

## GİRİŞ

Bu projede inşaatlarda kullanılan başlıca donatılardan biri olan inşaat çeliği üretimi anlatılmış ve Gebze/Dilovası'nda bulunan Diler Demir Çelik A.Ş. de yılda 600.000 ton inşaat çeliği üretiminin planlaması yapılmıştır.

1999 yılında yaşanan deprem felaketlerinden sonra inşaat malzemelerinin kalitesi konusunda şüpheler doğmuştur. Binaların ayakta durmasını sağlayan betonun yapı taşlarından biri olan inşaat çeliğinin nasıl üretildiğini hangi aşamalardan geçip piyasaya verildiğini bu projede anlatmaya çalıştım.

Ürettiği mamullerin büyük bir kısmını Ortadoğu ve Uzakdoğu ülkelerine ihraç eden, kaliteli ürünlerle bu piyasada adını duyuran, 40 yıldır bu ülkenin ekonomisine milyarlarca dolarlık katkı sağlayan Diler Demir Çelik A.Ş'ye ve çalışanlarına bana yardımlarını esirgemedikleri için teşekkür ederim. Özellikle bu fabrikada çalışmakta olan endüstri mühendisi Şule hanıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bu projeyi hazırlamamdaki ana etkenlerden biri olan sayın hocam Doç. Dr. Hüseyin Sönmez'e, beni yönlendiren tecrübelerini ve bilgi birikimini benden esirgemediği için minnettarlarımı sunarım.

*Kağan Emre Yüksel*

BÖLÜM-1  
İNŞAAT ÇELİĞİ ve MALZEME BİLGİSİ

## 1.1. MALZEME BİLGİSİ

### 1.1.1. Metaller

Metaller çok değişik türde üstün özellikleri nedeni ile endüstride çok geniş uygulama alanına sahiptirler. Özellikle üstün mekanik özelliklere sahip olduklarından en önemli yapı ve makine malzemesi sayılırlar. Arı halde yumuşak ve düşük mukavemetli olmalarına karşılık alaşımlama, soğuk şekil verme ve ısıtma işlemleriyle sertlik ve mukavemetleri birkaç kat artırılabilir. Ayrıca üretim sırasında döküme, plastik şekil vermeye, keserek ve talaş kaldırarak işlemeye, kaynak, perçin ve vida ile birleştirmeye elverişlidirler. Bütün bunlara karşın bir kaç türü hariç genellikle korozyona karşı dirençleri düşük ve pahalıdır.

Endüstride kullanılan metallerin ve metal alaşımlarının türleri binlerin üzerindedir. Bunların her biri belirli amaç için geliştirilmiştir. Metaller demir esaslı ve demirdışı metaller olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Demir esaslı metallerde ana eleman demirdir, bunun yanında karbon daima bir alaşım elemanı olarak bulunur. Demire karbondan başka elemanlar katılarak üstün nitelikte çeşitli alaşımlı çelikler elde edilir. Demirdışı metaller içerdikleri ana elemana göre adlandırılırlar. Ana elemanların yanına bir ve birden fazla alaşım elemanı katarak değişik türde demirdışı alaşımlar üretilir. Demirdışı metallerden en önemli olanları alüminyum ve alaşımları ile bakır ve alaşımlarıdır. Bunlar hakkında ileride kısa bilgi verilecektir. Endüstride kullanılan metallerin yaklaşık % 90'ı demir esaslı metallerdir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri yükseldikçe demirdışı metallerin kullanma oranlarının arttığı görülmektedir.

### 1.1.2. Demir Karbon Alaşımlarının Genel Özellikleri ve Kullanma Alanları

**A) Demirler:** Demirler çok yumuşak ve düşük mukavemetli, olmakla beraber plastik işlenebilme yetenekleri yüksektir. Korozyona dayanıklılıkları iyidir, ayrıca galvanizasyon ve emaye işlemleri ile bu özellik daha da artırılır. Demir borular ve saçlar ergimiş çinko banyosuna daldırılarak galvanize edilir. Diğer taraftan banyo küvetleri ve benzeri elemanlar seramik filmle kaplanarak emaye edilir. Uygulamada galvanizli borular su ve ısıtma tesisatlarında, galvanizli saçlar yapılarda çok yaygın olarak kullanılır.

**B) Çelikler:** Çeliklerde karbon oranı yükseldikçe iç yapıda yumuşak ferrit fazının yanında sert ve gevrek olan demir karbür fazının miktarı artar, şekil değiştirme zorlaşır

dolayısıyla, sertlik ve mukavemet artar, buna karşılık süneklik azalır. Çeliklerin elastisite modülleri karbona bağlı değildir, düşük mukavemetli yumuşak çeliklerle yüksek mukavemetli çeliklerin elastisite modülleri aynı olup ortalama  $210.000 \text{ N/mm}^2$ 'dir. Az karbonlu çeliklerde akma basamağı görülür, mukavemet düşük olmakla beraber tokluk yüksektir. Yüksek karbonlu çeliklerde mukavemet yüksek fakat tokluk düşüktür.

Çeliklere şekil verme işleminin uygulandığı sıcaklığın düzeyi mekanik özellikleri etkiler. Yeniden kristalleşme sıcaklığının üstünde şekil verilmiş (sıcak haddeleme) çeliklere doğal sertlikte çelikler denir. Sıcak işlenmiş doğal sertlikteki çeliklerin mekanik özelliklerinin karbon oranına bağlı olarak değişimi verilmiştir. Çeliklerde yeniden kristalleşme sıcaklığı  $600^\circ\text{C}$  civarındadır. Bu sıcaklığın altında şekil verilenlere soğuk işlenmiş çelikler denir. Bunların sertlik ve mukavemetleri şekil verme oranına bağlı olarak çok değişebilir.

Çelikler demir cevheri veya cevherlerden üretilen konsantreler ile bunlardan üretilen sinter, pelet gibi metalürjik ön işlemlere uğratılmış halleri, koklaşabilir taş kömürlerden üretilen metalürjik kok ve curuflaştırıcılardan oluşan doğal hammaddelerden başlayarak, yüksek fırınlarda üretilen, öncelikle sıvı ham demir şeklindeki ara ürünle veya üretimi sırasında ve çeşitli imalatlar sırasında ayrılan hurdalarla ve çelikten mamul ömrü biten yapıların hurdalarıyla üretilirler. Şekil 1.1 de doğal hammaddelerden başlayarak üretimde izlenen yol Fe-O-C denge diyagramlarından görülmektedir.

Sıvı ham demir genelde içerisinde 3,0 - 4,5 Karbon, 0,5-3,0 Silisyum, 0,3 - 2,0 Manganez, 0,05 - 2,0 Fosfor ve 0,01- 0,20 Kükürt içerir. Ayrıca doğal hammaddelerden gelebilecek, Cu, Ni, Sn, Co, Mo, Cr, V, Ti gibi elementleri de (çok az miktarlarda da olsa) içermektedir. Şekil-1.1'deki Demir-Karbon bölgesinden görülebileceği gibi bileşiminde %2'ye kadar karbon içeren demirkarbon alaşımlarına "ÇELİK" adı verilir. Bu sebeple sıvı demirin bileşiminde bulunan başta karbon ve diğer elementleri istenen limitlere kadar indirilmesi çelik üretim prosesleri sayesinde olabilmektedir. Çelik üretimi temelde çelik üretiminde kullanılan ana hammaddelerden (sıvı ham demir ve çelik hurdası) istenen bileşimi sağlamak için oksidasyon proseslerinden oluşur. Oksidasyon sayesinde Si, Mn, P, Cr, V, Ti gibi elementlerin oksit

formunda uygun (ergime sıcaklığı, akışkanlık, düşük yoğunluk dolayısı ile) curuflar yapılmasıyla sistemden uzaklaştırılması söz konusudur.

Karbonun oksidasyonu ise çelik banyosundan CO gazı olarak giderilmesiyle oluşur. Ancak CO gaz habbecikleri çelik ve üzerindeki curuf banyolarını aşarak atmosfere karışırken atmosferdeki oksijen ile CO<sub>2</sub> dönüşerek uzaklaştırılmış olur. Çelikteki kükürdün giderilmesi ise oksidasyon safhasında pratik olarak mümkün değildir. Kükürdün curufa geçebilmesi için curufta serbest oksijen (bazik curuf şartı) ve metalde çözünmüş oksijen bulunmaması (redükleyici şart) gereklidir. Bu sebeplerle kükürt rafinasyonu için iki aşamalı curuf (çift curuf tatbikatı) ile çalışılması zorunluluğu doğar ve bu zorunluluk konverterlerde yapılmazken siemens-martin ve elektrik ark fırınlarında çelik üretim esnasında başarılabilir. Hangi yöntem olursa olsun, sıvı çelik içerisinde nihai olarak oksijenin giderilmesi (deoksidasyon) ve alaşımlama çelik üretim proseslerinin vazgeçilmez bir parçasıdır.

Hammadde cins ve bileşimleri ile çelik üretim prosesleri değişiklikleri çeliklerin (dar limitlerde olmasına rağmen) bileşimlerin çok değişik olmasına sebep olurlar. Çeliklerde başta karbon olmak üzere bileşimde her zaman bulunabilen Si, Mn, P, S ile alaşım elementi veya deoksidasyon amacı ile ilave edilen Ni, Cr, V, Mo, W, Al, Ti, Nb gibi elementlerin mevcudiyeti çeliğin yapısını ve tüm özelliklerini oluşturmasına etki ederler. Çeliklerin kimyasal bileşiminin yanı sıra, biçimlendirme yöntemleri ile uygulanan ısı işlemler de malzeme iç yapısını ve dolayısı ile de özelliklerini çok yakında etkileyen faktörlerdir.

Çelik ürünlerinin, kullanım yerlerine bağlı olarak şekillendirilmesi başta döküm yoluyla ürünlerin üretimi şeklinde, külçe (ingot) veya sürekli (kontinü) döküm yolu ile yapılmaktadır. Ayrıca endüstrinin çeşitli kesimleri için özellikle karmaşık boyutlu ve komplike çelik parçaların, parça çelik döküm yöntemi kullanılarak üretimi de önemli bir şekillendirme prosesidir. Ara ürünlerden nihai ürünlere genelde haddeme, dövme, ekstrüzyon gibi yöntemlerle gidilir. Haddelenmiş ürünlerinde; kesme, bükme, dövme, preste şekillendirme, talaş kaldırarak işleme, kaynakla birleştirme gibi imalat yöntemleri kullanılarak mamul ürünlerin üretimi gerçekleştirilir.

Çelik ürünler, başta yatırım malları ve dayanıklı tüketim malları imalat sanayi sektörleri (madeni eşya, makina imalatı, otomotiv ve diğer ulaşım araçları.) olmak üzere ara malı üretim imalat sanayi (kimya, petrol, kömür, toprak, orman ve ana metal sanayi

v.s.) ile enerji, madencilik, endüstriyel yapılar ve konut sektörlerinin en temel ham maddelerini oluştururlar.

1970'li yıllardan sonra özellikle ileri endüstri ülkelerde kullanılan çelik kalitelerindeki gelişmeler daha da önemle üzerinde durulan konular olmaktadır. Bu gelişmelerde, komplike parçaların üretiminde biçimlenebilme kabiliyeti yüksek, daha dar toleranslı boyutlara sahip, daha ince ve kaplamalı olarak kullanılacak saçlar, çok düşük sıcaklıklarda sünek davranış gösteren, kaynaklı imalatlarda çatlama riski en aza indirilmiş, fakat dayanımları (dayanım/ağırlık oranları yükseltilecek şekilde) artırılmış, (dual fazlı, az alaşımlı, yüksek mukavemetli, termomekanik yöntemlerle üretilen mikro alaşımlı, küçük taneli) çelik malzemelerin ağırlık kazandığı gözlenmektedir.

## **I- Çeliklerin Tanımı ve Sınıflandırılması**

Çeliklerin gerek bileşim değişimleri (karbon ve diğer elementlerle empürite elementlerinin mevcudiyeti ve miktarları) gerekse yarı veya son ürün haline gelinceye kadar uğradıkları farklı mekanik ve ısı etkileri ile kazandıkları özellikler, kullanım yerlerini belirleyen temel özelliklerdir. Bu sebeplerle çeliklerin bilimsel ve teknolojik sınıflandırılmaları ile standardizasyon konuları önem arz etmektedir.

a- Sade karbonlu Çelikler: Demirden başka ana alaşım elementi olarak sadece karbon içeren fakat (% 0,5 Si, % 0,8 Mn, % 0,1 Al, % 0,1 Ti, % 0,25 Cu) sınırların içerisinde alaşım elementlerini de bulundurabilen çeliklerdir.

b- Alaşımlı Çelikler : İçerisinde karbonla beraber ve sade karbonlu çeliklerde ancak belirli limitlere kadar bulunabilen alaşım elementlerini içeren çeliklerdir.

### **a. Sade Karbonlu Çelikler**

Karbon miktarının artışı ile ötektoid altı çeliklerde ferrit+perlit karışım yapısında bulunan perlit oranı artmakta ve % 0,8 C değerinde çelik % 100 perlitik bir yapıya sahip olmaktadır. Ötektoid üstü çeliklerde ise yapıda perlitin yanı sıra sementit bulunmaktadır.

Sade karbonlu çeliklerin tüm özellikleri içerdikleri karbon miktarına bağlı olarak sahip oldukları yapılarla doğrudan ilişkilidir. Şekil-1.8 de çeliklerde karbon ile mekanik özellikler arasındaki ilişkiler gösterilmektedir. Görüldüğü gibi artan karbon miktarı ile çeliklerde sertlik akma ve çekme dayanımı artarken süneklik (% uzama ve % kesit daralması) ve darbe dayanım azalmaktadır. Karbon miktarının artışı (bu özelliklere bağlı olarak) çeliklerin plastik şekil alma kabiliyetlerinde düşürücü rol oynamakta buna karşın martensitik dönüşümde çok önemli ve etkili bir element olarak çeliklerin su verme adını verdiğimiz mekanizma ile sertleştirilmelerini mümkün kılmaktadır. Karbon miktarındaki artışı çeliklerin kaynak kabiliyetini düşürmede önemli bir etken olup kaynak esnasında ısıl etkiler dolayısı ile çeliğin çatlamaya hassasiyetini belirlemektedir. Karbon miktarındaki artış çeliğin su alma kabiliyeti ile kaynak kabiliyeti üzerine ters etkide bulunmaktadır. Sade karbonlu çelikler, karbon içeriğine göre 3 grup içerisinde ayırma tabii tutulabilmektedir.

#### a.1 Az Karbonlu Çelikler

Bu gruba % 0-0,20 arasında karbon içeren çelikler dahil edilebilirler. Mekanik özellikleri göz önünde bulundurularak yumuşak çelikler olarak da tanınırlar. Az karbonlu çelikler dünya çelik üretiminin en büyük miktarını kapsarlar. Bilhassa yassı mamuller ile inşaat sektörü ve temel yapılarda kullanılan çelik çubuk ve profiller az karbonlu çelikler sınıfındadırlar.

Az karbonlu çelikler düşük karbon içeriklerinden dolayı, ısıl işlem ile kütleli olarak yeterince sertleştirilemezler. Ancak, sementasyon, nitrasyon v.b. yüzey sertleştirme işlemleri ile yüzeyleri sert iç kısımları yumuşak kalabilen parçaların üretiminde kullanılabilirler. Az karbonlu çeliklerin sertleştirilmeleri genellikle soğuk işlemle yapılmaktadır. Soğuk işlem şartlarında deformasyon miktarı arttıkça sertlik artarken süneklik azalmaktadır. Az karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimleri Tablo-1.1 de gösterilmektedir.

**Tablo-1.1** : Az karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimleri

Element	%
Karbon	0-0.20
Manganez	0.30-0.60
Silisyum	0.10-0.20
Fosfor	0.04 max.
Kükürt	0.05 max,

**Şekil 1.2** : Çeliklerin karbon miktarı ile mekanik özellikler arasındaki ilişkiler

Az karbonlu çeliklerin (özellikle çok düşük karbon içerenler), mekanik özelliklerinde yaşlanma sebebiyle önemli değişimler meydana gelebilmektedir. Düşük karbonlu çeliklerde yaşlanma iki kategori içerisinde incelenebilir. Birinci kategoride yaşlanma, çökme yaşlanması adı verilen mekanizma ile olur. Karbon ve azotun ferrit içinde çözünürlüğü sıcaklıkla değişmektedir. Bu özellikten istifade edilerek; solüsyona alma işlemi sonunda aşırı doymuş ferrit fazında karbür ve/veya nitrür çökmesi olur. Böylece çeliğin mekanik özelliklerin de değişimler meydana gelir. Deformasyon yaşlanması adı verilen, ikinci kategoride yaşlanma çelikler için çökme yaşlanmasından daha önemli bir olaydır. Bu olayda, ferrit içinde çözünen karbon ve azot plastik deformasyona sebep olan dislokasyon merkezlerinin hareketini engeller ve süreksiz akma olayı görülür. Bu durumda malzemenin mekanik özelliklerinde değişimler gözlenebilir. Çeliğe süreksiz akma gerilmesini aşacak bir gerilime tatbik edilip, yüklemeye sifıra indirilirse sürekli akma tekrar görülmeye başlar.

Soğuk çekilmiş ince çelik saçlarda temper haddesi yapılarak süreksiz akma giderilir. Ancak yaşlanma süresi içinde kullanılmayan bu tip malzemeler, özellikle presleme ve derin çekme işlemlerinde kullanıldıklarında malzemedeki tekrar süreksiz akma görüleceğinden yüzey buruşuklarına sahip hatalı ürünler ortaya çıkar. Bu hataları önlemek için yaşlanmayan çelik üretmek maksadıyla özellikle, azotu bağlamak için çeliklere alüminyum ilave edilerek söndürülmüş çelikler veya yaşlanmayan çelikler üretilir.



Deformasyon yaşlanması bir diğer şekli de 200° C gibi yüksek sıcaklıklarda

Element	%
Karbon	0,20-0,50
Manganez	0,60-0,90
Silisyum	0,15-0,30
Fosfor	0,04 max
Kükürt	0,05 max

yapılan deformasyon sırasında görülür. Buna da dinamik deformasyon yaşlanması adı verilir.

### **a.2 Orta Karbonlu Çelikler**

Bu gruptaki çelikler % 0,20-0,50 arasında karbon ihtiva eden çeliklerdir. Karbon miktarına bağlı olarak orta derecede mekanik özelliklere sahiptirler. Bu gruptaki çeliklerin en büyük özellikleri ısıl işleme yeteri derecede sertleştirilebilmeleridir. Bu bakımdan orta karbonlu çeliklerin kullanma sahaları özellik arz eder.

Bilhassa makina imalat sanayiinin tercih ettiği çeliklerdir. İşlenebilme kabiliyetleri ve şekil alabilme kabiliyetleri az karbonlu çeliklere nazaran daha düşüktür.

Bu gruptaki çeliklerin kaynak kabiliyetleri de az karbonlu çeliklere nazaran düşüktür. Zira kaynak esnasında meydana gelen kontrolsüz ısıl etkiler çeliğin yapısal değişiminin de kontrolsüz olmasına sebebiyet verir. Bunun neticesinde malzemelerde hatalara sebep olabilir. Bu sebepten dolayı orta karbonlu çeliklerin bilhassa alaşım elementi ihtiva edenlerinin kaynak işlemlerinde özel itina göstermek icap etmektedir. Orta karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimleri Tablo-1.2 da gösterilmektedir.

**Tablo-1.2 :** Orta karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimleri.

### a.3 Yüksek Karbonlu Çelikler

% 0,50'den daha fazla karbon ihtiva eden çeliklerdir. Normal halde yüksek mukavemetli ve sünekliliği az olan çeliklerdir. Isıl işlemlerle sertleştirilmeleri sayesinde fevkalade yüksek sertlik kazanırlar. Bu bakımdan aşınmaya dayanıklı ve kesici özelliğe sahiptirler.

İşlenme ve şekil alabilme kabiliyetleri düşüktür. Kaynak kabiliyetleri de düşük olup özel teknikler ile kaynakları yapılabilir.

Bu gruptaki çelikler daha ziyade takım üretiminde kullanılırlar. Yüksek karbonlu çeliklerin bileşiminde bulunan karbon miktarının sınırı, demir-karbon denge diyagramı gereğince % 2'ye kadar çıkabilirse de tatbikatta bu değer (çok özel durumlar mucisinde ancak) % 1,2-1,4 ile sınırlıdır. Bu gruptaki çeliklerin ısıl işlemleri de özel itina isteyen işlemlerdir. Yüksek karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimleri Tablo-1.3 de gösterilmektedir.

**Tablo-1.3 :** Yüksek karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimleri

Element	%
Karbon	0,50'den fazla
Manganez	0,70-1,00
Silisyum	0,15-0,30
Fosfor	0,04 max
Kükürt	0,05 max

Özellikle yüksek karbonlu çelikler, düşük ve orta karbonlu çeliklere göre daha kolay su alabilirler ve elde edilen martensitik yapının sertliği de daha fazladır.

### b. Alaşımli Çelikler

Bu grupta yer alan çelikler içerdikleri alaşım elementlerinin miktarına iki kategoriye ayrılabilir.

i- Az alaşımli çelikler : Alaşım elementi ve /veya elementlerinin toplamı % 5'den az olan çelikler.

ii- Yüksek alaşımlı çelikler : Alaşım elementi ve/veya elementlerinin toplamı % 5'den yüksek olan çelikler.

**Tablo 1.4:** Sıcak İşlenmiş Çeliklerin Mekanik Özellikleri

c.%	Akma sınırı, N/mm <sup>2</sup>	Çekme muk., N/mm <sup>2</sup>	Süneklik %
0,1	280	380	38
0,2	320	420	35
0,4	420	620	25
0,6	480	815	20
0,8	520	850	10
0,9	570	920	8

Az karbonlu çeliklerin sertlik ve mukavemetleri düşüktür, kolay işlenir ve kolay kaynak yapılabilir. Su verme ile sertleştirilemezler, sertlik ve mukavemetleri soğuk şekil verme ile arttırılır. Genel amaçlar için kullanılan en ucuz çeliklerdir.

Orta karbonlu çeliklerin mukavemetleri ve toklukları yüksektir, plastik şekil vererek işlenebilirler. Şekil verildikten sonra su verme ile sertlik ve mukavemetleri birkaç kat arttırılabilir. Bu çelikler genellikle yapılarda, makine parçaları, buhar kazanları, demiryolu rayları gibi mukavemet istenen yerlerde kullanılırlar.

Yüksek karbonlu çeliklerde sertlik ve mukavemet yüksek olmakla beraber, süneklikleri ve toklukları düşüktür, şekil vermek zordur. Kaynak yetenekleri iyi değildir, kaynak sırasında yerel sertleşme ve gevrekleşme oluşur, çatlamlar meydana gelebilir. Bu çelikler genellikle takım, kalıp ve yay çelikleri olarak kullanılırlar. Şekil vermeden ince 700 °C civarında uzun süre tavlınırsa tabaka ve ağ şeklindeki demir karbür fazı küresel şekil alır. Bu küreleştirme işleminden sonra yumuşak ferrit fazı içinde dağılmış küresel demir karbür tanelerinden oluşan çelik kolay işlenir, daha sonra su verme ile sertleştirilir.

### C) Dökme Demirler:

Beyaz dökme demirler: Beyaz dökme demirlerde ana faz olan demir karbür çok sert ve gevrek, keserek veya plastik şekil vererek işlenemez. Uygulamada aşınma direncinin mukavemetten daha önemli olduğu yerlerde kullanılır. Çimento endüstrisinde öğütme değirmenlerinde aşındırıcı bilyalar, çamur pompaları, kazı makinaları ve benzeri yerlerde aşınmaya maruz parçaların üretimine elverişlidir. Diğer taraftan beyaz dökme demirden temper dökümü elde edilir. 800°C un üzerinde uzun süre tavlınırsa kararsız demir karbür bileşiği ferrit ve ince parçacıklar halinde grafitte ayrışır. Yumuşak

ferrit fazı içinde ince grafit kümelerinden oluşan bu yapıya temper dökümü veya dövülebilme anlamına gelen maleabl döküm denir. Temper dökümünün çekme mukavemeti  $380 \text{ N/mm}^2$  ve sünekliği % 20 düzeyindedir. Uygulamada çok sayıda karışık şekilli parçalar (boru ekleme parçaları gibi) önce beyaz döküm halinde üretilir, sonra tavlansarak temper dökümüne dönüştürülür.

Kır dökme demirler: Kır dökme demirin üretimi kolaydır ergime sıcaklığı ( $1140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) çeliğinden çok daha düşüktür, kalıbı iyi doldurur ve soğukken çok az büzülür. Gevrek olmakla beraber yumuşaktır, keserek kolay işlenir. Çekme mukavemeti düşük ( $120 \text{ N/mm}^2$ ) buna karşın basınç mukavemet yapı çeliklerinin üstünde olup  $720 \text{ N/mm}^2$  düzeyindedir. En ucuz metal sayılır. Makine gövdelerinde, kolon mesnetlerindeki, drenaj boruları gibi fazla zorlanmaya maruz kalmayan parçalarının üretiminde kullanılır.

Kır dökme demire dökümden biraz önce % 1 magnezyum katılırsa grafit ferrit fazı içinde küreler halinde dağılır. Yumuşak ferrit fazı içinde küresel grafit taneleri içeren bu metala küresel döküm veya sfero döküm demir. Mukavemeti ve sünekliği yapı çeliğine yakındır. Özellikle karışık şekilli makine parçalarının döküm yolu ile üretimine elverişlidir.

### **1.1.3. İnşaat (Beton) Çeliği ve Standartları**

Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü malzeme standartlarını hazırlarken genellikle Alman DIN standardını esas almaktadır. Çelik konusunda tanımlar ve sınıflandırmalar TS 1111 standardında mevcuttur. TSE çelikler için Fe simgesini kullanır ve en az çekme mukavemetini  $\text{kgf/mm}^2$  veya  $\text{N/mm}^2$  olarak verir. Türk Standartlar Enstitüsünün çabalarına rağmen ülkemizdeki üretici kurumlar arasında bu konuda henüz bir birlik sağlanamamıştır. Bazı üreticiler Amerikan, bazıları DIN normlarına göre üretimi yapmaktadırlar.

TSE'nin hazırladığı standartlardan TS 2162 genel yapı çeliklerini, TS 708 betonarme çeliklerini ve TS 3721 öngerilmeli beton çeliklerini kapsar. Standartlarda çeliklerin sınıfları ve mukavemetleri belirtilirken ayrıca kaliteyi ve üretim sırasında uygulanan oksit giderici işlemlerle ilgili simgeler de eklenir. Çeliklerin bileşiminde bulunan fosfor ve kükürt gevrekliği arttırdığından üretim ve kullanma sırasında olumsuz etkiler yaratır. Bu nedenle bu elemanlara konan sınırlamalar belirtmek için üç ayrı kalite

numarası kullanılır. Kalite 1 de P % 0.07 den az, S % 0,05 en az, kalite 2 de P ve S % 0,05 den az ve kalite 3 de her ikisi de % 0,04 den az olmalıdır. Ayrıca üretim sırasında kaynar dökülmüş çelik için K, sakın dökülmüş çelik için S ve özenle dökülen için SS simgeleri eklenir. Örneğin K Fe 37-2 kaynar dökülmüş olup P ve S ve en fazla % 0,05 ve çekme mukavemeti en az 37 kgf/mm<sup>2</sup> dir.

Betonarme çelik çubukları için hazırlanan TS 708’de standardı çubukların dış görünüşleri, mekanik özellikleri ve üretim yöntemi ile ilgili bilgileri içerir. Tablo 2’de görüldüğü gibi çelik çubuklar dış görünüş yönünden düz yüzeyli ve nervürlü, üretim yönünden doğal sertlikte (sıcak işlenmiş) ve soğuk işleme sertleştirilmiş olmak üzere alt sınıflara ayrılırlar. Nervürlü çubukların yüzeylerinde betondan sıyrılmaya karşı direnci arttırmak için nervür denen çıkıntılar bulunur.

**Tablo 1.5:** Beton Çelik Çubukları Standardı TS 708

Tipler	Doğal Sertlikte		Soğuk İşlenmiş
Sınıflar	I <sub>a</sub>	III <sub>a</sub>	III <sub>b</sub>
Simge	I <sub>a</sub>	III <sub>a</sub>	III <sub>b</sub>
Anma çapı, mm	5-28	5-28	5-28
Min.akma sınırı, N/mm <sup>2</sup>	220	420	420
Mak. akma sınırı, N/mm <sup>2</sup>	320	470	-
Min.çek muk. N/mm <sup>2</sup>	340	500	520
Min. Kopma uzaması, %	18	18	8

Beton çelik çubukları BÇI<sub>a</sub>, BÇIII<sub>a</sub> ve BÇIII<sub>b</sub> olmak üzere üç tipe ayrılırlar. Beton çeliği BÇI<sub>a</sub> az karbonlu (% 0,15), doğalsertlikte (sıcak işlenmiş) ve düz yüzeyli olup çekme mukavemeti en az 340 N/mm<sup>2</sup> dir. BÇIII<sub>a</sub> orta karbonlu (% 0,35), doğal sertlikte ve nervürlü olup çekme mukavemeti en az 500 N/mm<sup>2</sup> nin üzerinde olduğundan uygulamada bağıl olarak yüksek mukavemetli betonarme çeliği sayılırlar. BÇIII<sub>b</sub> soğuk bırakılarak sertleştirildiği için 600<sup>0</sup>C üzerindeki sıcaklıklarda yumuşar ve mukavemeti azalarak BÇI<sub>a</sub> düzeyini düşer. Bu nedenle yangın etkisine maruz yapılarda bu etkinin gözönüne alınması gerekir.

TS 3721 standardı ile tanımlanan öngerilmeli beton çelikleri % 0,8 karbonlu perlitik çeliklerin soğuk çekilmesi ile elde edilir. Filmaşın denen 12 mm çaplı sıcak işlenmiş perlitik çelik çubuk aşamalı olarak soğuk çekilir ve 5-6 mm çaplı çelik tellere dönüştürülür. Çekme mukavemeti 1100 N/mm<sup>2</sup> kadar olan filmaşının mukavemeti

soğuk çekme sonucu  $1800 \text{ N/mm}^2$  yükselir. Bu çelik teller 7'lik demetler halinde örülerek toron veya kablo haline getirilerek öngerilmeli beton elemanlarda kullanılırlar.

#### 1.1.3.1. Dış Görünümlerine Göre Sınıflandırma

1. Düz Yüzeyle
2. Nervürlü

#### 1.1.3.2. Üretim Yönünden Sınıflandırma

1. Sıcak İşlenmiş
2. Soğuk İşlenmiş

#### 1.1.4. İnşaat Çeliği Üretim Aşamaları

1. Hurda Ön Isıtma
2. İngot Dökümü
3. İngot Sıyırma
4. Blok Haddesi
5. Kütük Haddesi
6. Orta Kesit Haddesi
7. Isıl İşlem Fırını
8. Islah Tesisi

## 1.2. KÜTÜK VEYA BLUM ÜRETİMİ VE BOYUTLARI

**Tablo 1.6:** İngot Ölçüleri

İngot Türü	Ebatlar			Brüt Ağırlık ((kg)
	a	b	h	
530'lık ingot	530	437	1690	2700
480'lik ingot	480	430	1510	2250

a: uzunluk

b: genişlik

h: yükseklik

**Tablo 1.7:**

Malzemeler İçin Toleranslar		
Kesit (mm)	Kesit Toleransı max $\pm$ mm	Doğruluk, max mm/m
50	0,8	4
51-80	1,0	4
81-100	1,3	2,5
101-120	1,5	2,5
121-190	2	2,5
191-245	2,5	2,5

**Tablo 1.8:**

Malzemeler İçin Toleranslar			
Kesit (mm)	Kesit Toleransı max $\pm$ mm	Ovalite, max mm	Doğruluk max mm/m
22-26	0,5	0,8	1
27-35	0,3	0,48	
36-67	0,4	0,64	
70-80	1,0	1,6	2,5
83-100	1,3	2,08	
105-120	1,5	2,4	
125-165	2	3,2	
170-220	2,5	4	

## BÖLÜM-2

# İNŞAAT ÇELİĞİNİN ŞEKİLLENDİRİLME YÖNTEMİ

### 2.1 PLASTİK ŞEKİL VERME YÖNTEMLERİ

Metalik malzemelerin modern teknolojiadaki önem, istenilen şeklin çeşitli yöntemlerle kolaylıkla verilebilmesinden ileri gelmektedir. Metalik malzemeleri genel şekillendirme yöntemleri şöyle sınıflandırılabilir.

- a. Döküm



- b. Plastik şekil verme (mekanik işlemler)
- c. Talaşlı imalat
- d. Kaynak
- e. Toz metalürjisi

Şekillendirme yöntemlerinin seçiminde şekillenecek malzemenin son şekli, boyutları, boyut toleransları ve yapılması istenen parçanın sayısı önemli faktörler olmaktadır. Örneğin; metalik bir plaka veya sac üretimi, ya da çivi veya tel üretimi için en uygun şekillendirme yöntemi mekanik işlemlerdir. Bu ürünlerin üretilmesinde kullanılacak mekanik işlem ise haddeleme, ekstrüzyon veya tel çekme gibi yöntemlerden birisi olabilir.

Metalik malzemeleri şekillendirmede kullanılan en genel yöntemlerden birisi olan plastik şekil verme işlemlerinde yani mekanik işlemlerde, metalik malzemeye bir kuvvet tatbiki ile malzemenin plastik olarak şekil değiştirmesi sağlanır. Bu durum metalik malzemelerin çok iyi plastik şekil değiştirme özelliklerine sahip olmalarından ileri gelmektedir. Mekanik işlemler sonucunda malzemelerin genellikle mekanik ve fiziksel özellikleri değişir ve daha iyi özellikler kazanırlar. Mekanik işlemler bu özelliğinden dolayı bazı durumlarda sadece metalik malzemelerin mekanik özelliklerini geliştirmek, istenen değerlere yükseltmek amacıyla da yapılır. Mekanik işlemlerin bu özelliğinden dolayı diğer şekillendirme yöntemlerinden önemli bir farklılığı vardır.

Plastik şekil verme işlemlerinde farklı uygulamalar için, haddeleme, dövme, ekstrüzyon, tel çekme, derin çekme, sıvama, eğme ve kesme gibi çeşitli prosesler geliştirilmiştir. Bununla beraber, bütün bu prosesler şekil verme işlemi sırasında uygulanan kuvvetin şekline veya tipine bağlı olarak birkaç bölüm içinde sınıflandırılabilir. Bu bölümler şunlardır:

- a. Doğrudan basma işlemleri
- b. Dolaylı basma işlemleri
- c. Çekme işlemleri
- d. Eğme işlemleri

e. Kesme işlemleri.

Doğrudan basma işlemlerinde, kuvvet şekillenecek parçanın yüzeylerine uygulanır, malzeme basma yönüne dik yönlerde akarak şekil değiştirir. Bu türdeki işlemlere örnek olarak dövme ve haddeme gösterilebilir.

Dolaylı basma işlemlerinde ise genellikle uygulanan çekme kuvvetinin etkisiyle malzemede oluşturulan basma kuvvetleri ile şekil değişimi sağlanır. Bu türdeki işlemlere örnek olarak tel çekme ve derin çekme verilebilir.

Uygulanan çekme kuvvetinin etkisiyle dönen bir kalıp üzerine metalik saçın sarılarak şekillendirildiği gererek şekillendirme yöntemi çekme işlemlerine en iyi örnektir.

Eğme işlemlerinde, eğme momenti etkisiyle yassı metalik malzemeler şekillendirilir. Kesme işlemlerinde ise, kesme kuvvetlerinin etkisiyle metalik malzemenin kapması sağlanır. Metalik malzemeleri şekillendirmede kullanılan bu yöntemler aşağıdaki şekilde görülmektedir.

Plastik şekillendirme işlemleri, hammadde olarak kullanılan ingot, blum veya takoz gibi döküm yöntemi ile kaba olarak şekillendirilmiş metalik bloklardan levha, saç veya çubuk gibi basit şekilli standart ürünleri elde etmek için yapılıyorsa bu işlemlere birinci dereceden plastik şekil verme işlemleri denir. Şekillendirme yöntemi malzemeye, istenilen son şekli vermek için yapılıyorsa buna ikinci dereceden plastik şekil verme işlemleri denir. Metalik yassı ürünlerin şekillendirilmesinde kullanılan işlemlerin bir çoğu, tel veya tüp çekme işlemleri bu sınıftaki plastik şekil verme işlemlerine örnektirler.

**Şekil 2.1:** Metalik malzemeleri şekillendirmede kullanılan tipik mekanik işlemler.

Plastik şekil verme yöntemlerinde en önemli problem malzemenin plastik deformasyona karşı gösterdiği direnç olup, bu türdeki şekillendirme yöntemlerinde bu direncin üzerinde bir kuvvet uygulaması gerekmektedir. Prosesde uygulanan kuvvet malzemenin deformasyonunu sağlamalı fakat, malzemenin çatlama veya kırılmasına sebep olmamalıdır.

Mekanik işlemlerde uygulanan kuvvete (P); malzemenin deformasyon şartlarındaki mukavemeti ( $\sigma$ ), malzeme ile takım arasındaki sürtünme katsayısı ( $\mu$ ), şekillendirilecek malzemelerin şekli ile ilgili geometrik faktör (C) etki eder. Bu üç faktörü ( $\sigma$ ,  $\mu$ , C) etkileyen faktörler, dolaylı olarak uygulanan mekanik işlemi de etkilerler. Bunlardan şekillendirilecek malzemenin deformasyon şartlarındaki mukavemetine ( $\sigma$ ) etki eden faktörler; deformasyon sıcaklığı (T), deformasyon miktarı ( $\epsilon$ ), deformasyon hızı ( $\dot{\epsilon}$ ) ve malzemenin metalürjik yapısıdır (S).

Yüzeylerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, yüzeylerdeki pas veya oksit tabakası, yüzeylerin pürüzlüğü, sürtünmeyi azaltmak için kullanılan yağın cinsi, malzeme ile takım arasındaki  $\mu$  sürtünme katsayısına etki eden başlıca faktörlerdir.

Şekillendirilecek malzemenin şekli ile ilgili geometrik faktörü (c) etkileyen faktörler ise; şekillenecek metalik mekanik işlem öncesi şekli, kalıbın şekli, metalin bu şekli alması için gereken akma durumudur. Örneğin, bir metalde belirli miktardaki bir kesit küçülmesi ekstrüzyonla veya haddeleme ile yapıldığında farklı kuvvetlerin uygulanması gerekmektedir. Bunun sebebi, geometrik faktörün bu işlemlerde farklı atıl kuvvetler oluşturmasıdır. Bu işlemlerde ekstrüzyon kalıbının şekli, haddelemede kullanılan merdanelerin çapı, farklı derecede şekillendirmeyi etkileyen geometrik faktörler olacaktır.

Mekanik işlemlerde kullanılan kuvvete (P) etki eden faktörler, aynı zamanda şekillendirilen metalin, mekanik özelliklerini etkileyen faktörlerdir. Örneğin, mekanik işlem sırasında, malzemenin mukavemetini etkileyen metalürjik yapısı, deformasyon sıcaklığı, deformasyon hızı gibi faktörler, aynı zamanda mekanik işlem sonucunda elde edilen malzemenin mukavemetini de etkiler. Malzeme ile takım arasındaki sürtünme durumu yani sürtünme katsayısı ( $\mu$ ), özellikle soğuk işlemlerde şekillendirilmiş malzemenin yüzey özelliklerini (parlaklık ve düzgünlüğünü) etkiler. Geometrik faktör (c) ise, malzemenin şekillendirilmesi sırasında meydana gelen hatalara sebep olan en önemli faktördür.

## 2.2. HADDELEMENİN TARİHÇESİ

Hadde tekniği dört aşama üzerinde inşa edilmiştir. Önceleri soğuk olarak küçük parçalar el ile tahrik edilen bir işletme tertibatı ile basit olarak haddeleme yapılmakta idi.

16. asırda demirin elde edilmesi halinde haddecilikte tahrik gücü olarak su gücünden istifade edilmeye ve bu arada sıcak olarak haddeleme işi tecrübe edilmeye başlanmıştır. Bu suretle demir haddeleme tesislerinin ilk temelleri atılmaya başlanmış oldu. İlk haddeleme ağaç ve taştan inşaa edilmiş odun kömürü demir endüstrisinde değirmen olarak tatbik edildiği görülür. Burada merdaneler sadece önceden dövülen demir parçalarına nihai işleme yapılmak için kullanılmakta idi.

nc aşama İngiliz mucidi Walt'ın buhar makinasını bulması ve Puddel metodu ile demirin elde edilmesi olmuştur. Bu itibarla demirin işlenmesinin ilk vatani İngiltere denilebilir. Burada istihsalin ağırlık noktasını ray demiri teşkil eder. Daha önceleri hadde tesisleri sadece demire n bir şekil vermek için kullanılmıştır.

Dördüncü aşama ise; akma çeliğin bulunması ile başlamıştır. Bundan sonra haddecilik fazla gelişme kaydederek hususi hadde tesisleri ve yardımcı makinalar inşa edilerek daha iktisadi olarak çalışan büyük hamlelere geçilmiştir. Bundan sonra ağırlık merkezi Amerika'ya kaymıştır.

İlk hadde tesisinin kuruluş tarihi kesin olarak bilinmemektedir. 1550 senesinde Fransız Brulier, metal levhaları başarı ile haddeleyerek eşit ağırlıkta madeni paralar yaptı. Bilahare Solamon De Causs demir ve bakırdan yapılmış merdaneler kullanarak, kalay ve kurşun levhalardan müzik aletleri yaptı. 1720 senesinde John Hanburgy, sa imalatı için gerekli ilk hadde tesislerini kurmaya muvaffak oldu. Pik merdane imalinden bir müddet sonra elik merdaneler yapılmaya başlandı. Çeliğin kalitesi arttıa, merdane kalitesi de en yüksek seviyeye çıkmıştır.

Leonardo Da Vinci'de bu işle uğraşmıştır. Basit hadde tezgahı ilk eski haddecilik başlangıcı olarak zikredilmektedir.

### **2.3 . HADDELEMENİN ESASI**

Malzemeleri, eksenleri etrafında dönen iki silindir (merdane) arasından geçirerek yapılan plastik şekil verme işlemine haddeleme denir. Haddeleme, retim hızı ve sürekliliği ile, işlemin ve ürünün kontrolünün kolay oluşu nedenleriyle en çok kullanılan

plastik şekil verme yöntemidir. Plastik deformasyonun yapıldığı bütün malzemelerin % 95 kadarı haddeleme ile şekillendirilir.

Merdaneler aynı hızla ve birbirine zıt yönde dönerler. Malzeme merdaneler arasından geçerken istenen şekli alır. Merdaneler arasındaki açıklık malzemenin giriş kalınlığından daha az olduğundan haddelenen malzemenin çıkış kalınlığında bir azalma olur. Malzemenin merdaneler arasından her geçişine paso denir. Haddeleme bir dolaylı basma mekanik işlemi olup, genellikle uygulanan tek kuvvet merdanelerle sağlanan radyal basınçtır.

Malzemenin deformasyonu, merdanelerin malzemeyi sıkıştırmasıyla sağlanan radyal basma gerilmeleri ve malzeme ile merdaneler arasında sürtünmeyle oluşan yüzey kayma gerilmeleriyle sağlanır. Sürtünme kuvvetleri aynı zamanda malzemenin merdaneler arasında ilerlemesini de sağlar. Bu işlemde haddelenen malzemenin kesiti küçülürken boyunda uzama ve genişliğinde de biraz artma meydana gelir. Buna yayılma adı verilir. Yayılmanın miktarı haddelenen malzemenin boyutlarına uygulanan deformasyon oranına ve merdanelerin çapına bağlıdır.

#### 2.4. HADDELEME ÇEŞİTLERİ

Haddeleme, işlem sıcaklığına göre **sıcak** ve **soğuk** haddeleme olarak sınıflandırılır. İngot ve kütük dökümlerin haddelenmesinde olduğu gibi büyük oranlarda kesit daralması yapıyorsa, haddeleme sıcak işlem olarak yapılır. Malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklarda yapılan sıcak haddeleme ile döküm yapısı bozulurken, daha küçük kesitli ürünler elde edilir. Çelik ingotlardan sıcak haddelemeyle slab, blum ve kütük gibi yarı ürünler ile levha, sac, çubuk, boru, ray ve profiller gibi çeşitli ürünler elde edilebilir .

**Şekil 2.2:** Demir cevherinden veya hurdadan blum, kütük, slab üretimi

Soğuk haddeleme de önemli olup, saç, folya, ince çubuk ve tel gibi küçük kesitli ürünlerin elde edilmesinde kullanılır. Soğuk haddeleme, düzgün bir yüzey, hatasız boyutlar ve yüksek mukavemet sağlamasına karşılık, işlem için gerekli haddeleme kuvvetlerinin ve gücünün artmasına yol açar.

## **2.5. HADDELENMİŞ ÜRÜNLERİN İSİMLENDİRİLMESİ**

Haddelenmiş ürünlerin kesit, boyut ve şekillerine göre özel terimler kullanılır. Çelik ingottan haddelenerek elde edilen kare kesitli ilk ara ürünler blum ve kütük, dikdörtgen kesitli ilk ara ürün ise slabdır. Slabdan haddelenerek daha küçük kesitli levha, saç ve bant gibi yassı ürünler yapılır. Bu ara ürün ve ürünlerin tanımlanmasında kesit boyutları ile ilgili kesin sınır değerleri olmamasına rağmen, genellikle kullanılan boyut sınır değerleri Şekil 5'te verilmiştir.

Haddeleme, demir dışı metalik malzemelerde genellikle yalnız yassı ürünlerin yapımında kullanılır. Bu uygulamada haddeleme çoğunlukla ingot dökümle başlar. Demir dışı metalik malzemelerden yuvarlak ürünlerin veya profillerin üretimi genellikle ekstrüzyonla yapılır. Bu işlemde hammadde olarak kullanılan silindirik metal bloklara takoz ismi verilir. Takozlar, ingottan sıcak dövme veya sıcak haddeleme ile elde edilmiş ara ürün ya da genellikle ekstrüzyonda olduğu gibi döküm ile elde edilmiş olabilir.

Bütün metalik malzemelerde haddeme işlemi genellikle ingottan veya sürekli döküm ile elde edilen slab, kütük veya takoz gibi hammaddeler ile başlar. Hadde ürünleri genel olarak yassı ve uzun ürünler olarak ikiye ayrılır. Yassı hadde ürünleri kalınlıklarına göre sınıflandırılırlar. Uzun hadde ürünleri kesit büyüklüğüne göre, hafif orta ve ağır profiller olarak sınıflandırılırlar. Profiller; dört köşe, yuvarlak, lama, altıgen, köşebent, U, I ve T gibi çeşitli şekillerde olabilir.

**Şekil 2.3:** Blum, slab ve kütüklerin haddelenmesiyle elde edilen ürünler

**Şekil 2.4:** Haddelenmiş çelik ara ürünler ile yassı ürünlerin kesit boyutları

Haddeleme ile metal tozlarından doğrudan bant şeklinde, ürünler de elde edilebilir. Toz haddelemede merdaneler arasına akıtılan metal tozları merdaneler arasından geçerken preslenir, daha sonra sinterlenip sıcak haddeleme ile veya birbiri ardınca yapılan soğuk haddeleme tavlama işlemleri ile istenilen kalınlığa indirilir. Toz haddelemenin en önemli avantajı ara kademedeki haddeleme işlemleri kalktığından yatırım maliyetinin çok azalmasıdır. Diğer avantajları ise döküm hammaddeden elde edilen haddelenmiş ürünlere göre çok küçük taneli ve minimum anizotropik özellikte saçların elde edilebilmesidir.

Alışıl gelmiş sıcak ve soğuk haddelemenin esas amacı malzemenin kalınlığını azaltmaktır. Haddelemede malzemenin yayılması genellikle çok azdır. Bundan dolayı kalınlığın azalması malzemenin boyunun uzamasına sebep olur. Haddeleme ile kalınlık azaltılarak yassı ürünlerle çeşitli profiller elde edilir.

Haddeleme bazı özel amaçlarla da yapılır. Örneğin, haddelemeyle malzemenin kalınlığını hemen hemen değiştirmeksizin şekillendirme de mümkündür. Bu gaye ile yapılan soğuk haddelemede, çeşitli profillerdeki merdaneler kullanılarak saçlara istenilen şekil verilir. Bu şekildeki haddeleme, özellikle uzun ve şekilli ürünlerin (oluk, şekilli boru, vs) yapımında kullanılır. Haddeleme, vida dişi açmak, kaynaksız halka ve dikişsiz boru üretimi gibi özel amaçlarla da yapılır.

## **2.6. HADDE TESİSLERİ**

### **a) Büyüklüklerine Göre**

1. Blok hadde tesisi  
Yarı mamul haddeleyen tesislerdir. (Blum, slap ve kütük)
2. Orta ebad hadde tesisatı  
Profil olarak 80'den yukarı, yuvarlak olarak ise 30'dan yukarı haddeleme yapan tesislerdir.
3. Ufak ebad hadde tesisleri

### **b) Hadde Mamülüne Göre**

1. Profil hadde tesisleri
2. Yuvarlak çubuk tesisleri



3. Saç ve levha hadde tesisleri
4. Boru hadde tesisleri
5. Özel mamul tesisleri (Bandaj, Ray, Travers gibi)

**c) Çalışma Tarzına Göre**

1. İleri geri hadde tesisi (Blok hadde gibi)
2. Üniwersal hadde tesisi
3. Açık sistem hadde tesisi
4. Açık ve kontinü hadde tesisi (yarı kontinü)
5. Tam kontinü tesisleri.

**2.7. HADDE TEZGAHLARI VE MERDANE TÜRLERİ**

Hadde tezgahı, malzemelerin merdaneler arasından geçirilerek istenilen şekli almasını sağlar. Bir hadde tezgahı merdanelerden, yataklardan, hadde kasası ile merdaneleri döndürmek için kullanılan şaftlara bağlı motordan ibarettir. (Şekil 2.5)

### Şekil 2.5: Üçlü düzen hadde tezgahı

Haddeleme için gerekli kuvvetler genellikle çok fazla olduğundan, çok sağlam tezgahlara ve gerekli gücü sağlayacak çok büyük motorlara ihtiyaç vardır. Bu nedenle bir çok hadde tezgahının bulunduğu modern bir haddehane yapımı, büyük bir yatırım, tecrübeli mühendislik tasarımı ve konstrüksiyon bilgisini gerektirir.

Bir hadde tezgahında merdaneler üst üste yataklanarak yerleştirilirler. Hadde kasasında merdanelerin yatay ve düşey konumlarını ayarlayabilen düzenler vardır. Düşey yöndeki ayarlama ile merdaneler arası açıklık değiştirilerek haddelenen malzemenin çıkış yüksekliği kontrol edilir. Yatay yöndeki ayarlama ise merdanelerin birbirine göre konumunu belirler. Hadde tezgahının en önemli parçalarından biri olan merdaneler Şekil 2.6'de görüldüğü gibi, haddeleme işleminin yapıldığı gövde kısmı, gövdeyi taşıyan ve yatay içinde dönen muylu kısmı ve merdanenin dönen şaftlara bağlandığı kavrama kısmı olmak üzere üç kısımdan meydana gelir.

### Şekil 2.6: Bir merdanenin kısımları.

Merdanelerin çapı 5-10 cm ile 150 cm arasındadır. Genel olarak gövde kısmının uzunluğunu (L) çapa (D) oranı (L/D) 2.2 ile 2.7 arasındadır.

Merdaneler, haddelenecek ürünün cinsine göre gövde kısmı düz yüzeyli veya çeşitli profilli olabilir. Yassı ürünlerin haddelenmesinde silindirik gövdeli “düz merdaneler”, profillerin haddelenmesinde de merdane gövdesinde istenilen profile göre çeşitli şekilde oyuklar bulunan “kalibreli merdaneler” kullanılır. Şekil 9’da kalibreli bir merdane takımı görülmektedir.

### Şekil 2.7: Kalibreli bir merdane takımı

Malzemelerine göre merdaneler genel olarak “çelik merdaneler” ve “dökme demir merdaneler” olarak ikiye ayrılırlar. Çelik merdanelerde, karbon çeliği veya alaşımlı çelikten (Ni, Mo, Cr, W) dökme veya döküm yöntemleriyle üretilir, sonra ısıtma işlemi yapılarak istenilen mekanik özellikler sağlanır. Çelik merdaneler de kendi arasında “dövme çelik merdaneler” ve “dökme çelik merdaneler” olmak üzere iki gruba ayrılır. Dökme demir merdaneler de beyaz dökme demir, gri dökme demir ve küresel grafitli dökme demirden yapılabilir. Merdane seçimi, yapılan haddelendirme işlemindeki çeşitli faktörlere ve tecrübelerle yapılır. Merdanelerde, genelde aşınmanın önlenmesi için yüzey sertliğinin yüksek olması ve iç kısımlarının da eğme deformasyonu ile kırılmaması için kırılma tokluğunun yüksek olması gerekir. Kalibreli merdanelerde aşınmanın bütün merdane kesitinde belirli bir sınırdan kalmasını temin edecek özellikler sağlanmalıdır.

## 2.8. MERDANE DÜZENLERİ

Tezgahlar merdanelerin diziliş durumlarına göre isimlendirilirler (şekil 2.8). En basit ve en genel merdane tertibi tek yönlü ikili tezgahdır . Tek yönlü ikili bir tezgahta malzemenin haddelendikten sonra merdanelerin üzerinden dolaştırmadan tekrar haddelenebilmesi için merdanelerin dönme yönü değiştirildiğinde çift yönlü veya tersinir ikili tezgah olarak isimlendirilir. Üçlü hadde tezgahında ise üç merdane üst üste dizilmiş olup malzemeyi her iki yönde de haddelemeye uygundur. Malzeme üst ve orta merdane arasında bir yöne gidip, alt ve orta merdane arasından ters yönde giderek ileri geri haddelenir. Küçük çaplı merdanelerde haddelendirme için gerekli kuvvetin azalmasına karşılık mukavemeti ve rijidliği azaldığından küçük çaplı iş merdanelerinin daha büyük çaptaki destek merdaneleri ile desteklenmesi gerekir. Bu tipteki tezgahların en basiti dörtlü hadde tezgahlarıdır. Dörtlü hadde tezgahında iki adet küçük çapta iş merdanesi ile bunları destekleyen iki adet daha büyük çaptaki destek merdaneleri bulunur. Bu tip hadde tezgahı levha ve sac haddelenmesinde çok sık kullanılır. Aynı amaçla, iş merdanelerinin çapının daha küçük olabilmesi için çok sayıda destek merdaneli hadde tezgahları geliştirilmiştir.

Farklı tipteki bir merdane düzeni ise, planet hadde tezgahıdır. Bu tezgahta büyük çaplı iki destek merdanesi etrafında planet gibi dönen çok sayıda küçük iş merdaneleri vardır. Yassı metalik malzemelerin sıcak haddelenmesinde kullanılan hadde tezgahları ile tek pasoda en fazla % 30-40 oranında deformasyon sağlanırken, planet hadde tezgahlarıyla bu oran % 90'a kadar artmaktadır.

**Şekil 2.8:** Merdane düzenlerine göre hadde tezgahlarının tipleri, (a) tek yönlü ikili, (b) tersinir ikili, (c) üçlü, (d) dördlü, (e) onikili, (f) planet.

Birkaç hadde tezgahı birbiri ardı sıra sıralandığında haddeleme işleminde üretimin sürekli ve hızlı olması sağlanır. Şekil 2.9’da genellikle rulo halindeki saçların haddelenmesinde kullanılan dört tezgahlı bir haddeleme sistemi şematik olarak gösterilmiştir. Her tezgahta farklı deformasyon oranı uygulanırken haddelenen saç her tezgahtan farklı hızlarda çıktığından, bir tezgahtan çıkan saçın çıkış hızı ile girdiği tezgahın merdanelerinin dönme hızı ayarlanarak, uyum sağlanır. Böyle bir haddeleme sisteminde sürekli üretim yapıldığından haddelenen saç boşaltma bobininden sisteme verilir ve haddelenmiş saç diğer uçtaki bobine sarılır. Bu haddeleme sistemlerinde haddelenen saça tezgaha girişte ve çıkışta sarma ve boşaltma bobinlerinin hızlarını ayarlayarak uygulanan yatay çekme kuvvetleri ile haddeleme için gerekli kuvvetin azalması da sağlanır. (Şekil 2.9)

**Şekil 2.9:** Dört hadde tezgahının birbiri ardı sıra yerleştirildiği bir haddeleme sisteminde şematik olarak saçların haddelenmesi.

## **2.9. PLASTİK ŞEKİL VERME İŞLEMLERİNDE KULLANILAN TAV FIRINLARI**

Bir malzemenin tavlama en genel şekilde “malzemenin belirli bir sıcaklıkta bir süre tutulması” olarak tanımlanabilir. Tavlama işlemi genelde; sıcak işlem için malzemenin özelliklerini değiştirme, gerilme giderme, tane yapısını değiştirme veya malzemede farklı mikro yapının oluşumunu sağlamak gibi çeşitli amaçlarla yapılır.

Sıcak işlem için tavlama veya çeşitli ısı işlemleri yapma amacıyla kullanılan fırınları farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür. Metalurjik işlemlerde kullanılan fırınlar genelde;

- 1) Tav çukurları,
- 2) Yeniden ısıtma fırınları,
- 3) Isıl işlem fırınları

şeklinde sınıflandırılabilir.

Tav çukurları ve yeniden ısıtma fırınları, plastik şekil verme işlemlerinde malzeme istenen mukavemet ve sünekliği sağlarlar. Isıl işlem fırınları ile malzemeye uygulanacak çeşitli ısıl işlemlerin yapılması sırasında malzemenin ısıtılmasını sağlarlar.

Fırınlar çalışma sıcaklığına dayanıklı malzemelerden yapılmaktadır. Bu fırınlar, belirli bir üretim hızında malzemeyi ısıtma ve düşünülen malzeme hacmi için elverişli şarj imkanı sağlamalıdır. Aynı zamanda malzemeyi homojen olarak ısıtabilecek şekilde yapılmalı ve ayrıca yanma kontrol sistemi içermesinin yanı sıra belirli sürelerde malzemeyi istenilen sıcaklıkta tutabilmelidirler. Ayrıca istenilen soğuma hızlarını sağlayacak şekilde yapılmalı ve fırın atmosferinin kontrolü gibi bazı özellikleri sağlayacak donanımı içermelidirler.

Fırına şarj edilen malzemeyi ve ısıyı içeren bölüm, refrakter malzemelerden yapılmalıdır. Fırın haznesi de refrakter veya metalik malzemelerden yapılabilir. Yüksek sıcaklık fırınlarında metalik kısımlar genellikle su soğutmalıdır. Fırın hazneleri şarjın, ısıtma sırasında sabit veya hareketli duruma uygun olarak yapılmalıdır.

Her üç tip fırın için birbirinden farklı birçok dizayn şekli vardır. En çok kullanılan fırın dizaynları aşağıda açıklanmaktadır.

### 1) Tav Çukurları

Büyük metalik kütleler olan ingotların tavlanması için tav çukuru denilen fırınlar kullanılır. Tav çukurlarında, ingotlar yüzeylerinde aşırı bir ısınma meydana gelmeden üniform olarak istenilen sıcaklığa ısıtılır ve ısıtma işlemi otomatik olarak kontrol edilir. Tav çukurları ısıtmanın yanı sıra ingotların mikro yapısının homojenleşmesini de sağlarlar. Genellikle çelik ingotların ısıtılmasında kullanılan tav çukurlarında ısıtma sıcaklığı çeliğin cinsine, ingot boyutuna ve haddehanenin özelliklerine bağlı olarak 1180°C ile 1340°C arasında değişir. Çok sayıda paso verilen düşük hızlı haddelerde ingotların daha fazla ısıtılması gerekir.

Tav çukurları esas olarak kare, dikdörtgen veya daire şeklinde derin fırınlar olup ingotlar bu fırınlara üst kısmından şarj edilir. Çukurlar, üstten kapaklıdır. Tav çukurları batarya şeklinde slap veya kütük haddesine yakın olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Tav çukurlarının üstü genellikle yer seviyesinden yukarıdadır. Tav çukurlarının bulunduğu binada çelikhanedan gelen ingotları sıyırmak çukurlara şarj etmek ve tavlanmış ingotları haddeye verilmek üzere çukurdan çıkarmak için bir vinç sistemi bulunur.

**Şekil 2.10:** Tav çukurları dizaynından bir kesit.

Tav çukurları genellikle grup olarak inşa edilirler. Dört ukur bir batarya olarak isimlendirilir. Tav çukurları grubunun ortak bir bacası ve ortak bir kontrol tablası vardır. Çeşitli tav çukuru dizaynı vardır. Her dizaynın da kendine özgü ısıtma karakteristiği vardır. Demir-çelik tesislerindeki tav çukurlarında gaz yakıt olarak yüksek fırın gazı, kok gazı veya bunların karışımı kullanılır. Gerekirse bu gaz yakıtlar sıvı yakıtla takviye edilir.

Bugün en fazla kullanılan iki tip tav çukuru vardır. Rejeneratif tip tav çukurlarının her iki tarafında fırına verilen hava ve gazı ısıtmak için iki rejeneratör bulunur. Çukurun

bir tarafındaki rejeneratörlerden verilen gaz ve hava çukuru girdiğinde yanar, ingotları ısıtarak diğer taraftaki rejeneratörlerden geçer ve bunları da ısıtarak bacaya gider. Bir müddet sonra gaz ve hava akımının yönü değiştirilir.

**Şekil 2.11:** Rejeneratif tav çukuru. 1) Kapak, 2) Kapak hareket mekanizması, 3) Gaz rejeneratörü, 4) Hava rejeneratörü

Rejeneratif tip çukurlarında gaz akımı yatay olup bu tip çukurların en büyük mahzuru gaz akımının yönüne göre ingotların yüzeyleri farklı ısındığından üniform bir ısıtma elde edilmemesidir. Bu sebepten bu tip tav çukurları yerine yeni tesislerde daha iyi bir ısıtma ve işletme kolaylığı sağlayan reküperatif tav çukurları inşa edilmektedir. Reküperatif tipte gaz akımı dikeydir.

Bu reküperatif tav çukurunda gaz ve reküperatörden geçerek ısınan hava, çukurun üst kısmındaki bir yakıcı (brülör) vasıtasıyla çukura verilir. Yanan gazlar ingotların etrafında dolaştıktan sonra çukurun alt tarafındaki kanallardan çıkarak reküperatörü ısıtır ve bacaya gider. Batarya şeklinde inşa edilen bu tip tav çukurları bugün çok fazla kullanılmaktadır.

Tav çukurlarınının diğer bir tipi olan üstten çift yönlü ateşlemelilerde, yakıt ingotların üzerinde yanma boşluğunda karşılıklı yönlerden ateşlenmektedir. İngotlar arasında ısıyı homojen olarak dağıtabilmek için uzun alevli yakıcılar kullanılmaktadır. Gazların akışı tek yönlü ateşlemeli tav çukurlarında olduğu gibi dikeydir.

Diğer bir tip reküperatörlü tav çukuru ise tabanın merkezinden ateşlenen tav çukurudur. Bu tav çukurları kare şeklindedir. Yakıt ve çukurun her iki tarafında bulunan reküperatörlerde ısının hava tabanın merkezinde bulunan bir yakıcıdan çukura verilir.

Bunlardan başka yuvarlak, her iki taraftan birden ateşlenen ve elektrikle ısıtılan özel tav çukurları da vardır.

İngotların tav çukuruna şarj edildiği andaki sıcaklığına bağlı olarak tavlama süresi değişir. Modern uygulamada ingotlar tav çukuruna sıcak olarak şarj edilmektedir. Şarj edilen ingotların yüzey sıcaklıkları 400 °C'in üzerinde ise buna "sıcak şarj", 400°C'dan az ise "soğuk şarj" denir. Normal olarak demir-çelik tesislerinde çelikhaneden gelen ingotların % 90'ı tav çukurlarına 800-850 °C'da şarj edilir. Sıcak şarj edilen karbonlu



çelik ingotlar için ısıtma süresi, ingotların dökümünün bitiminden tav çukurlarına şarjına kadar geçen zamanın yaklaşık olarak 1,5 katıdır. Soğuk ingotları ısıtmak genel olarak 8-12 saat sürer. Bununla beraber, çok büyük ingotlar veya bazı özel çelikler daha uzun bir tav süresi gerektirir.

Isıtmada izlenen metot ingotların şarj sıcaklığına ve çeliğin kimyasal bileşimi ile değişen ısı iletkenliğine ve plastikliğine bağlıdır. Otomatik olarak kontrol edilen modern tav çukurlarında adi karbonlu çeliklerin ısıtılmasında kontrol tablası ingotların tavlanaacağı sıcaklığa ayarlanır. Isıtma işleminin başında çukur maksimum gaz ile ateşlenir. Bu ilk ısıtma esnasında ingot yüzeyi istenilen sıcaklığa erişir. İngotun yüzeyinin sıcaklığının artırmadan iç kısmının da aynı sıcaklığa erişmesi için bundan sonra çukura verilen gaz miktarı yavaş yavaş azaltılır. İngotun her tarafı hemen aynı sıcaklığa erişince sarf edilen gaz miktarı minimuma iner. Bu minimum gaz sarfıyatı, ingotun aynı sıcaklıkta kalması ve çukurdan ısı kayıplarının karşılanması için yeterlidir. Gaz akımı yarım veya bir saat kadar bu düşük seviyede kaldıktan sonra ingotlar çukurdan alınarak haddeye verilir. İngotların tav sıcaklığında tutulduğu bu süreye bekletme süresi denir.

## 2) YENİDEN ISITMA FIRINLARI

Bu fırın tiplerinin başlıcaları;

1. Yığılma tipi,
2. Sürekli fırınlar (itmeli, döner hazneli, yürür kirişli veya makaralı hazneli fırınlar),
3. Elektrik enerjili fırınlardır.

### ***Yığılma Tipi Fırınlar:***

Bu fırınlar yeniden ısıtma fırınlarının en eski tipe olanıdır. Fırına şarj edilen malzemeler fırın haznesinde istenilen sıcaklığa ısıtılana kadar yeri değiştirilmeksizin kalır. Yığılma fırınlarında ateşleme için sıvı veya az yakıt kullanılmakta, yanma için ise ön ısıtılmış veya soğuk hava kullanılmaktadır. Bu fırınların da rejeneratif ve reküperatif tipleri vardır.

### ***İtmeli Fırınlar:***

İtmeli fırınlar sürekli fırınların bir tipidir. Burada fırına şarj edilen malzeme istenilen sıcaklığa ısıtılırken fırın boyunca hareket halindedir. İlk yapılan itmeli fırınlar ufak kütükleri tavlama için dizayn edilmiş olup, bu fırınlarda kütüklerin fırın boyunca hareketini kolaylaştırmak için hazne eğimli yapılmıştır. Şarjın boşaldığı kısımdaki yakıcılar tarafından fırına verilen yakıt ve havanın yanmasıyla sağlanan sıcak gazlar kütükleri üst yüzeylerinden ısıtır. Fırının yanma haznesine göre diğer ucunda bulunan iticilerle fırına şarj edilen kütükler yanma haznesine doğru itilir. Fırında malzeme akışı ile gaz akışı birbirine ters yönde hareket etmektedir. Modern itmeli tip sürekli fırınlar ilk yapılanlardan birçok farklılıklar göstermesine rağmen bugün eski tipteki itmeli fırınlar da yaygın olarak kullanılmaktadır. Yeni yapılan modern itmeli fırınlar 25-30 m hazneli olup, üst ve taban ateşlemeli ön ısıtma, ısıtma ve tavlama zonları içermektedir. Reküperatörlerde hava ısıtılarak verilmektedir.

Sürekli itmeli fırınlarda ısıtılacak kütük veya slab şeklindeki bir malzeme fırına bir uçtaki şarj kapısından iticiler vasıtasıyla şarj edildiğinde, fırının hazne kısmında istenilen sıcaklığa ulaşmış olan bir malzeme fırının boşaltma kapısından çıkıp, hadde tezgahına gitmektedir.

### ***Döner Hazneli Fırınlar:***

Bu tip fırınlar genellikle kısa kütük ve takozları veya küçük parçaları dövme sıcaklığına ısıtmada kullanılır. Bu fırınlarda hazne bölümü dönerken dış kısımlar ve çatı sabit durumdadır. Bu tipteki büyük fırınlarda hazne üstünde iç ve dış duvarlarda yakıcılar vardır. Bu tipteki küçük fırınlar ısıtma işlemleri için de kullanılmaktadır.

### ***Yürür Kirişli Ve Makaralı Hazneli Fırınlar:***

Bu tür fırınlarda fırına şarj edilen malzemenin fırın içinde akışı sürekli olarak dönen kirişlerle veya makaralarla sağlanmaktadır. Bu fırınlarda da itmeli tipteki sürekli fırınlarda olduğu gibi malzeme fırına bir uçtan şarj edilmekte, diğer uçtan tavlama olarak çıkmaktadır. Kirişler hidrolik veya mekanik sistemle hareketlidir. Yakıcılar genellikle yan duvarların üst veya alt kısımlarında karşılıklı olarak yerleştirilmiştir. Fırın çatısına da yakıcılar yerleştirilebilir.

### ***Elektrik Enerjili Fırınlar:***

Elektrik enerjisi ısıtma işlemlerinde en iyi yakıt olmasına karşılık pahalı olması nedeniyle uygulamada tercih edilmemektedir. Elektrik enerjili fırınlardan rezistanslı fırınlar genellikle küçük parçaların ısıl işlemlerinde kullanılmaktadır. Elektrik enerjili fırınlar plastik şekil verme işlemlerinden yalnızca dövme ve şekilli kesme işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu uygulamada parçaların elektrik enerjisi ile ısıtılmasında başlıca iki metot kullanılır. Bunlar:

1. Isıtılacak parça direnç vazifesi görür. Parçaya elektrik akımı verilince, elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşerek malzeme istenilen sıcaklığa ısıtılır. Bu metot ile ısıtma üniform kesitli parçalara uygulanabilmektedir.

2. Endüksiyonla ısıtma: Bu yöntem bugün en fazla kullanılan elektrik enerjili ısıtma şeklidir. Isıtma hızı çok yüksektir ve değişik kesit alanına sahip parçalara uygulanabilmektedir. Endüksiyonla ısıtmada parçayı bölgesel ısıtmak mümkündür. Isıtılan bölgede istenilen plastik şekil verme işlemi yapılır. Günümüzde endüksiyonla ısıtma endüstride ısıl işlemler için de yaygın olarak kullanılmaktadır.

## **TAVLAMA ORTAMI**

Plastik şekil verme işlemlerinde sıcak işlem için en uygun sıcaklık, işlemde uygulanacak deformasyon oranına, deformasyon hızı ve şartlarına işlem sonunda üründen beklenen mekanik özelliklere bağlı olarak seçilir. Sıcak işlem için malzemenin tavlama sırasında önemli bir husus da oksitlenmedir. Tavlama koruyucu bir atmosfer veya vakum kullanmak genelde hem pratik olmayıp, hem de pahalı olduğundan gerekmedikçe uygulanmamaktadır. Genellikle hava atmosferinde yapılan tavlama işlemlerinde de malzemenin yüzeyi oksitlenmektedir. Malzeme yüzeyinde oluşan oksit tabakasına uygulamada tufal denilmektedir. Tufallaşma yani oksitlenme bir malzeme kaybıdır. Bu kayıp, çelikte % 1-3 oranındadır. Bu kaybı önlemek gerekir, fakat bu önleme işlemi ekonomik değilse avantajlı olmayabilir. Tufallaşmaya etki eden faktörler şunlardır:

1. Sıcaklık,
2. Isıtma ortamı,

3. Isıtma süresi,
4. Malzemenin cinsi ve bileşimi,
5. Parçanın boyutu ve şekli.

Sıcaklığın artması ile tufallaşma artar, örneğin, karbon çeliklerinde 900°C'daki tufallaşma hızını 1 kabul edersek 1000 °C'da 2, 1100°C'da 3.5, 1300 °C'da 7 olacaktır. 1300 °C'dan sonra tufal oluşum hızı çok yüksektir.

Isıtma sürecinin de tufal miktarına etkisi fazladır. Yüksek sıcaklıkta ve diğer eşit şartlar altında daha uzun ısıtma sürelerinde tufallaşma kaybı artar. Isıtma süresi olarak bütün parçanın istenilen sıcaklığa homojen olarak erişebilmesi için gerekli en kısa zaman alınmalıdır.

Isıtma ortamı yani fırın atmosferi oksitleyici ise tufal kaybı fazla, redükleyici ise çok az olur. Redükleyici ortamda yakıt kullanımı fazla, yanma randımanı düşüktür. Uygulamada genellikle yakıtı tam yakacak hava miktarının biraz üzerinde hava verilir. Bu sebeple genellikle fırın gazları oksitleyicidir. Fırın içinde yanma ürünleri nötr atmosfer (N<sub>2</sub>) oluşturamazlar, redükleyici atmosfer için gerekli olan CO ve H<sub>2</sub> gazları ise yok denecek derecededir. Yakıtın cinsi de çok önemlidir. Sıvı ve gaz yakıtlarda havanın ayarlanması mümkündür, katı yakıtta bu zordur. Yanma için verilen havanın gereğinden fazla olması oksitleyici fırın atmosferi oluşturur. En iyi yakıt ve hava miktarı karışımı gaz yakıtlarla sağlanır.

Malzemenin cinsi ve kimyasal bileşimi tufal oluşumuna etki eden önemli faktörlerdir. Örneğin, çeliklerde alüminyum, krom silisyum, volfram ve bakır elementleri yüzeyde oksitlenmeyi azalttığından tufallaşmayı azaltır. Bu sebeple bütün alaşımlı çelikler, karbon çeliklerinden daha az oksidasyona uğrarlar.

Parçanın şekli de oksitlenmeyi etkiler. Kompleks şekilli parçalarda yüzey alanı fazla olduğundan tufal kaybı fazla olacaktır. Küçük boyutlu ve işlenmiş parçalarda tufal oluşumu hiç istenmez, çünkü tufal oluşumu parça boyutlarının küçülmesine sebep olur.

Fırın atmosferine bağlı olarak çeliklerde görülen bir olay da dekarbürizasyon yani karbon yanmasıdır. Çelikteki karbon miktarı arttıkça, tavlama sırasında yüzeydeki karbon yanması artar. Alaşımlı çeliklerde oksijene ilgisi fazla olan alaşım elementlerinin yanması da söz konusudur. Tavlama sırasında oksidasyon ve dekarbürizasyon olayları birlikte olur, önce dekarbürizasyon sonra oksidasyon olayı

başlamaktadır. Dekarbürizasyonu veya alaşım elementlerinin yanmasını önlemek için nötr atmosferde çalışmak ya da parçaların fırın atmosferinden izolasyonu gerekir.

Tavlama sırasında sıcaklık çok yüksek ise veya sıcaklık normal, süre çok uzun ise aşırı tane büyümesi meydana gelir. Bu durumda süneklik azalır. Yanma, genellikle yüksek sıcaklıklarda uzun süre oksitleyici ortamda tavlanan malzemelerde görülen bir olaydır. Tavlama sırasında oksitleyici fırın atmosferinden malzemenin içine oksijen yayınır. Yüksek sıcaklık sebebi ile büyümüş olan tanelerin sınırları da oksitlenir. Böylece tane sınırlarında ince bir oksit filmi teşekkül eder. Bu durumda malzemeyi şekillendirmek çok zor, hatta imkansızdır. Yanmış malzemeyi düzeltmek mümkün değildir, bu malzeme ancak hurda olarak kullanılabilir.

Tavlama sırasında kullanılan yakıttaki kükürt miktarı da önemlidir. Kükürt miktarı fazla olan yakıtlar kullanıldığında kükürt yayınma yoluyla malzemeye girmekte ve bazı malzemelerde problem olmaktadır. Örneğin, çeliğe kükürdün yayınması ve demirsülfür oluşmaktadır. Demirsülfürün ergime sıcaklığı düşük olup yüksek deformasyon sıcaklıklarında yapılan plastik şekillendirme sırasında sıcak yırtılmalara sebep olmaktadır. Bu sebeple yakıttaki kükürt oranının çok düşük olması gerekir. Çeliklere kükürt yayınımı sıvı yakıtlar kullanıldığında daha çok görülür.

Tavlama işlemlerinde ısıtma hızı da önemli bir faktördür. Malzemenin ısı yayınma katsayısına bağlı olarak homojen ısınma süresi değişir. Isı iletim katsayısı düşük olan alaşımli çelik gibi malzemelerde ısıtma hızı yüksek ise yüzey ve iç bölgelerin sıcaklıkları farklı olacağından oluşan termal gerilmeler malzemenin çatlamasına sebep olabilir. Bu sebeple böyle malzemelerde ısıtma hızı düşük olmalıdır. Büyük kesitli malzemeler ve alaşımli çelikler genellikle kademeli ısıtılır. Alaşımli çelikler için ön ısıtma sıcaklığı 900°C civarındadır.

Sonuç olarak uygun bir tavlama yapmak için aşağıda da belirtilen şartlar sağlanmalıdır.

1. Atmosfer kontrollü fırınlar kullanmak,
2. Fırın sıcaklığını ölçerek kontrol etmek,
3. Sıcaklık bütün kesitte aynı olacak şekilde bir ısıtma hızı kullanmak,

4. Oksitlenme (tufallaşma) kaybı ve yakıt sarfiyatı en az olacak şekilde tavlamak,
5. Kullanılacak yakıtı amaca uygun seçmek,
6. Homojen sıcaklık için gerekli en kısa zamanda tavlamak.

## 2.10. PROFİLLERİN HADDELENMESİ VE KALİBRASYON

Profillerin haddelene ile üretimi genellikle demir esaslı metalik malzemelere (çeliklere) uygulanır. Belirli bir profilin elde edilmesinde hammadde olarak kullanılan blum veya kütüğün kesiti ancak birkaç kademede istenilen profile getirilebilir. Bu sebeple hammaddeyi, kesiti giderek küçülen ve sonunda istenilen ürünün kesitine ve şekline eşit olan bir çok profilden geçirmek gerekir. Bu nedenle merdanelerin üzerinde birlikte çalışan iki merdane karşı karşıya geldiklerinde istenilen profilleri verecek şekiller açılır. Merdane üzerindeki bu şekilli aralığa “kalibre”, kalibrelerin açılmış olduğu merdanelere de “kalibreli merdaneler” denir.

Kalibreler, açık ve kapalı kalibreler olmak üzere ikiye ayrılırlar (Şekil 2.12). Kalibreli merdaneler arasında kalibre aralığı denilen bir aralık vardır. Kalibre aralığı merdane eksenine paralel ise (Şekil 2.12a) veya Şekil 2.12b’de görüldüğü gibi kalibre aralığının merdane eksenine ile yaptığı  $\alpha$  açısı  $60^0$ ’den küçükse bu kalibreler açık kalibre denir. Kapalı kalibrelerde ise  $\alpha$  açısı  $60^0$ ’den büyüktür (Şekil 2.12c).

**Şekil 2.12:** Açık (a ve b) ve kapalı (c) kalibreler.

Kalibrelerin yüksekliği haddelenecek parçanın kalınlığından az, genişliği ise fazladır. Bu şekilde malzemenin merdaneler arasından geçişinde kalınlığı azalır, genişliği artar. Genişleyen kesitin kalibre genişliğini doldurması lazımdır. Genişleyen bir kesitin tekrar daraltılması istenirse, malzeme  $90^0$  döndürülerek tekrar haddelenir. Böylece bir kesitin iki boyutu da haddelene ile küçültülebilir.

### Kalibre Şekilleri

Kalibreler istenilen boyutlarda merdane yüzeyleri tornalanarak yapılırlar ve şekillerine göre isimlendirilirler. Başlıca kalibre şekilleri kare, baklava, oval, kutu, düz, trapez, yuvarlak, dört köşe ve çeşitli profil pasolarıdır (Şekil 2.13).

## Kalibre Prensipleri

Haddelemede kalibrenin hesabına üretilmesi istenen profilin boyutlarından hareket edilerek başlanır. Sıcak haddelemede profilin son pasodan geçiş sıcaklığında, malzemenin sıcaklıkla genişerek boyutlarının artacağı göz önüne alınmalıdır. Buna göre, profilin haddeleme sıcaklığındaki boyutu,

$$D = D_0 K = D_0 (1 + \alpha T)$$

bağıntısıyla hesaplanır.

D: Malzemenin haddeleme sıcaklığındaki boyutu

$D_0$ : Malzemenin oda sıcaklığındaki boyutu

K: Genleşme katsayısı ( $K = 1 + \alpha T$ )

$\alpha$  = Malzemenin doğrusal ısı genleşme katsayısı.

T: malzemenin son pasodan geçiş sıcaklığı

### Şekil 2.13: Çeşitli kalibre şekilleri

Genleşme katsayısı (K), çeliklerin haddeleme sıcaklığı (800-1250<sup>0</sup>C) aralığında 1,010 ile 1,015 arasında değişmektedir. Böylece malzemenin haddeleme sıcaklığından oda sıcaklığına kadar soğuması sırasında kesit küçülmesi gözönüne alınarak sıcak haldeki kesit ölçüleri o kadar büyük yapılır. Haddeleme sırasında merdanelerin aşınması sonucu pasonun ölçüleri büyüyecektir. Bunun için pasonun boyutları olarak istenen ürünün tolerans sınırları arasından en küçüğü seçilmelidir. Böylece merdanedeki aşınma sonucunda ürünün boyutları tolerans sınırını aşmadan artmış olur. Haddelenmiş kesitin boyutlarındaki değişiklikler, haddeleme kuvvetindeki değişikliğe, haddelenen kütüğün sıcaklığına bağlıdır.

Kalibre boyutlarının hesaplanmasında, malzemenin haddelenmesi sırasındaki elastik deformasyonu ile hadde tezgahının elastik deformasyonu da gözönüne alınmalıdır. Hadde tezgahının elastik deformasyonu, merdanelerin eğilmesi, tezgah gövdesini alttan ve üstten birbirine bağlayan elemanların eğilmesi, merdane ayar vidalarının elastik şekil değişimi gibi faktörlere bağlıdır. Merdanelerin açıklığı ve kalibre boyutlarının saptanmasında elastik deformasyonun etkisi düşünülmeden doğru hesaplama yapılamaz.

Kalibreli merdaneler arasındaki açıklık yani kalibre aralığı merdanelerin çaplarına bağlıdır. İlk pasolarda ve yuvarlak çubuk haddelerinde merdaneler arasındaki açıklık merdane çapının % 1-1,5'u arasında değişmektedir. Profil haddelerinin merdaneleri arasındaki açıklık daha az olup, % 0.5-1 arasındadır.

Kalibrenin yan kenarları merdane eksenine her zaman dik olmaz, genellikle eğiktirler

Kalibrenin yan kenarlarının eğimli yapılması özellikle profilin pasoya giriş ve çıkışını kolaylaştırır. Kalibrenin yan kenarlarının düz olması halinde malzemedeki yayılma nedeniyle profil pasoda sıkışabilir. Paso yan kenarlarının eğimli yapılmasının diğer bir amacı da merdanelerin aşınması durumunda pasonun düzeltilmesinin az metal kaybı ile kolaylıkla yapılabilmesidir. Yan kenarların eğimi ne kadar büyükse merdane çapında o oranda az bir çap küçülmesiyle pasonun ilk boyutları sağlanabilir.

Eğik kenarlı pasolarda genellikle kullanılan eğim değerleri;

- a. Ezme kutu pasolarında % 10-20
- b. Kapalı çubuk pasolarında % 5-10
- c. Ray, U ve I profillerinin hazırlama pasolarında % 5-10
- d. Son pasolarda % 1,1-5 arasındadır.

Haddelenen profilin merdanelerden düz olarak çıkmasını sağlamak hem yüksek kapasite elde etmek, hem de emniyet sağlamak için çok önemlidir. Malzemenin merdanelerden düz olarak çıkması merdanelerin çaplarının birbirine eşit olmasıyla sağlanabilir. Çapların eşit tutulması çeşitli nedenlerle olanaksızdır. Merdane çapında meydana gelen değişimler, malzemenin aşağıya veya yukarıya dönmesine sebep olacaktır.

Genellikle üst merdanenin çapı alt merdaneden fazla tutulur. Bu durumda üst merdanenin alt merdaneye göre fazla olan çevresel hızı sonucunda malzeme aşağıya doğru döner. Aşağıya doğru dönen malzemenin merdane üstüne yerleştirilen ve çıkış yoluğu diye isimlendirilen sistemle düz olarak çıkması sağlanır. Her iki merdanenin aynı çapta olması halinde bile, haddeleme şartlarına bağlı olarak profil aşağı veya yukarı döndüğünden bu durumda hem alt hem de üst merdaneye çıkış yoluğu yerleştirmek faydalıdır . Profillerin haddelenmesinde parçanın kalibreli merdaneler arasındaki istenen pasoya kolaylıkla girebilmesi için giriş yollukları da kullanılır.



Malzemenin merdanelerden geçtikten sonra yukarıya veya aşağıya doğru dönerek çıkması gerçekte merdane çaplarındaki farklılıktan değil de çevresel hızlardaki farklılıktan meydana gelmektedir. Yüksek hızda yapılan haddeme işlemlerinde merdaneler arasındaki çevresel hız farklılığı merdane çaplarındaki ufak bir farkla dahi meydana gelebilmektedir. Bu nedenle alt ve üst ezmenin merdanelerin çevresel hızına bağlı olarak seçilmesi gerekir.

Büyük kesitli profiller üst ezme ile haddelenmektedir. Merdane çapının yüzdesi olarak verilen aşağıdaki üst ezme değerleri basit haddeme uygulamalarında önerilmektedir.

- a. Ezme kutu pasolar için en fazla % 2-3.
- b. Diğer tipteki büyük ezme pasoları için en fazla % 1
- c. Herhangi bir profilin son pasosunda üst ezme hemen hemen sıfırdır.

Düz merdanelerde haddeme sırasında malzemenin genişliği boyunca merdane çapı sabit olmasına karşılık kalibreli merdanelerle haddeme sırasında pasonun genişliği boyunca merdanelerin çapı farklıdır. Bu nedenle pasonun kesitinin çeşitli noktalarındaki çevresel hızlar farklı olacaktır, fakat malzeme belirli bir ortalama hızla pasodan geçecektir. Malzemenin pasodan ortalama geçiş hızına karşı çalışan çap değerlerinin hesabı özellikle sürekli hadde tezgahlarının paso tasarımında çok önemlidir. Çalışan çap ( $D_c$ ), paso alanının ( $A$ ) paso genişliğine ( $b$ ) bölünmesiyle elde edilen ortalama yükseklikten ( $h$ ) yaklaşık olarak bulunabilir.

$$\bar{h} = A/b$$

$$D_c = D - \bar{h} = D - \frac{A}{b}$$

Burada;

D: Merdane çapıdır.

Blum veya kütüğün haddelenerek bir profil şekline getirilmesinde önce malzemeye kabaca istenen profile uygun bir şekil verilir. Bundan sonra profil çeşitli pasolardan geçirilerek şekillendirilir ve sonunda profilin istenen şekil ve boyutlarda olması sağlanır. Bir profilin haddelenmesinde belirli kalibre düzenleri kullanılmasına rağmen kalibrelerin şekil ve sırasının saptanmasında genel kurallar yoktur. Aynı bir profil farklı kalibre düzenlerinden elde edilebilir. Bütün bu sıralarda haddelenen parçanın kalınlığının daima azaldığı, ancak bazı pasolarda genişliğinin azaltıldığı

görülmektedir. Profillerin haddelenmesinde, haddelenen parçanın kalınlığını azaltmak amacıyla kullanılan ezme pasolarının başlıca kalibre düzenleri kutu pasolu, baklava-kare pasolu, baklava-baklava pasolu, oval-kare pasolu gibi gruplara ayrılmaktadır. Bu kalibre düzenlerinden hangisinin kullanılacağı haddehanenin tipine, hadde tezgahının kapasitesine, haddelenen malzemenin şekli için gerekli deformasyon oranına ve tezgahın çalışma sisteminin otomatikliğine bağlıdır.

## 2.11. HADDELEME HATLARI

**Şekil 2.14:** Haddeleme Tezgahı(Şematik) (1)Hadde ayağı.(2)Mil. (3)Pinyon dişli.(4) Kavrama. (5)Dişli(devir düşürücü).(6)Volan. (7)Kavrama. (8)Motor

**Şekil 2.15:** İkili bir hadde tezgahı

## 2.12. HADDELEME HATALARI

Haddeleme işleminin hatasız yapılabilmesi için sıcaklık kontrolü, ara tavlama, hatasız hammadde (ingot), yağlama, merdanelerin yüzey şartları gibi faktörler özenle dengelenmelidir.

Haddeleme ile üretilen parçalar yüksek yüzey/hacim oranına sahip olduğundan haddeleme işleminin her safhasında yüzey şartlarının önemi büyüktür. Bu nedenle haddelemeden önce hammadde olarak kullanılan ingot veya kütük gibi malzemelerin yüzey hataları giderilmelidir.

İngotlar haddelenerek slab veya blum gibi yarı ürünler yapılırken, çeşitli ingot kusurlarından, tavlama ve haddeleme sırasındaki hatalı işlemlerden kaynaklanan yüzey hataları olabilir. İngot kusurlarından meydana gelen önemli yüzey hataları şunlardır:

**a.İngot çatlakları:** Bunlar ingot üzerinde bulunan enine ve boyuna makro ve mikro çatlaklardır ve normal olarak ilk defa slab veya blum haddesinde görülür. Bununla beraber büyük çatlaklar soğuk ingotlar üzerinde de görülebilir. İngot çatlaklarının en önemli sebeplerinden biri döküm sıcaklığının yüksek olmasıdır. Ayrıca kalıp yüzeylerinin bozuk olması ve sıvı çeliğin bu kısımlara dolması sonucu meydana

gelen yüzey kabarıklıkları, enine yüzey çatlaklarına sebep olur. Bu kusur kalıpların boyanmasıyla azaltılabilir.

**b.Kabuklar:** Bu kusurun başlıca sebebi ingot dökülmeye başladığında sıvı metalin kalıp tabanına çarparak soğuk kalıp yüzeylerine doğru sıçramasıdır. Sıçrayan sıvı metal kalıp yüzeylerinde hızla oksitlenerek katılaşır. Bu parçalar ingotun yüzeyine yapışır ve haddelenmiş yarı üründe kabuk şeklinde görülür. İngot yüzeyindeki kalıplar alttan döküm, kalıpların boyanması, iyi bir döküm tekniği ve hızı ile minimuma indirilebilir.

Isıtma ve haddelemedeki hatalı işlemlerden ileri gelen önemli yüzey kusurları ise gözenekli yüzey, katlanmalar, tufal batmış yüzeyler ve merdane izleridir.

İngotların tav çukurlarında uzun süre ısıtılması sonucu ingot yüzeyine çıkan gaz kabarcıkları açığa çıkarak oksitlenir ve yarı ürünün yüzeyinin gözenekli olmasına sebep olur. Haddelemede uygulanan deformasyon oranının çok fazla olması sonucu meydana gelen çıkıntı ve kanatlar daha sonraki pasolarda malzeme üzerine katlanarak kusur oluşturur. Haddeleme sırasında ingot yüzeyindeki oksit tabakasının (tufalın) iyi temizlenmemesi ve malzemenin bu tufalla beraber haddelenmesi durumunda tufal malzeme yüzeyine batarak kusur oluşturur. Merdane yüzeyinin bozulması veya üzerine parçacıklar yapışması sonucunda haddelenen malzeme yüzeyinde merdane izleri de yüzey kusurlarıdır.

Hadde kalibrasyonunun hatalı olması, hadde hızının uygun olmaması, tavlamanın homojen yapılmaması gibi kusurlarda üretilen blum veya kütüğün kesit şeklinin bozulmasına ve yüzey hatalarına sebep olabilir.

Yassı hadde ürünlerinden saçların haddelenmesindeki hatalardan birisi, saç kalınlığının saçın eni ve/veya boyu boyunca değişmesidir. Kalınlık değişiminin belirli sınırlar dışına taşması çeşitli imalat problemleri yaratır. Haddelenen bir saçta kalınlığın rulo boyunca değişiminin sebepleri şöyle sıralanabilir.

1. Haddeleme şartlarına bağlı sebepler:
  - a. Haddeleme sırasında hız değişimi,
  - b. Saça uygulanan çekme kuvvetlerinin değişimi,
  - c. Merdane sıcaklığının değişimi.
2. Haddelenen malzemeye bağlı sebepler:
  - a. Malzemenin giriş kalınlığının değişimi,

- b. Malzemenin giriş sertliğinin değişimi.
- 3. Merdanelere bağlı sebepler:
  - a. Oval işlenmiş merdaneler,
  - b. Eksnatrik işlenmiş gövde ve muylular
  - c. Yataklama hataları.

Saçların kalınlığı eni boyunca da farklılık gösterebilir. Eğer merdaneler haddeleme sırasında Şekil 2.16a’ da görüldüğü gibi elastik olarak şekil değiştirirse, saçın kalınlığı eni boyunca farklı olacaktır. Bu durumda saçın kenarlarının boyu, orta kısma göre daha fazla uzayacaktır. Eğer saçın kenarları, orta kısımdan ayrı olarak uzayabilseydi saçtaki boyca uzama şekil 2.16b’de görüldüğü gibi olabilirdi. Bununla beraber saç tek parça olarak incelendiğinde, orta kısım kenarlarla uyum sağlayabilmek için çekme gerilmesinin, kenar kısımlarda, orta kısma uyabilmek için basma gerilmelerinin etkisi altında olacaktır (Şekil 2.16c). Bu durum genellikle kenarları dalgalı bir saç meydana gelmesine (Şekil 2.16d) veya saçın orta kısmındaki çekme gerilmesinin etkisi ile ortada enlemesine çatlaklar oluşmasına sebep olabilir (Şekil 2.16e).

**Şekil 2.16:** Merdanelerin boyunca elastik eğilmesinin sebep olduğu saç hataları

Bu problemleri gidermek için merdanelere özel bombeli şekiller verilir. Eğer gövdenin bombesi fazla olursa bu durumda orta kısmın uzaması kenar kısımlara göre daha fazla olacağından orta kısmı dalgalı bir saç elde edilir.

Haddeleme sırasında deformasyonun homojen olmaması çatlaklara sebep olur. Haddeleme sırasında saç boyca uzarken, yayılma eğilimindedir. Yayılma saç ile merdaneler arasındaki sürtünme kuvvetleri ile engellenir. Sürtünme kuvveti saçın ortasında en fazla olduğundan kenarları, orta kısma göre daha çok genişler. Bu durumda orta kısmın kalınlığındaki azalma yalnız boyca uzamaya yol açarken kenarların kalınlığındaki azalma biraz enine, çokça da boyuna uzamayla karşılaşılır. Böylece saçın baş ve sonunda az da olsa yuvarlaklaşma olur (Şekil 2.17a). Saçın bu homojen olmayan deformasyonla şekil değişimi orta kısımda basma gerilmesi, kenar kısımlarında da çekme gerilmesi oluşturur. Kenarlardaki çekme gerilmeleri Şekil 2.17b de görüldüğü

gibi kenar çatlaklarına sebep olabilir. Eğer orta kısmın uzaması kenar kısımlara göre çok fazla ise bu durum saçın ortadan ikiye ayrılması şeklinde boyca çatlmasına neden olur (Şekil 2.17c).

### Şekil 2.17: Saçın yayılmasının sebep olduğu hatalar

Saçın kalınlığı yönündeki heterojen deformasyon da kenar çatlaklarına sebep olur. Eğer haddelenen malzemenin kalınlığı fazla ve haddeleme sırasında uygulanan deformasyon oranı az ise bu durumda malzemenin sadece yüzeyleri deformasyona uğrar. Bundan sonraki haddeleme sırasında kenarlardaki kısımlarda kalınlık doğrudan azaltılamaz, fakat deformasyona uğrayan orta kısım tarafından uzamaya zorlanırlar. Bu durum kenarlarda çekme gerilmelerine sebep olur. Çekme gerilmelerinin etkisiyle kenar çatlakları meydana gelebilir. Bu türdeki çatlaklara, ingotlardan sıcak işlem ile slab üretimi veya klavların haddelenmesi sırasında,  $h/L > 2$  olduğu durumlarda rastlanır. Malzeme kalınlığının fazla ve deformasyonun büyük oranlarda yapıldığı durumda ise malzemenin kalınlığınca orta bölgesi, alt ve üst yüzeylerine göre kolayca yayılabileceğinden malzemenin kenarları bombelenir. Kalınlık yönünde homojen olmayan plastik deformasyonun oluşturduğu yüzey kısımlardaki çekme gerilmeleri kenar çatlaklarına sebep olur. Yüzeydeki çekme gerilmelerine karşılık ortada basma gerilmelerinin olması ve bu gerilme dağılımının malzemenin boyunca sürekliliği, malzemenin kalınlığına göre ortasında herhangi bir yapı hatasından kaynaklanan mukavemet düşüklüğü ile çatlağın malzeme boyunca uzamasına sebep olabilir. Bu timsah ağzı tipindeki çatlak, merdanelerin çevre hızlarının farklı olmasıyla malzemenin aşağı veya yukarıya doğru eğilerek çıkmasıyla da meydana gelebilir.

Kenar çatlakları, endüstriyel uygulamada düşey kenar merdaneleri ile önlenir. Düşey kenar merdaneleri kenarların düzgün kalmasını sağlar ve bombeleşmenin sebep olduğu çekme gerilmelerinin oluşumunu önler. Yüzey çatlakları dışında meydana gelen hadde hataları, malzeme yapı hatalarından ileri gelen iç çatlaklardır. Yapı hatalarından başka çelikte ferrit ve perrit fazlarının bantlaşmasının sebep olduğu heterojen deformasyon da iç çatlakları oluşturabilir.

Haddelenen ürünlerdeki diğer problemler, haddelemede kullanılan yağın yüzeyden giderilmesi veya ısıl işlem sırasında yağın sebep olduğu renk değişimi gibi hatalardır.

Profillerdeki en önemli hadde hataları olan şekil bozukluklarının başlıca sebepleri kalibreye göre haddelenen metalin az veya fazla olması ve kullanılan kalibreli merdanelerin bozuk yerleştirilmesidir. Malzeme kesitinin paso kesitine göre fazla olması yuvarlak ürünlerde fitil oluşumuna sebep olur. Merdanelerin doğru yerleştirilmemesi kesitin simetrikliğinin bozulmasına yol açar.

## BÖLÜM- 3

# 600.000 TON/YIL İNŞAAT ÇELİĞİ ÜRETİMİNİN PLANLANMASI

### 3.1. ŞİRKETİN TANITIMI

DİLER DEMİR ÇELİK ENDÜSTRİSİ VE TİC. A.Ş. ilk önce, 1954 yılında ülkenin hızla artan inşaat çeliği talebini karşılamak amacıyla Karabük'te Haddehane olarak kurulmuştur.

DİLER, 1978 yılından itibaren faaliyetlerini Gebze Dilovası'nda sürdürmeye başlamış ve daha sonra Çelikhane ilave edilerek tesis entegre hale getirilmiştir. Şu anda tesis Çelikhane, Haddehane ve Oksijen fabrikası başta olmak üzere toz tutma, basınçlı hava, su tesisleri ve atelyeler gibi birçok yardımcı ünitelerden meydana gelmektedir. Bugün DİLER, bu işe inanmış 500 çalışanı ile birlikte büyümeye devam etmektedir.

#### 3.1.1. Ürünler

##### **Çelikhane Üretilen Kütükler :**

- Kütük Kesiti : 100x100, 120x120, 130x130 mm
- Kütük Uzunluğu : 12 m
- Çelik Cinsi : Düşük ve Orta Karbonlu Çelik (%0,08 - %0,6 C)

##### **Haddehane :**

Yıllık 620.000 ton mamül kapasitesine sahip olan Haddehane iki yollu ve tamamen sürekli olup, ikili ve üçlü yarma prosesi ile kontrollü soğutma prosesine göre üretim yapabilmektedir.

##### **Kontrollü soğutma prosesi ile üretilen nervürlü çubuklarda ;**

- Yüksek Mukavemet değerleri elde edilir
- Karbon eşdeğeri düşeceği için kaynak kabiliyeti çok iyidir.

##### **Hadde Ürünleri :**

- 8 mm - 40 mm çap aralığında sıcak haddelenmiş düz ve nervürlü çubuklar
- 8 mm - 40 mm çap aralığında sıcak haddelenmiş ve kontrollü soğutmaya tabii tutulmuş nervürlü çubuklar
- 8 mm - 20 mm çap aralığında firkete yapılmış çubuklar.



**Paketleme :**

- Çubuk Uzunluğu : 6 m, 9 m ve 12 m
- Paket Ağırlığı : Ortalama 2 ton
- Paketleme Şekli : 3 ila 5 yerinden bağlı paketler

**3.1.2. Üretime Esas Olan Standartlar :**

• DİLER ürünleri, aşağıdaki Ulusal ve Uluslararası Standartlara ve özel müşteri taleplerine göre üretilirler.

- TS, DIN, ASTM, BS, AFNDR, JIS, UNI ve diğer Standartlar.

**3.1.3. Laboratuvarlar:**

Üretimde kullanılan hammaddeler ve DİLER'in ürettiği tüm ürünler üretimin her safhasında Kimya ve Fizik laboratuvarlarımızda sürekli kontrol edilirler.

**Bu laboratuvarlarda ;**

- ARL Kimyasal analiz cihazı
- Bilgisayar kontrollü 750 kN'luk DARTEC çekme cihazı
- Bükme test cihazı
- Metallografik test cihazları mevcuttur.

**3.1.4. Çevre Koruma**

DİLER çevre sorumluluğunun bilincinde olarak Toz Tutma ve Biyolojik Arıtma Tesislerine sahiptir.

**3.1.5. Kalite Güvence Sistemi**

• DİLER uluslararası kabul gören ISO 9002 Kalite Güvence Sistemi Sertifikasına sahiptir.

• ISO 9002 Standardı kalite yönetim sistemimizin temeli olup tüm fabrika içi uygulamaları kapsamakta ve tüm çalışanlarımız bu sisteme katkıda bulunmaktadır.

• Ayrıca DİLER, TSE ve UNI (İtalya) tarafından verilen Kalite Sertifikalarına da sahiptir.

### **3.1.6. Pazar Payı**

Şirket, DİLER Dış Ticaret A.Ş. aracılığıyla ABD, İtalya, Tunus, Cezayir, Mısır, Ürdün, Lübnan, Saudi Arabistan, Kuveyt, Birleşik Arap Emirlikleri, Yemen, Singapur, Tayland, Çin, Güney Kore, Japonya, Filipinler, Vietnam ve Hong Kong'a ihracat yapmaktadır. DİLER, ürünlerini 12 m'lik standart paketler ve firkete olarak iç piyasaya da arz etmektedir.

## **3.2. İNŞAAT ÇELİĞİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN TESİS VE TEÇHİZATLAR**

### **ÇELİKHANE**

- a) Hurda Sepetleri
- b) Hurda Yükleme Boşaltma Vinçleri
- c) Kamag (hurda sepetlerini taşımada kullanılan araç)
- d) Ark Ocağı
- e) Pota Ocağı
- f) Kontinü Kütük Makinası (SDM)

### **HADDEHANE**

- a) Tav Fırını
- b) Merdaneler (Hadde Grubu)
- c) Izgara Grubu (soğutma ve paketleme)

### **YARDIMCI TESİSLER**

- a) Oksijen Fabrikası
- b) Pompa Dairesi (Su tesisleri)
- c) Kompresör (Hava ünitesi)
- d) Curuf Sahası (Fabrika atıkları)
- e) Liman (Hammadde girişi, mamul çıkışı)

### 3.3. ÜRETİM AKIŞI

Hurda, limandan alınıp hurda stok sahasına getirilir. Burada bulunan 3 tane hurda yükleme boşaltma vinçleriyle, hurda 60 tonluk sepetlere boşaltılıyor. 1. şarjda ilk sepete 60 ton hurda konuluyor. 2. şarjda 40 ton ve 3. şarjda 40 ton olmak üzere toplam 140 ton hurda sepetlere konuluyor. Markası Kamag olan özel bir araç bu sepetleri ark ocağının yakınına getiriyor. Ark ocağının olduğu yerde bulunan bir vinç sırasıyla bu sepetlerinde bulunan hurdayı ocağın içine boşaltıyor.

3 tane elektrotu olan ark ocağı yüksek voltajda elektrik vererek hordayla elektrotlar arasında ark oluşturuyor ve meydana gelen yüksek sıcaklık sonucu hurda eritiliyor. Bu işlem yaklaşık 45 dakika sürüyor. 140 ton hurdadan 120 ton sıvı çelik elde ediliyor. Geri kalan 20 ton maya denilen atık bir malzemedir. Bu daha sonra atık olarak fabrika atık sahasına götürülüyor. 1 ton sıvı çelik için 1136 kg hurda kullanılıyor.

#### **Ark ocağındaki karışımın bileşenleri:**

Çeliğin istenen sertliğe sahip olması için ve çelikte istenmeyen fosfor ve kükürdü gidermek için karbon ekleniyor. Yani Kok tozu ekleniyor. Oksijen tanklarından brülörlerle karışıma oksijen üfleniyor. Bu şekilde karbon yakılıyor ve CO2 oluşuyor. CO2 karışımındaki fosfor ve Kükürdü çökeltmek için curufa aktarılıyor. Kireç çeliğe bazik özellik kazandırmak için ekleniyor. Bunun dışında ark ocağındaki karışımın bileşenleri şunlardır: Alüminyum, FerrosilikoMangan, FerroSilis, FerroMangan.

Sıvı çelik 120 ton kapasiteye sahip pota ocağına dökülüyor. Burada daha hassas kimyasal analiz yapılarak çeliğin istenen kıvama gelmesi için kok tozu,, kireç, FerroSilis, FerroSilikoMangan, FerroWanadyum ve Alüminyum ekleniyor. FerroSilis, FerroSilikoMangan ve FerroMangan çeliğe elastiklik veriyor.

Pota ocağı raylar üzerinde hareketli bir mekanizmaya sahip ve bu şekilde ilerleyerek Kontinü kütük Makinasına (SDM) gidiyor.

Sdm'de sıvı çelik 4 m boyunda küvet şeklinde olan tandişlere dökülerek, tandişlerin bir elek gibi hareketiyle altındaki boşluklarda 80 cm uzunluktaki kalıplara sürekli olarak dökülüyor. Bu kalıpların sonunda bulunan çekme ve doğrultma makinaları tarafından şekil veriliyor ve S şeklindeki sıvı çelik, doğrusal olarak çıkıyor. İstenilen siparişlere göre otomatik makaslarla kesimi yapılıyor. Tazyikli suyla

soğutulmaya başlayan çeliğin dışı sertleşiyor. İç tarafı sıcak ve yumuşak olan kütükler tavlanmak üzere tav fırınına gidiyor. Haddelenecek olan kütükler 130x130 mmlik 12 m boyunda olanlardır. Hadde kapasitesi düşük olduğundan üretilen kütüklerin yarısı piyasaya verilmek üzere stoklanıyor.

Tav fırınından çıkan kütük haddelenmek üzere hadde tezgahlarına yönlendiriliyor. Haddehanede 18 tane tezgah bulunmaktadır. Bunların ilk 6 tanesi Hazırlama-1 grubunu oluşturmaktadır. Sonraki 6 tezgah Hazırlama-2 grubunu oluşturmaktadır. İlk 12 merdaneye kadar kütükler çevrilme-pres, çevrilme-pres işlemlerini görerek hareket eder ve 130x130mmlik kütükler 18-20mm kesite kadar incelik. Mamul ilerledikçe kesiti küçülürken aynı zamanda hızı da artar son tezgaha geldiğinde yüksek bir hıza ulaşır. Eğer daha ince kesitte mamul üretilecekse bir sonraki ve son hadde grubu olan finiş grubuna yönlendirilirler.

Finiş grubu 2 yoldan oluşmaktadır. Mamul slitler aracılığıyla 2'ye bölünür, yarısı finiş 1.yola, diğer yarısı da finiş 2. yola gider. Son tezgahta mamule nervür verilir.

Daha sonra mamul, basınçlı su püskürtülen tünelden geçer. Bu sayede çeliğe su verme işlemi yapılır. Çubuğun dış kısmı martenzitik özellik kazanır. Mamul son olarak soğutma ızgarasına gider burada işçiler tarafından paketlenir ve vinçlerle stok sahasına götürülür.



**DILER DEMİR ÇELİK A.Ş. FABRİKA YERLEŞİM PLANI**



### 3.4. ÜRETİM ANALİZİ

#### 3.4.1 İnşaat Çeliği Malzeme Listesi

İnşaat Çeliği Parça Listesi			Föy No: 1
Mamul: İnşaat Çeliği (1000 kg için)			
Malzeme No	Malzeme İsmi	Gereken Miktar	Temin Şekli
1	Hurda Demir	1136 kg	Dışarıdan Alınacak
2	Kok Tozu	14 kg	Dışarıdan Alınacak
3	Kireç	52 kg	Dışarıdan Alınacak
4	Alüminyum	12 kg	Dışarıdan Alınacak
5	FerroSilikomangan	25 kg	Dışarıdan Alınacak
6	FerroSilis	25 kg	Dışarıdan Alınacak
7	FerroMangan	20 kg	Dışarıdan Alınacak
8	FerroWanadyum	10 kg	Dışarıdan Alınacak

Yukarıdaki tablo 8'den 30'lüğe kadar tüm inşaat çubukları için gereklidir.

#### 3.4.2 Yıllık Çalışma Saatinin Hesabı

Yıllık Çalışılan Gün: 256 gün

Günlük Çalışılan Saat: 8x3 vardiya= 24 saat

Yıllık Toplam Çalışma Saati: 6144 Saat

1 vardiyanın yıllık çalışma saati: 2048 saat

#### 3.4.3 Üretim Miktarının Hesabı

Yılda üretilecek inşaat çeliği miktarı: 530,000 ton

Iskarta oranı: %10

İşçi Performansı: %98



Iskarta ve performans faktörü ile birlikte yıllık üretilmesi gereken miktar:

$$\frac{530000}{(1 - 0,10).0,98} = 600.000 \text{ ton}$$

#### 3.4.4 Kapasiteler:

1- Sepet Kapasitesi:

Hacmi:  $97 \text{ m}^3 = 60 \text{ ton hurda}$

2- Kamag Kapasitesi:

1 adet sepet taşıyabiliyor

3- Ark Ocağı:

Hacmi: 140 ton Hurda alıyor 45 dakikada 120 ton sıvı çelik üretiyor. Saatte 160 ton. Yılda 1 milyon 200 bin on

4- Pota Ocağı: 120 ton

5- SDM: 160 ton/saat

Saatte 100 adet 130'luk kütük

6- Tav Fırını:

Soğuk Şarjda 100ton/saat

Sıcak Şarjda 140 ton/saat

7- Haddehane:

80 saniyede 1 adet 130'luk kütük haddeleyebiliyor. 600.000 ton/yıl haddeleyebiliyor. 600.000 ton/yıl

### 3.4.5 Makine İşleme Kapasitesi Tayini

Makine İşleme Kapasitesi Tayini				Föy No: 2
Parça İsmi: İnşaat Çeliği				
Üretilecek Miktar: 600.000 ton/yıl				
İşlem Sıra No	Yapılacak İş	Makine/ Teçhizat	120 ton inşaat çeliği için gereken süre (dak)	Toplam Süre(saat)
1	Hurdanın sepetlere doldurulması	Krane, Sepet	90	7470
2	Dolu sepetlerin ark ocağına taşınması	Kamag, Sepet	20	1660
3	Sepetlerin ark ocağına boşaltılması	Krane, Sepet	300	24900
4	Hurdanın eritilmesi	Ark Ocağı	45	3735
5	Sıvı çeliğin SDM'ye taşınması	Krane, Pota Ocağı	60	4980
6	SDM'de Kütük üretimi	SDM	74	6142
7	Kütüklerin tav fırınına taşınması	Krane	200	16600
8	Kütüklerin Tavlanması	Tav Fırını	74	6142
9	Kütüklerin ilk haddelenmesi	6 merdanelik Hadde Grubu	74	6142
10	Uç-Baş kesimi	Uç-Baş Makası	10	830
11	20'lik demire kadar haddeleme	6 Merdanelik 2. Hadde Grubu	74	6142
12	Uç-Baş kesimi	Uç-Baş Makası	10	830
13	8'lik demire kadar haddeleme	6 Merdanelik Finitiş Grubu	135	11205
14	Boy kesimi	Uçar Makas	10	830
15	Kontrollü soğutma	Soğutma Izgarası	60	4980
16	Boy kesimi	Mamul Makası	10	830
17	Mamulün Tartılması	Kantar	20	1660

### 3.4.6 İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi Tayini

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:3
Teçhizat: Krane		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
1	7470	
3	2490	
5	4980	
7	16600	
Toplam	31540	

Krane Adedi:

$$\frac{31540}{6144} = 5,13 \Rightarrow 6A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:4
Teçhizat: Sepet		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
1	7470	
2	1660	
3	24900	

Sepet Adedi:

$$\frac{34030}{6144} = 5,53 \Rightarrow 6A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:5
Teçhizat: Kamag		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
2	1660	

Kamag Adedi:

$$\frac{1660}{6144} = 0,27 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:6
Teçhizat: Ark Ocağı		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
4	3735	

Ark Ocağı Adedi:

$$\frac{3735}{6144} = 0,60 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:7
Teçhizat: Hareketli Pota Ocağı		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
5	4980	

Hareketli Pota Ocağı Adedi:

$$\frac{4980}{6144} = 0,81 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:8
Teçhizat: 6 Merdanelik 1.Hadde Grubu		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
9	6142	

6 Merdanelik 1. Hadde Grubu:

$$\frac{6142}{6144} = 0,99 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:9
Teçhizat: 6 Merdanelik 2. Hadde Grubu		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
11	6142	

6 Merdanelik 2. Hadde Grubu:

$$\frac{6142}{6144} = 0,99 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:10
Teçhizat: Uç-Baş Makası		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
10	830	
12	830	

Uç-Baş Makası Adedi:

Üretim akışının bozulmaması için biri 1. hadde grubundan sonra, diğeri de 2. hadde grubundan sonra yer almak üzere 2 adet gereklidir.

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:11
Teçhizat: 6 Merdanelik Finiş Grubu		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
13	11205	

6 Merdanelik Finiş Grubu:

$$\frac{11205}{6144} = 1,82 \Rightarrow 2A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:12
Teçhizat: Uçar Makas		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
14	830	

Uçar Makas Adedi:

$$\frac{830}{6144} = 0,13 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:13
Teçhizat: Soğutma Izgarası		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
15	4980	

Soğutma Izgarası Adedi:

$$\frac{4980}{6144} = 0,81 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:14
Teçhizat: Mamul Makası		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
16	830	

Mamul Makası Adedi:

$$\frac{830}{6144} = 0,13 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:15
Teçhizat: Kantar		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
17	1660	

Kantar Adedi:

$$\frac{1660}{6144} = 0,27 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:16
Teçhizat: SDM		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
6	6142	

SDM Adedi:

$$\frac{6142}{6144} = 0,99 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

İhtiyaç Bulunan Makine İşleme Kapasitesi		Föy No:17
Teçhizat: Tav Fırını		
Plan: 600.000 ton inşaat çeliği üretimi için		
İşlem No	Gereken Toplam Zaman (Saat)	
8	6142	

Tav Fırını Adedi:

$$\frac{6142}{6144} = 0,99 \Rightarrow 1A \text{ det}$$

### 3.4.7. Makine Parkı Listesi ve Toplam Makine Alanı:

Makine Adı	Makine Adedi	Makine Çıplak Alanı(m <sup>2</sup> )	Takım Teçhizat Alanı(m <sup>2</sup> )	İş Gücü Alanı(m <sup>2</sup> )	İlk Toplam(m <sup>2</sup> )	Toplam Makine Alanı(m <sup>2</sup> )	İş Gücü Adedi
Krane	6	10	2	-	12	72	6
Sepet	6	30	10	-	40	240	-
Kamag	1	40	-	-	40	40	1
Ark Ocağı	1	972	100	400	1472	1472	13
Pota Ocağı	1	50	-	-	50	50	6
SDM	1	5004	500	3000	8504	8504	10
Tav Fırını	1	1979	250	1250	3479	3479	13
Haddehane	1	6753	1200	4500	12453	12453	20
Yardımcı tesisler	4	17402	5300	6500	29202	29202	5
Genel İdare	-	1050	-	-	1050	1050	18
					Toplam	56562	92



### 3.4.8. Fabrika Yerleşim Tipinin İncelenmesi

Fabrikada mamule göre yerleşim tipi esas alınmıştır. Bu yerleşim tipinde makinalar veya tezgahlar bir mamülü hammadde halinden son şeklini alıncaya kadar izlediği yol üzerinde işlemlerin gerektirdiği sıraya göre dizilirler. Her mamül için, ayrı bir üretim hattı oluşturulabilir. Sürekli üretim tipine uygun bir yerleştirme tipidir. Diler Demir-Çelik’deki inşaat demirlerinin imalatını üretim miktarına veya akışına göre sınıflandırma yaparsak, bu üretim sürekli üretim tipindedir.

Sürekli üretim, eldeki makina ve tesislerin yalnız belirli bir mamüle tahsis edilmesiyle yapılan üretimdir. Söz konusu mamülün talep düzeyi ve üretim miktarları çok yüksektir. Sipariş ve parti üretimlerinde üretim hızının talepten biraz yukarıda olmasına izin verilebilir. Yani stoklama yapılabilir. Sürekli üretimde ise, ancak talep hacminin üretiminin her an yakından izlenmesi şartıyla, faaliyetleri sürdürmek mümkündür. Sürekli üretim, üretimin tümü pazar bulabiliyorsa, bu tip sistemin kurulması anlam taşır. Aksi halde, özel ve pahalı teçhizat gerektiren bu tip üretim sistemlerinde, üretim esnekliği olmadan, talep düşüşlerinin maliyeti çok yüksektir.

Sürekli üretimde ana sorunlar şunlardır:

- 1-Sürekli üretim için, iyi dengelenmiş bir üretim hattı tasarımı yapmalı.
- 2-Hat üzerindeki tezgahların güvenilirliği ve bakım onarımına cevap bulma.
- 3-Hammadde ve yarımamül ihtiyacını zamanında sağlama.
- 4-Ürün tasarımı çalışmalarını etkin bir düzeyde sürdürmek.
- 5-Üretim hattının düzgün işleyişini sağlayacak şekilde ara stok düzeylerini tespit etmek

Seri üretimde sistemin başlangıç noktasından üretilmeye başlayan hammadde, yarımamül ve parça gibi girdiler işlem birimlerinden geçer ve son ürün haline gelerek sistemden çıkarılır. Seri üretimde kendi içinde akışık ve kesikli seri üretim olarak ikiye ayrılır. Demirlerin üretimi de daha çok akışık üretime uymaktadır. Bu tip üretimde işlenen hammadde ve ürünler doğal yapıları itibarıyla kendiliğinden akarlar.

Sürekli üretim yapan bir fabrikada, mamül miktarı fazla, çeşidi ise az olmalıdır.Hızı ve verimlilikleri yüksek özel tezgahlar kullanılmalıdır.İş hazırlama faaliyetleri az ancak karmaşık ve özen gerektirmektedir. Ayrıca araç hızı yüksek tertibatlar, fabrika içi taşıma faaliyetlerinde tercih edilmelidir.Sürekli üretimde bakım planlaması çok önemlidir ve stok ya çok azdır ya da bulunmamaktadır.Sürekli üretime uyan yerleştirme düzeni mamüle göre seri düzenlemedir.(Üretim Hattı). Bu tip yerleştirmenin bazı avantaj ve dezavantajları kısaca şunlardır:

**Yararlı yanları:**

- 1-İş akışı düzgündür.
- 2-Taşımalar azdır.
- 3-Yarımamül stokları azdır.
- 4-Toplam üretim süresi kısadır.
- 5-Üretim Planlama ve Kontrol işlemleri nispeten basittir. Formüle edilebilir.
- 6-Gözlem ve kontrol kolaydır.
- 7-Kalifiye olmayan, işçi kullanılabilir. Eğitim ve adaptasyon kolaydır.

**Sakıncalı yanları:**

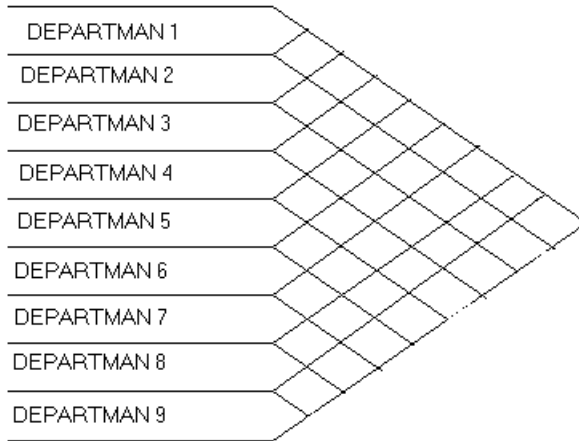
- 1-Esneklik az.Mamül dizaynında yapılacak bir değişikliğin uygulanması uzun zaman alır.
- 2-Üretim akış hızı, en yavaş makinaya bağlıdır. Dengeleme problemi vardır. Küçük bir arıza sebebiyle bütün hattın boş durma olasılığı yüksektir.
- 3-Makina veya yarımamül cinsinden, yedek kapasitebulundurma zorunluluğuvardır. Yatırım miktarı yüksektir.
- 4-Gözlem ve kontrol kolay olmakla beraber uzmanlaşmış değildir.

### 3.4.9. Malzeme Taşıma Etkinliğinin Bulunması

#### a) Mevcut Mesafeler (metre)

T \ F	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	125	250	318	383	250	-	160	35
2	125	-	125	193	-	-	210	35	160
3	250	125	-	68	133	-	100	-	-
4	318	193	68	-	-	168	-	-	-
5	383	-	133	-	-	-	-	-	-
6	250	-	-	168	-	-	51	90	215
7	-	210	100	-	-	51	-	-	50
8	160	35	-	-	-	90	-	-	125
9	35	160	-	-	-	215	50	125	-

#### b) Yakınlık Derecesi



**c) Taşımlar (ton)**

T \ F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ
1	-	140	-	-	-	-	-	-	-	140
2	-	-	140	-	-	-	-	-	-	140
3	-	-	-	120	20	-	-	-	-	140
4	-	-	-	-	-	120	-	-	-	120
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
6	-	-	-	-	-	-	60	60	-	120
7	-	10	-	-	-	-	-	-	50	60
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

**d) Mevcut From-To Şeması**

T \ F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ
1		17500								17500
2			17500							17500
3				8160	2660					10820
4						20160				20160
5										0
6							3060	5400		8460
7		2100							2500	4600
8										0
9										0
Σ	0	19600	17500	8160	2660	20160	3060	5400	2500	79040

**MOMENT HESAPLARI**  
İLERİ GİDİŞ

$$1*(17500+17500+8160+3060) = 46220$$

$$2*(2660+20160+5400+2500) = 61440$$

$$\Sigma 107660$$

## GERİ GİDİŞ

$$5*2100 = 10500$$

$$\Sigma 10500$$

TOLAM TAŞIMA MOMENTİ :  $107660+10500 = 118160$   
 TAŞIMA ETKİNLİĞİ :  $79040 / 118160 = 0,6689 \cong \%67$   
 MEVCUT TAŞIMA ETKİNLİĞİ :  $\%67$

### 3.4.10. Alternatif Makine Yerleşiminin Bulunması

**a) (6) Tav Fırını ve (7) Haddehaneyi, Ark Ocağı ve Mamul Holüne Doğru 10m Yaklaştırdıktan Sonraki Mesafeler (metre)**

T \ F	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	125	250	318	383	250	-	160	35
2	125	-	125	193	-	-	200	35	160
3	250	125	-	68	133	-	90	-	-
4	318	193	68	-	-	168	-	-	-
5	383	-	133	-	-	-	-	-	-
6	250	-	-	168	-	-	51	90	215
7	-	200	90	-	-	51	-	-	40
8	160	35	-	-	-	90	-	-	125
9	35	160	-	-	-	215	40	125	-

**b) (6) Tav Fırını ve (7) Haddehaneyi, (3) Ark Ocağı ve (9) Mamul Holüne Doğru 10m Yaklaştırdıktan Sonraki From-To Şeması**

T \ F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ
1		17500								17500
2			17500							17500
3				8160	2660					10820
4						20160				20160
5										0
6							3060	5400		8460
7		2000							2000	4000
8										0
9										0
Σ	0	19500	17500	8160	2660	20160	3060	5400	2000	78640

**MOMENT HESAPLARI**

İLERİ GİDİŞ

$$\begin{aligned}
 1*(17500+17500+8160+3060) &= 46220 \\
 2*(2660+20160+5400+2000) &= 59440 \\
 \Sigma &= 105660
 \end{aligned}$$

GERİ GİDİŞ

$$\begin{aligned}
 5*2000 &= 10000 \\
 \Sigma &= 10000
 \end{aligned}$$

TOLAM TAŞIMA MOMENTİ :  $105660+10000 = 115660$

TAŞIMA ETKİNLİĞİ :  $78640 / 115660 = 0,6799 \cong \%68$

**c) Departmanların Yan Yana Gelme Zorunluluğu Göz Ardı Edilerek 8 ve 7 Nolu Departmanların Yerlerinin Değiştirilmesiyle Oluşturulan From- To Şeması**

F \ T	1	2	3	4	5	6	8	7	9	Σ
1		17500								17500
2			17500							17500
3				8160	2660					10820
4						20160				20160
5										0
6							5400	3060		8460
8									2500	2500
7		2100								2100
9										0
Σ	0	19600	17500	8160	2660	20160	5400	3060	2500	79040

**MOMENT HESAPLARI**

İLERİ GİDİŞ

$$\begin{aligned}
 1*(17500+17500+8160+5400) &= 48560 \\
 2*(2660+20160+3060+2500) &= 56760 \\
 \Sigma &= 105320
 \end{aligned}$$

GERİ GİDİŞ

$$\begin{aligned}
 5*2100 &= 10500 \\
 \Sigma &= 10500
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TOLAM TAŞIMA MOMENTİ} &: 105320+10500 = 115820 \\
 \text{TAŞIMA ETKİNLİĞİ} &: 79040 / 115820 = 0,6824 \cong \%68
 \end{aligned}$$

**d) (3) Ark Ocağını ,(6) Tav Fırınına 26m , (4) Sdm'yi (6) Tav Fırınına 69m, (5) Atık Deposunu, (3) Ark Ocağına 102m Yaklaştırdıktan Sonraki Mesafeler(metre)**

T \ F	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	125	250	318	383	250	-	160	35
2	125	-	98	193	-	-	200	35	160
3	250	125	-	65	31	56	90	-	-
4	318	193	68	-	-	99	-	-	-
5	383	-	133	-	-	-	-	-	-
6	250	-	-	168	-	-	51	90	215
7	-	200	90	-	-	51	-	-	40
8	160	35	-	-	-	90	-	-	125
9	35	160	-	-	-	215	40	125	-

**e) (3) Ark Ocağını ,(6) Tav Fırınına 26m , (4) Sdm'yi (6) Tav Fırınına 69m, (5) Atık Deposunu, (3) Ark Ocağına 102m Yaklaştırdıktan Sonraki From-To Şeması**

T \ F	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Σ
1		17500								17500
2			13720							13720
3				7800	620					8420
4						11880				11880
5										0
6							3060	5400		8460
7		2000							2000	4000
8										0
9										0
Σ	0	19500	13720	7800	620	11880	3060	5400	2000	63980



### MOMENT HESAPLARI İLERİ GİDİŞ

$$\begin{aligned} 1*(17500+13720+7800+3060) &= 42080 \\ 2*(620+11880+5400+2000) &= 39800 \\ \Sigma &= 81880 \end{aligned}$$

### GERİ GİDİŞ

$$\begin{aligned} 5*2000 &= 10000 \\ \Sigma &= 10000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TOLAM TAŞIMA MOMENTİ} &: 81880+10000 = 91880 \\ \text{TAŞIMA ETKİNLİĞİ} &: 63980/ 91880 = 0,6963 \cong \%70 \end{aligned}$$

### 3.4.11. Alternatif Yerleşimin İncelenmesi

Genelde herhangi bir üretim yerinde üretilecek olan ürünün üretim aşamaları önceden belirlenmiştir. Bir mamulün üretimine karar verilip fabrika kurulum aşaması düşünüldüğünde zaten mamulün hangi proseslerden geçeceği önceden bu işi ilk yapan insanlar tarafından ortaya konmuştur. Ancak analitik düşünme yeteneğine sahip insanlar sürekli olarak bu prosesler üzerinde işlem etkinliğini arttıracak şekilde yeni alternatif çözümler sunmaya çalışmışlardır. Buna karşın maddenin yapısından dolayı en temel işlem sıralarını değiştirmek pek mümkün değildir. Ve bu yüzden değişimler, temel aşamaların dışında gerçekleştirilebilir.

İnşaat demirinin üretim aşamaları da belirlidir yani bir işlem gerçekleşmeden bir sonraki işlemin gerçekleşmesi mümkün değildir. İnşaat demirinin üretim akışı yukarıda verilmiştir. Bu üretim akışına göre hammadde hurda demirdir. Hurda demir, ark ocağında eritilir ve sıvı çelik elde edilir. Sıvı çelik pota ocağına dökülür ve Kontinü Kütük Makinasına (SDM) kütük üretmek üzere taşınır. SDM'de üretilen kütükler tavlama üzere tav fırınına aktarılır. Burada tavlama kütükler haddelenmek üzere hemen yanında bulunan hadde hattına yönlendirilir. Haddelenen kütüklerden istenen boyutta inşaat demiri elde edilir.

Tesis planlama dersinde de gördüğümüz üzere, uygulanabilir yerleşim şekillerinin avantajları ve dezavantajları göz önüne alınıp incelendiğinde bu üretim akışına en uygun yerleşimin mamule göre yerleşim olduğu açıktır. Böyle karar verilmesine sebep olan bir çok kısıt mevcuttur. Bu kısıtların en önemlileri olarak, daha önceden vermiş olduğumuz işlem sırasını ve bu işlemleri gerçekleştirmek için kullanacağımız makine ve araç gereçlerin mevcut özelliklerini sayabiliriz.

Zaten fabrikanın mevcut yerleşimi de mamule göredir. Bize göre fabrikanın yerleşimi uygundur. Buna karşın Kaizen'e göre en uygun yoktur ve değişen şartlar daha iyi sonuçlar ortaya koyabilir.

Yapmış olduğumuz From-To şemalarındaki işlemlere göre mevcut etkinlik derecesi %67 bulunmuştur. Etkinliğin maksimum sınırı %100'dür. Ve bu değer elde edilene kadar mantıksal olarak etkinlik arttırılabilir. Ancak gerçek çalışma ortamında olayları etkileyen çok sayıda kısıt mevcuttur. Hurda holünün yanında ark ocağı, ark ocağının yanında SDM, SDM'nin yanında tav fırını, tav fırınının yanında haddehane, haddehanenin yakınlarında da mamul stok alanı bulunmak zorundadır. Bu kısıtlar göz ardı edilerek mevcut konumlar değiştirilip alternatif çözümler ile etkinlik arttırılabilir ve bu konuda çalışma, örnek moment hesaplamalarında gösterilmiştir. Ancak daha önce de belirttiğimiz gibi kısıtlar gerçek yerleşimin böyle olmasını engellemektedir. Bu nedenle bu aşamada %67'lik etkinlik derecesi yeterli görülebilir.

Eğer yerleşim yerleri değiştirilemiyorsa, momentleri küçültmek için yapılabilecek diğer yöntem mesafeleri azaltmaktır. Kısıtlar çerçevesinde sezgisel yöntemler kullanılarak hiçbir departmanın sırasını değiştirmeden haddehane ve tav fırınına 10 metre kadar mamul holü ve ark ocağına doğru yaklaştırabiliriz. Yeni mesafeler göz önüne alınarak from-to şemasını modifiye ederiz. Gerekli moment hesapları yapıldıktan sonra etkinlik derecesinin %68'e çıkarmak mümkündür. Bu yer değiştirmenin, 10 metreden fazla olması mümkün değildir. Çünkü, departmanlar arası malzeme taşınması için belli bir miktar alan bırakılmak zorundadır.

Etkinlik derecesini daha fazla arttırmak için (4) nolu departman olan SDM'yi Tav Fırınına yaklaştırarak aralarındaki mesafeyi 99 metreye kadar indirebiliriz. Aynı şekilde (2) nolu departman olan Ark Ocağının Tav Fırınına olan uzaklığını 56 metreye kadar yaklaştırmamız gerekir. Bu yer değişikliklerini yaptıktan sonra (5) nolu departman olan Atık Deposunu Ark Ocağının yakınına koymamız için gereken alan açılmıştır. Son olarak Atık Deposunu Ark Ocağının 31 metre kadar aşağısına yatay olarak yerleştiririz.

Yukarıdaki değişikliklere dayalı olarak oluşturduğumuz From-To şemasına göre gerekli moment hesaplarını yaptığımızda etkinlik derecesinin %70'e kadar çıktığı görülür. Bu değer, bu kısıtlar altında bizim ulaşabileceğimiz en yüksek değerdir. Sonuç olarak %67 olan mevcut etkinlik derecesini %70'e kadar çıkarmış bulunmaktayız.

**KAYNAKLAR**

- 1- DİKEÇ Feridun (Prof. Dr.) Çelik Malzemeler 1995.
- 2- DİLER D.Ç. Ürün ve Fabrika Bilgileri Kitapçığı 2000.
- 3- ONARAN Kaşif (Prof. Dr.) Malzeme Bilimi; Bilim Teknik Yayınevi 1999.
- 4- SÖNMEZ Hüseyin (Doç. Dr.) Üretim Yöntemleri Ders Notları 2000.
- 5- AKTEKİN Arif Haddeleme ve Kalibrasyon 1973.
- 6- ÇAPAN Levon (Prof Dr.) Metallere Plastik Şekil Verme 1999.
- 7- ENSARİ Cahit (Doç. Dr.) Metallere Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları 1986.