

# Üretim ve Elektronik

*İlk insan topluluklarından beri üretim, hayatın en önemli parçasını oluşturmıştır. İlk önceleri insanlar, günlük hayatlarını sürdürmelerini sağlayan ar aletleri, toprak kaplar gibi eşyalar üretmiştir. Zaman içinde ihtiyaçların değişmesiyle imal edilen nesnelere farklılaşmıştır. Bu farklılaşmaya rağmen üretimde sadece insan gücü kullanılmıştır. Ancak uygulamaların gelişmesiyle ve nüfusun artmasıyla birlikte çeşitli eşyalara olan talebin artması seri üretimi gerektirmiştir. İnsanlık, daha fazla nesneyi kısa sürede üretebilme yeteneğine sanayi devrimiyle ulaşabilmiştir.*



## Sanayi Devrimi

Avrupa'da Rönesansın gelişmesiyle beraber pozitif bilimler hızla ilerlemiştir. Özellikle Newton'un etkisiyle dinamik, buna bağlı olarak da mekanik hakkında büyük bir bilgi birikimi elde edildi. Mekanik 18. yüzyılın itibaren felsefeden gündelik hayata birçok alana damgasını vurmuştu. Hiç şüphesiz bu gelişmeler, yeni üretim aletlerinin geliştirilmesinde önemli rol oynadı. Üretimdeki mekanizasyonla birlikte seri üretim de doğmuş oldu.

İlk seri üretim, insanlık tarihinde üretim kadar derin izler bırakan savaş aletlerine duyulan ihtiyaçla gerçekleşti. Sanayi devriminin ilk yıllarında daha uzun menzilli hassas ve güvenilir silahların yapımı metallerin işlenmesini gerektiriyordu. Elle yapılan üretim eskisinden çok daha büyük olan talebi karşılayamıyordu. Bu sorunları aşmak için geliştirilen aletlerden ilki 1774'de İskoçya'da geliştirildi. Wilkinson kardeşler, döküm demiri oyarak bir top yapmak için kullanılan delici bir alet geliştirdiler. Bir yıl sonra bu alet buharlı motorların imalinde kullanıldı. Aletin çalışma prensibi delici ucun sabit tutularak, döküm gövdenin yavaşça çevrilmesine dayanıyordu. Bu alet yardımcıyla 490 tane buharlı motor üretildi.

Aynı yıllarda askerlerin silahlarda istedikleri özellikler de değişti. El yapımı silahlar birbirinin aynısı oluyordu. Bu nedenle birinin parçaları diğerinde kullanılmıyordu. Üretimde makinelerin kullanılmasına neden olan önemli bir diğer etken de buydu. 1798 yılında Whitney adında bir Amerikalı, ordunun açtığı 10.000 silahlık bir ihalede makinelerin kulla-

nılması önerdi ve ihaleyi kazandı. Teklifi yaptığı sırada gerekli makinelere sahip değildi. Ancak yaptığı yoğun çalışmalar sonucu gerekli makineleri imal etti. Kullandığı aletler arasında freze de bulunmaktaydı. Bu yüzden bazıları Whitney'in frezenin mucidi olduğunu iddia etmektedir. Bazılarıysa mucidinin Simcon North olduğunu iddia etmektedir.

O günkü temel hammadde demirdi. Bu yüzden demirin işlenmesi için freze gibi aletlerin geliştirilmesi gerekiyordu. Bunun için o zamana kadar tahta ve pirincin işlenmesinde elde edilen birikimden yararlanıldı. 18. yüzyılın ortalarına kadar saat parçalarının üretilmesi için çeşitli kesici aletler ve tomalar geliştirilmişti. Buradan yola çıkarak demirin işlenmesinde kullanılan ilk torna 1760 yılında Fransız Jacques Vaucanson tarafından geliştirildi. Bu ve daha sonraki yıllarda kullanılan tornaların geliştirilmesi için sudan veya buharlı motorlardan yararlanıldı.

19. yüzyılın başında gerekli makinelerin birçoğu geliştirilmişti. Elde edilen bu yenilikle 19. yüzyılda büyük tesisler kuruldu. 1850'li yıllarda toplu tabancanın mucidi Colt 1500

makinadan oluşan bir fabrikanın inşasına başladı. Bu, hızlı gelişmenin en önemli örneklerinden biriydi. Yüzyılın ortalarından itibaren üretim sivil alana kaydı. 1852'de ilk dikiş makinesi 1865'de ilk bisiklet üretildi. Bunlar 1874'deki ilk daktilonun ve 1886'da ise ilk otomobilin yapılması izledi. Özellikle otomobilin üretilmesi ileriki yıllarda üretimde önemli değişikliklerin gerçekleşmesini sağladı.

O yıllarda hemen hemen bütün ürünler birkaç işçinin çalıştırılmasıyla imal edilebiliyordu. Örneğin bir silah 50 parçadan, bir saat 100 parçadan ve bir dikiş makinesi 150 parçadan oluşuyordu. Bu yüzden üretim tarzının sorgulanmasına ihtiyaç duyulmamıştı. Bu dönem içinde, mekanik aletlerde kullanılan bileşiklerin geliştirilmesi ve daha sert maddelerin işlenebilmesi sağlanmıştı. Bunun yanı sıra yeni ölçme aletleriyle daha hassas üretimler yapılabilmekteydi. Ancak üretimdeki verimlilik bayağı duraklamıştı. Yeni ürünlerle birlikte üretim sayısında büyük artış yaşanmıştı. Örneğin Singer dikiş makinelerinin 1853'deki üretim adedi 810 iken, 1880'de 500.000'i bulmuştu. Fakat üretimdeki verimliliğin artırılması 20. yüzyılda gerçekleşti.

1901'de makinelerin çalıştırılmasında buhar türbinlerinin yerini elektrik aldı. Elektrikğin daha ucuz mal edilmesi elektrikğin tercih edilmesini ve verimliliğin artmasını sağladı. Elektrik kullanımının önemli bir diğer

katkısı da metalurji alanında geldi. Elektrikli fırınlar sayesinde yüksek sıcaklıklarda daha dayanıklı alaşımlar üretildi. Bu alaşımlar sayesinde makineler çok daha hızlı çalışmaya başladı. Örneğin bir arabanın şaftının üretimi iki saatten onbeş dakikaya inmişti. Elektrikğin kullanılmasına bir anlamda elektronikğin kullanılmasına doğru atılan ilk adım oldu.

Verimliliğin artmasındaki en önemli gelişmelerden bir diğeri de, Ford tarafından gerçekleştirildi. Otomobil üretiminde birçok parça kullanıldığından, parçaların imali kadar montajı da önemli bir sorundu. Ford parçaların daha kısa sürede birleştirilebilmesi için işletme üzerine araştırmalar yapan Frederick W. Taylor'un fikirlerinden yararlandı. Taylor'un "işçiye getirme" fikrini kullanan Henry Ford üretim tarihinde ilk üretim bandını oluşturdu. Bu sistem sayesinde Ford, cfsane otomobil Model-T'nin satışlarında büyük başarılar elde etti.

Taylorium-Fordium olarak adlandırılan bu sistem oldukça büyük ilgi gördü ve yaygın olarak uygulandı. Bu fikrin geliştirilmesiyle fabrikalarda üretim sırasında ürünlerin bir yerden başka bir yere taşınması için çeşitli makineler kullanıldı. 1951 yılına gelindiğinde Ford fabrikasında bu taşıyıcılardan 41 tane bulunuyordu. Bu gelişmeyle birlikte otomotiv sektörü uzun yıllar en önemli yeniliklerin gerçekleştirildiği alan oldu.

İkinci Dünya Savaşı sırasında ve sonrasında askerî alanda önemli çalışmalar yapıldı. Bu çalışmalarla birlikte birçok alanda önemli gelişmeler elde edildi. Aynı zamanda insanların dünyaya bakışlarının değişmesiyle üretimdeki beklentiler de farklılaştı.



1862'de astronomide ölçüm için kullanılan bu alet, mekanik üretimin iyi bir örneği.

Üretim alanında yeni ufukların açılmasındaki en önemli gelişmeye ilk bilgisayarın üretimi yol açtı.

1944 yılında Pensilvanya Üniversitesinde ENIAC adlı ilk bilgisayar üretildi. Amerikan Ordusunun bu icada ilgi göstermesiyle beraber araştırmalar ivme kazandı ve bilgisayarın ilk ticari örneği olan UNIVACI adlı bilgisayar 1950'de imal edildi. Buna rağmen bilgisayarın önemini tam olarak farkedilmesini sayısal denetiminin (NC; numeric control) başlangıcı sağladı.

## Sayısal Denetim

Sayısal denetim, temel olarak programlanabilir bir denetim mekanizmasının gerçekleştirilmesi anlamına geliyordu. Bunun yanı sıra üretim hızının ve kapasitesinin artırılmasını hedefliyordu. O yıllara kadar mekanik yollarla denetlenen makineler büyük bir yığın oluşturuyordu. Farklı bir şeyin üretimine geçilmesi durumunda makineler arasındaki bağlantıların değiştirilmesi gerekiyordu. Sayısal denetim, programlanabilirliği sayesinde bu sorunları azaltabiliyordu.

Sayısal denetim ilk kez 1948 yılında Lockheed firması tarafından kullanıldı, firma uçak gövdesini, metal plakaların kesilip perçinlenmesiyle oluşturuyordu. Sayısal denetimli üretimdeyse, gövdenin büyük bölümleri metal plakaların baskı yoluyla şekillendirilmesiyle oluşturuldu.



Bu nedenle nereye hangi miktarda basınç uygulanması gerektiği matematiksel olarak hesaplandı. Aynı hesaplamaların iki farklı tezgahta kullanılmasıyla elde edilen parçalar birbirlerinin aynıydı. Böylece 1951'de sayısal denetimli frezelerin geliştirilmesine başlandı. Lockheed firmasının kullandığı programlanabilir makinelerde program, bir kart üzerine açılmış deliklerle yazılmaktaydı. Sayısal denetimi uygulamanın bir diğer yöntemi olarak da manyetik tape kullanılıyordu. Bu sistemde fotoelektrik okuyucu, 16 mm'lik bir film üzerindeki bilgiyi okuyordu.

Sayısal denetimin başarısı ilk bilgisayarların önemini kavranmasını sağladı. Böylece üretimin dış etkenlerden kurtularak kendi içinde denetlenebileceği fikrini doğurdu.

## Bilgisayarlı Sayısal Denetim (CNC)

İlk sayısal denetleyicilerle ilk küçük bilgisayarlardan faydalanılmıştı. Daha sonra dijital bilgisayarların geliştirilmesiyle bilgisayarlı sayısal denetim gerçekleştirildi ve önemli kolaylıklar getirdi.

1948 yılında John Bardeen, Walter B. Rattain ve William Shockley'den kurulu ekibin Bell Telefon Laboratuvarlarında ilk transistörü geliştirmesiyle dijital bilgisayarların temeli atıldı. Kısa bir süre içinde de transistörlerin boyutları küçültüldü. Boyutların küçültülmesi daha az enerji tüketilmesini ve soğutmanın daha kolay yapılmasını sağladı. Tek sorun bu küçük parçaların birleştirilmesiydi. O yıllarda elektroniğin önünde büyük bir engel olarak görülen bu sorun da kısa sürede aşıldı. 1960 yılında entegre devrelerin (IC) üretilmesiyle, elektronik önündeki önemli engellerden biri aşıldı.

Entegre devrelerin üretimini takip eden 10 yıl içinde önemli gelişmeler oldu. Intel 1970 yılında 1K'lık RAM'ı bir yıl sonra da 4 bitlik mikro işlemcisiyi tanıttı. Bu baş döndürücü gelişme sonucunda elektrik dünyası 16 MB'lık RAM ve 64bitlik mikro işlemciye 20 yıl gibi kısa bir sürede kavuştu.

İlk mikro işlemcilerin üretilmesini takip eden birkaç yıl içinde CNC'ler geliştirildi. Bu adım üretim alanındaki en büyük devrimlerden biriydi. CNC'lerin geliştirilmesi birden fazla NC makinesinin aynı anda daha kolay denetlenebileceği anlamını taşıyordu.

Yarı iletken teknolojisine bağlı olarak CNC'lerin işlem yapabilme hacmi ve çalışma hızları oldukça arttı. Ayrıca yarı iletken teknolojisinin önemli bir diğer katkısı algılayıcıların geliştirilmesi oldu. Hemen hemen ilk CNC'lerden beri kullanılan algılayıcılar tam anlamıyla üretimin gözü kulağı oldu. Algılayıcıların yardımıyla daha 1950'lerde düşünülen denetimin üretim sırasında kendi kendine gerçekleşmesini sağladı. Algılayıcıların üretim sırasında bildirdiği verilerle, programdaki istenen değerlerin karşılaştırılmasıyla, yapılması gere-

ken iş tespit edilebilirdi. Böylece bir sistemin, çıktılarını bakarak girilerinin değiştirilmesiyle kendi kendini denetemesi sağlandı.

## Robotlar

Elektronik, üretim alanına sadece sayısal denetimli (NC ve CNC) sistemleri sokmakla yetinmedi. Hızmete sunduğu önemli diğer bir gelişme de robotlardı. Robotlar ilk olarak 1950'li yıllarda geliştirildi. Diğer elektronik yenilikler gibi askeri ihtiyaçlardan doğmadı. 1959 yılında üretilen ilk robot belli cisimleri kaldırmak amacıyla gödüyordu. Daha sonra 1961 yılında, kendi yönünü bulabilen robotlar geliştirildi. İlk robotlar analog olarak programlanıp denetlendiği için çok geniş kullanım alanına sahip değildi. Daha çok steak şeylerin tutulması, belli cisimlerin belirli yerlere yerleştirilmesi ve boyama gibi sınırlı alanlarda çalışabiliyordu. Ayrıca analog oldukları için CNC makinelerle uyum içinde kullanılamadılar. Fakat, bu, önemsiz oldukları anlamına gelmedi. İnsanlar için tehlikeli birçok işte başarıyla kullanıldılar.

Elektroniğin kullanıldığı diğer makineler göz önünde tutulduğunda robotlar oldukça yavaş geliştirdi. Ancak son yıllarda hidrolik ve pnömatik sistemlerinin yerini elektrik motorlarının almasıyla hareket edebilme yetenekleri arttı ve daha hassas işlerde kullanılmaya başlandı.

Günümüzde elektroniğin sunduğu bütün bu yenilikler birarada kullanıldığında büyük kolaylıklar sağlanmaktadır. Bir bilgisayar denetiminde birçok makine belli küçük bir iletişim ağına bağlı olarak çalışabiliyor. Farklı şeylerin üretilebilmesi için makinelerin değiştirilmesi yerine birden fazla iş yapabilen makinelerin yeniden programlanması yeterli olabiliyor. Diğer taraftan bir CNC tezgahı, programına göre bir metalin birçok şekle sokulmasında ya da farklı şekildedeki parçaların kesilmesinde kullanılabilir. Robotlar ise, elektronik devrelerde parçaların yerleştirilmesinde kullanılabilir. Daha küçük boyutları düşünülürse, CNC makinesinin aynı anda daha kolay denetlenebileceği anlamını taşıyordu.

Yarı iletken teknolojisine bağlı olarak CNC'lerin işlem yapabilme hacmi ve çalışma hızları oldukça arttı. Ayrıca yarı iletken teknolojisinin önemli bir diğer katkısı algılayıcıların geliştirilmesi oldu. Hemen hemen ilk CNC'lerden beri kullanılan algılayıcılar tam anlamıyla üretimin gözü kulağı oldu. Algılayıcıların yardımıyla daha 1950'lerde düşünülen denetimin üretim sırasında kendi kendine gerçekleşmesini sağladı. Algılayıcıların üretim sırasında bildirdiği verilerle, programdaki istenen değerlerin karşılaştırılmasıyla, yapılması gere-

Kaynaklar:  
Ayres U., "Robot Computer Integrated Manufacturing",  
Chapman and Hall, Volume 1-2, 1991, 1992.  
Elektrik, Ağustos 1980.



Otomotiv sanayinde boyama ve montajda kullanılan robotlar

## Su Seviyesi Detektörü

Bir tanktaki su seviyesi bir çok şekilde ölçülebilir. Burada verinin devrede LED'in yanması, su seviyesinin elektrotların su seviyesinden aşağıya düştüğünü gösterir. Su seviyesi yükseldiğinde, elektrotlar arasında bir kısa devre oluşacağından, transistörün kapısı (gate) topraklanır. Böylece kapı ile kaynak arasında potansiyel farkı oluşmaz ve transistör akım geçirmez. Su seviyesi elektrotların altına düş-

tüğündeyse, kapı (gate) ile kaynak (source) arasındaki bağlantı kopmuş olur. Bu nedenle transistör akım geçirir ve LED yanar. LED'in su seviyesi yükselip, elektrotlar arasında kısa devre oluşturduğunda yanması için devrede küçük bir değişiklik yapılabilir. Şekilde, toprağa bağlanmış elektrodun voltaaj kaynağının artı ucuna bağlanması ve R2 direncinin kapı ile kaynak arasına bağlanması, LED'in su seviyesi, elektrot seviyesinin altındayken sönük kalmasını sağlayacaktır.

