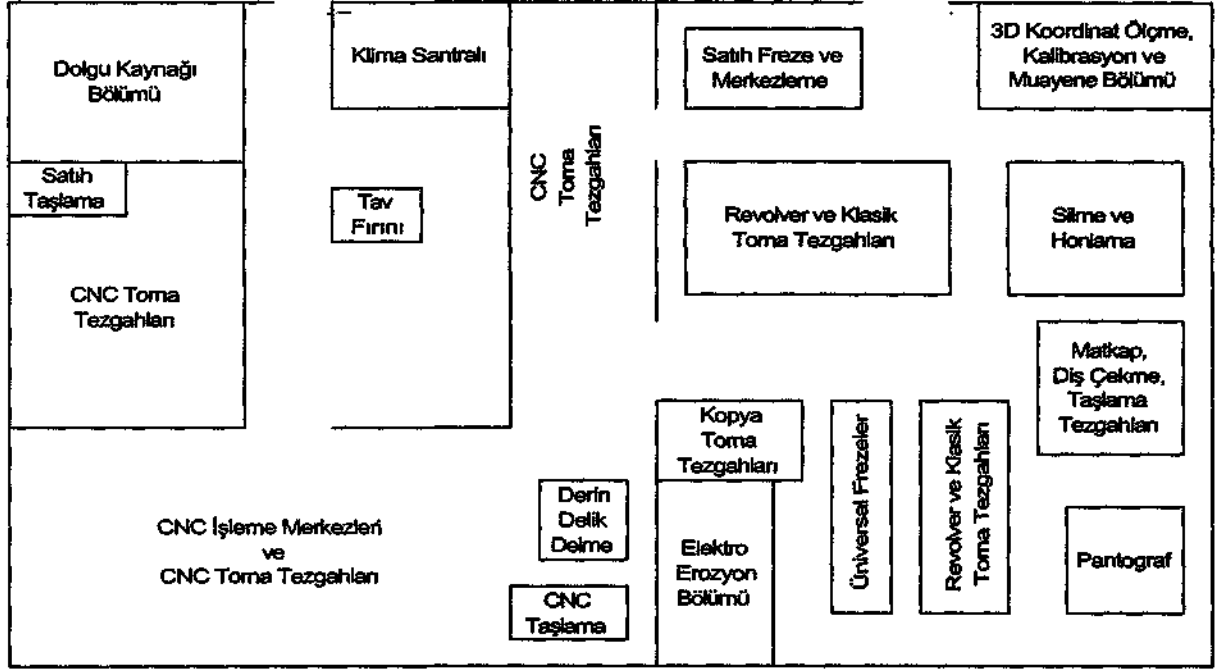
konusunda yetkili olanlarının da daha önce bahsedildiği gibi bu konularda düşünmeleri sağlandığı için, planlanan yatırımın, hücresel üretim esasına göre yapılması yönünde bir karar değişikliğine gitmişlerdir. Başka bir deyişle yatırımda, gelişmiş ve her işi yapabilecek tezgah düşüncesinden çıkıp, hücreye uygun, sadece hücreye gelen parçaları işleyebilen, daha ekonomik ve fonksiyonel tezgahların düşünülmesi sağlanmıştır.

Bu düşünce tarzıyla daha önce elde edilen, ancak iş akışlarının karmaşık olduğu görülen GT hücreleri, daha tahsisli hale getirilebilmektedir. Daha çok tezgahla, daha tahsisli ve iş akışı basit hücrelere yolculuk, bu konuda geliştirilen önerilerle başlamıştır. Ancak hem tahsisli ve hem de birbiri ardı sıra (kaynak öncesi-kaynak ve kaynak sonrası) akış yapısının, fazla ekstra tezgah ihtiyacına ve dolayısıyla yatırımın ayrılan bütçenin aşmasına neden olacağı hesaplanmıştır. Bu nedenle yeni öneriler çerçevesinde, kaynak öncesi ve sonrası, Şekil 4'de görüldüğü gibi tek bir hücre halinde toplanmasına karar verilmiştir.

Sonuç olarak katılım, tahmin edilen talep yapısı, yeni yatırım seçenekleri ve daha önce GT kümelenendirme yöntemleri ile elde edilen sonuçlar, beraberce değerlendirilerek kurulacak hücreler, çeşitli toplantılar ve tartışmalar sonucu saptanmıştır.

Burada tekrar vurgulanması gereken önemli nokta, hücresel üretime geçiş projelerinde, makina hücreleri ve parça ailelerini elde etmede kullanılan yöntemlerin temelde karar vericilere fikir veren, ışık tutan ve yol gösteren bir yapıda olmalarıdır. Üretim sisteminin yeni şeklinin çoğu zaman katılım esaslı olması kaçınılmazdır. Bu proje esnasında, işletme önceden bir yatırım planlaması yapmış ve yeni tezgahlarının siparişlerini de bu plana göre verme aşamasındaydı. Eğer projede bir miktar daha gecikilmiş olsaydı, eski haline göre yatırım kararları verilmiş olacak ve artık geriye dönüşü mümkün olmayan bir durum ortaya çıkacaktı. Buradan da görüldüğü gibi, bu tip projelerde, yerine göre analiz aşamasını çok uzun tutmanın da büyük riskleri söz konusu olmaktadır. Sonuç olarak eskiden saptanan yatırım tutarından da az ek bir tezgah yatırım tutarı ile iş akışı oldukça basit bir hücresel üretim sistemi tasarlanmıştır.

Cam kalıbı imalat sistemi içinde ayrıca savunma sanayine de sipariş üzerine iş parçaları yapılmaktaydı. Şekil 5 'de cam kalıbı imalat sisteminin ana hatları ile yerleşim düzeni

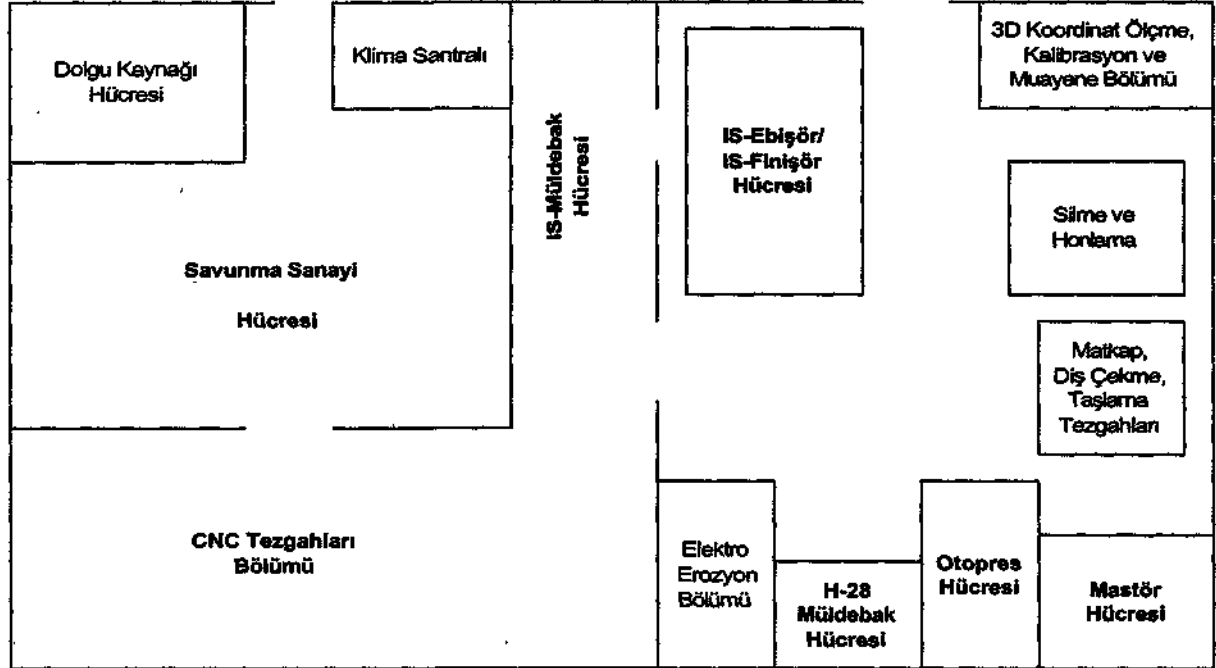


Şekil 5. Hücresel Üretim Öncesi, Cam Kalıbı ve Savunma Sanayii Parçaları Atölyesi

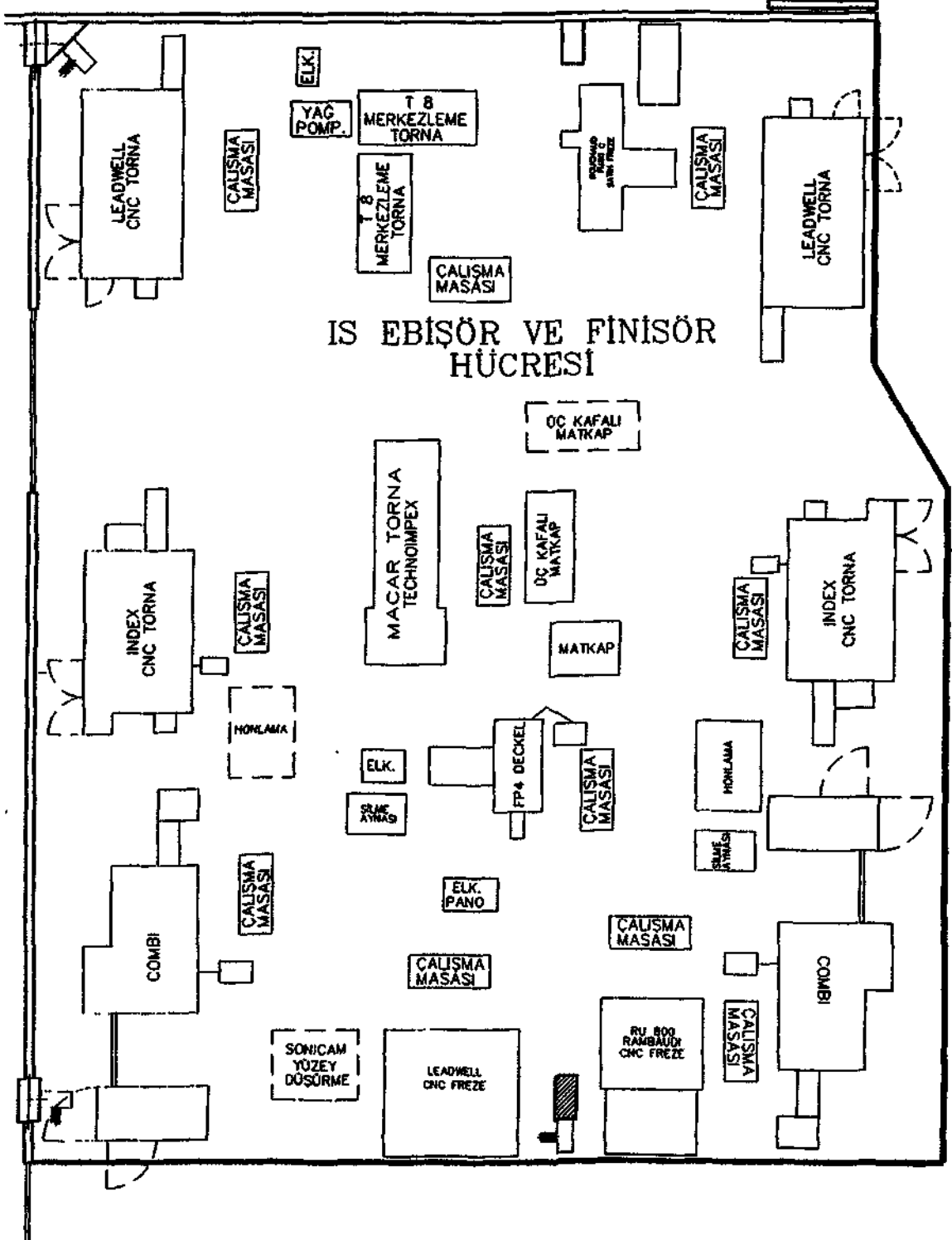
görülmektedir. Hücresel üretim sonrası karar verilen iş akışı basit yerleşim düzeni ise, Şekil 6 'da gösterilmiştir. Burada savunma sanayine üretilen iş

parçaları, ayrı bir hücre halinde düşünülmüştür.

Sadece IS-Ebişör ve IS-Finişör kalıp parçaları için, bu parçaların önemine dayanarak ayrı bir hücre



Şekil 6. Hücresel Üretim Sonrası, Cam Kalıbı ve Savunma Sanayii Parçaları Atölyesi



Şekil 7. IS-Ebişör ve Finişör Hücresi

M. Bülent Durmuşoğlu, Affan Nomak

kurulmuştur. Şekil 7'de bu hücrenin tasarlanan ayrıntılı yerleşim düzeni görülmektedir. Mevcut yer kısıdı nedeniyle U-şeklinde bir düzen kurulamamıştır. Ancak oldukça basit bir iş akışı bulunmaktadır. Hücrede bulunan CNC Torna- Leadwell (2 adet), CNC Torna - Index (2 adet), Freze- Sonicam ve Üç Kafalı Matkap tezgahı, satın alınması düşünülen ve satın alınan tezgahlardır. Hücrenin çalışma şekli şöyledir:

IS-Ebişör ve Finişör imalat süreci, uygun boylarda kesilmiş yarım silindir blokların aynı Satış Freze-Rouchaud 'de işlemlerinin yapılması ile başlamaktadır. Satış freze işlemi tamamlanan iki yarım kalıp (erkek ve dişi), Merkezleme Torna tezgahına gitmekte, bundan sonra IS- Ebişörler, müldebak kısmı kaba torna işlemi için, Şekil 7'nin solundaki CNC Torna-Leadwell'e, ardından tampon kısmı kaba torna için, Şekil 7'nin yine solundan devam ederek CNC Torna-Index veya CNC Torna-Combi'ye, IS-Finişörler ise, ağız kısmı kaba torna için, Şekil 7'nin sağından, CNC Torna-Leadwell'e ve devam ederek müldefon kısmı kaba torna işlemi için, CNC Torna-Index veya CNC Torna-Combi'ye gitmektedir. CNC Torna-Index ile CNC Torna-Combi tezgahları biri birinin alternatifi olarak paralel çalışmaktadır. Gerek IS-Ebişör ve gerekse IS-Finişörler, ardından Deckel ismiyle tanımlanan freze tezgahına, dolgu kaynağı yuvası açma işlemi için uğrar. Bundan sonra her iki parça tipi de, hücrenin dışındaki, "Dolgu Kaynak Hücreesine" gider. Bu hücrede kaynak ve taşlama işlemleri yapılır. Tekrar aynı hücreye gelir. Burada CNC Torna-Leadwell ve CNC Torna-Index veya Combi tezgahlarında, kaynak

öncesine benzer bir şekilde işlenirler. Bundan sonraki son işlemler hücrenin iç kısmında gerçekleşmektedir. Başka bir deyişle hücrenin sol kısmından IS-Ebişör ve sağ kısmından IS-Finişör ayrı ayrı dolaşarak hücrenin iç kısmında son işlemleri görmektedir. Toplam işlem sayısı, IS-Ebişör için 20, IS-Finişör için 22 gibi oldukça fazla bir işlem sayısıdır. Hücresel üretim öncesi her bir parça ortalama 430 metre sistem içinde dolaşırken, hücresel üretim sonrası bu sayı ortalama 200 metreye inmektedir. IS-Ebişör / IS-Finişör hücresi için işgörenleri de modelleyen, ayrıca hücrenin özellikle bozucu faktörler olan ürün taleplerindeki dalgalanmalara, tezgah arızalarına ve hazırlık süresindeki dalgalanmalara karşı dayanıklı olacak bir şekilde tasarımının gerçekleştirilmesi amacıyla ayrıca bir doktora tezi yapılmıştır [Akhun 1999]. Ancak tezin sonuçları bu makalenin konusu içine alınmamıştır.

Şekil 6'dan görüldüğü gibi üretim sisteminde ayrıca, IS-Müldebak, H-28 Müldebak, Otopres ve Mastör hücreleri kurulmuştur. Geri kalan üretim sistemi fonksiyonel olarak bırakılmıştır. Bunlar, hücrelere alınmayan bir kısım kendi isimleri ile anılan bölümler halinde, CNC tezgahları, Silme ve Honlama tezgahları ile Matkap, Diş Çekme ve Taşlama tezgahlarıdır (Şekil 6). Hücrelere girmeyen veya girse bile iş akışını bozacak olan aksesuar kalıp parçaları diyebileceğimiz parçalar, söz konusu bölümlerde işlenmektedir. Buradan da izlendiği gibi, genellikle tüm sistemin hücreler haline getirilmesi, sistemin esnek yapısını bozabilir. Bu nedenle gerçek üretim ortamlarında karma sistemler söz konusu olmaktadır.

Tablo 2. Hücresel Üretim Öncesi Mevcut, Hedeflenen ve Hücresel Üretim Sonrası Ölçülen Performans Değerleri

Performans Ölçüleri	Hücresel Üretim Öncesi	Hedef	Hücresel Üretim Sonrası
Ortalama imalat Temin Süresi (gün/parti)	60	30	30
Ortalama Proses içi Envanter (ABD Doları/ay)	100.750	%50 düşürme	50.000
Zamanında Teslim (%)	40	95	80
Kalite Maliyetleri (Satış Gelirlerinin %'si olarak)	8	5	5
Ortalama Hazırlık Süresi (Tezgah Başına Dakika)	135	ilk Aşamada Maksimum 30	45

**UYGULAMA SONRASI ELDE EDİLEN
PERFORMANS GELİŞMELERİ VE SONUÇLAR**

Üretim sisteminde toplam 1.5 yıl alan proje çalışması sonucunda hücrenel üretim uygulamaları başlatılmıştır. Hücrenel üretim sonrası, üretim sisteminde Tablo 2'de gösterildiği gibi çarpıcı iyileşmeler meydana gelmiştir. Doğal olarak bu iyileşmelerin bir kısmı, ek tezgah yatırımlarından kaynaklansa bile, kanımızca önemli bir kısmı, tamamen hücrenel üretimden kaynaklanmaktadır. Ayrıca hücrenel üretim, Kaizen için uygun bir ortam yarattığından, bu iyileşmelerin zamanla daha da gelişeceği beklenmelidir.

Çalışmada vurgulanmak istenen en önemli konu da, hücrenel üretim sistemlerinin tasarımı ve uygulanması projelerinde, bir uygulama stratejisi olan GT kümelendirme yöntemlerinin, diğer üretim sistemi stratejileri ile mutlak surette zenginleştirilmesi gereğidir. Çok boyutlu bir bakış açısıyla geliştirilen, doğal olarak sistemi kullananların benimseyeceği bir üretim sistemi, üretim sisteminin müşteriye yönelik performansı açısından son derece önemlidir. Hücrenel üretim sonrası; müşteri çekmesi, teknoloji itmesi ve yönetimde girişimciliği sağlama gibi konularda da çalışmaların giderek yoğunlaşması gerekmektedir.

Bu çalışmanın ikinci kısmında ise, daha önce sözü edildiği üzere, incelenen üretim sistemi ve yönetimi ile ilgili ilginç gelişmelere yer verilecektir.-

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde, projenin yapıldığı zamanlarda Genel Müdür olarak görev yapan başta Sayın Hadi Feke olmak üzere tüm Camiş Makİna ve Kalıp Sanayi A.Ş. çalışanlarına, sağladıkları destek ve katkılarından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

1. Adil, G. K., Rajamani, D. ve Strong, D., 1996, Cell Formation Considering Alternate Routeings, International Journal of Production Research, 34,5, s. 1361-1380.
2. Akhun, M., 1999, Çifte Kaynak Kısıtlı Grup Teknolojisi Üretim Sistemlerinin Bozucu Faktörlere Dayanıklı Tasarımı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

3. Al-Qattan, L., 1990, Designing Flexible Manufacturing Cells Using a Branch and Bound Method, International Journal of Production Research, 28, 2, s. 325-336.
4. Burbidge, J.L., 1963, Production How Analysis, Production Engineer, 42/12, s. 742-752.
5. Carpenter, G. A., Grossberg, S. ve Rosen, D. B., 1991, Fuzzy ART: Fast Stable Learning and Categorization of Analog Patterns by an Adaptive Resonance System, Neural Networks, 4, s. 759-771.
6. Durmuşoğlu, M. B., Durmuşoğlu, S., Akhun, M. ve Şentürk, O., 1995, Sipariş Üzerine Üretim Yapan Sistemlerde Hücrenel Organizasyona Geçiş: Bir Örnek Olay, Yöneyem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği XVII. Ulusal Kongresi, Ankara.
7. Gupta, T., 1993, Design of Manufacturing Cells for Flexible Environment Considering Alternative Routeing, International Journal of Production Research, 31, 6, s. 1259-1273.
8. Ho, Y.-C. ve Moodie, C. L., 1996, Solving Cell Formation Problems in a Manufacturing Environment with Flexible Processing and Routeing Capabilities., International Journal of Production Research, 34, 10, s. 2901-2923.
9. Kaparthi, S., Suresh, N. C. ve Cerveny, R. R., 1993, An Improved Neural Network Leader Algorithm for Part-Machine Grouping in Group Technology, European Journal of Operational Research, 69, s. 342-356.
10. Liao, T. W., 1994, Design of Line-Type Cellular Manufacturing Systems for Minimum Operating and Material-Handling Costs, International Journal of Production Research, 32, 2, s. 387-397.
11. Harhalakis, G., Nagi, R. ve Proth, J. M., 1990, An Efficient Heuristic in Manufacturing Cell Formation for Group Technology Applications, International Journal of Production Research, 28,1, s. 185-198.
12. McAuley, J., 1972, Machine Grouping for Efficient Production, The Production Engineer, 52, s. 53-57.
13. Nagi, R., Harhalakis, G. ve Proth, J. M., 1990, Multiple Routeings and Capacity Considerations in Group Technology Applications, International Journal of Production Research, 28, 12, s. 2243-2257.
14. Schräge, L., 1986, User's Manual Linear, Integer and Quadratic Programming with LINDO, The Scientific Press.
15. Seifoddini, H. ve Wolfe, R. M., 1986, Application of the Similarity Coefficient Method in Group Technology, HE Transactions, 18, 3, s. 271-277.