

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEMİRSEL TELLERİN
ÜRETİM SÜRECİNİN İNCELENMESİ**

Met. Malz. Müh. Ali GÜZEY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Mühendisliği A.B.D.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cem ÇETİNARSLAN

**2009
EDİRNE**

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

“DEMİRSEL TELLERİN ÜRETİM SÜRECİNİN İNCELENMESİ”

Yüksek Lisans Bitirme Tezi olarak verilmiştir.

Met. ve Malz. Müh. Ali GÜZEY
Makine Mühendisliği A.B.D.

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Cem ÇETİNARSLAN

2009

ÖZET

İmalat sanayisinde kullanılan malzemelerin tamamına yakınında plastik şekil verme yöntemlerinden biri kullanılmaktadır. Tel çekme işlemi de plastik şekil verme yöntemleri arasında önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, tel çekme işleminde kullanılan yöntemler, yarı mamul, matrisler, makine ve sabunlar hakkında bilgi verilerek, tel çekmeyle üretilen tellerin mekanik özelliklerini tespit etmek amaçlanmaktadır.

Farklı çaplardaki numunelerin; kimyasal kompozisyon, redüksiyon oranı ve hız değişkenlerine bağlı olarak; akma dayanımı, çekme dayanımı, % kopma uzaması gibi mekanik özelliklerdeki değişimi incelemek amacıyla SAE 1006, SAE 1008, Cq15 ve 20MnB4 kalite teller için dört farklı çekme deneyi yapılmıştır. Her deneyde, kıyaslama yapabilmek amacıyla, değişkenin iki farklı durumu için 3 farklı numune kullanılmıştır. Elde edilen bulgular tablo ve grafiklerle gösterilmiştir. Numunelerin soğuk deformasyon oranına bağlı olarak; akma dayanımı, çekme dayanımı, kopma uzaması değerlerinin değişimi grafiklerle gösterilmiştir. 20MnB4 ve SAE 1006 numunelerin; tel çekme öncesi, %23,5 ve %45,2 redüksiyon oranlarında tel çekilmiş ve enine kesitinin içyapı fotoğrafları alınmıştır. Tüm bulgular değerlendirilerek, uygulamada kullanılan çelik teller için tel çekme çizelgesi optimize edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Redüksiyon, filmaşın kangal, tel çekme, tel, matris (hadde)

ABSTRACT

Nowadays, almost one of the plastic deformation process is using at manufacturing. Wire drawing has an important role in plastic deformation process. In this thesis, an investigation has been carried out to determine the mechanical properties of wire rods manufactured by wire drawing and also wire drawing process elements; submaterial, die, machine and lubricants are investigated. Four different tensile tests made to determine the effect of variations for SAE 1006, SAE1008, Cq15, 20MnB4 wires quality; chemical composition, reduction ratio and speed on mechanical properties like yield and tensile strength and elongation with different diameter of specimens. Two different case are used to compare with them and each case is repeated with three specimens. The results are illustrated on tables and figures. Figures and tables are used to determine the effect of plastic deformation ratio on tensile strength, hardness and reduction ratio. Interior structure of 20MnB4 and SAE 1006 specimens are taken the pictures at the conditions; before wire drawing 23,5% and 45,2% cold deformation ratio and by the width. All results are used to optimize the steel wire drawing table.

Key Words: Reduction, wire coil, wire drawing, wire, die.

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum yüksek lisans tezi konusunu öneren, çalışmam süresince ilgisini, bilgi ve birikimlerini esirgemeyen, başta çok değerli hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Cem ÇETİNARSLAN olmak üzere, Sn. Doç. Dr. Mümin ŞAHİN'e, Sn. Yrd. Doç. Dr. Vedat TAŞKIN'a ve Sn. Yrd. Doç. Dr. Andaç MURAT'a, tez çalışmam boyunca vermiş oldukları bilgi ve ilgisinden dolayı Arş. Gör. Kaan ÖZEL' e saygı ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Gözde ÖZKÖK ve aileme çok teşekkür ederim.

Ayrıca bu tezi yazabilmemde bana sonsuz katkıları bulunan ve tez yazımım boyunca her türlü imkânları sağlayan BİMEKS ARSAY ÇELİK TEL ÜRETİMİ A.Ş. yetkililerinden başta Sn. Tuğrul GÖKAĞAÇLI, Sn. İlhan ESMER, Sn. Meryem ARSAY, Sn. Huriye DİKİCİ, Sn. Bülent SEMERCİ ve tüm BİMEKS ARSAY çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

SİMGELER

S	: Kesit, mm ²
v	: Tel çekme hızı, m/s
$\sigma_{0,2}$	: Akma dayanımı, MPa
σ_m	: Çekme dayanımı, MPa
A₅	: % kopma uzaması
K	: Malzeme sabiti
n	: Pekleşme üsteli
σ	: Gerilme
Z	: % kesit daralması
HRB	: Rockwell B sertlik değeri
ϵ_P	: Soğuk deformasyon oranı

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
1.1. Tanım ve İşlemin Esasları	1
1.2. Tel Endüstrisinin Tarihi	5
2. KAYNAK BİLGİSİ	7
2.1. Kaynak Özetleri	7
3. MATERYAL ve METOT	10
3.1. Çelik Yapısında Bulunan Elementlerin Çekmeye Etkileri	10
3.2. Çelik Tel Çekmede Uygun Bileşim	14
3.3. Hammadde Kontrolü	15
3.4. Yüzey Temizleme	17
3.4.1. Kimyasal yüzey temizleme	17
3.4.2. Mekanik yüzey temizleme	18
3.5. Çekme Matrisleri	18
3.5.1. Matris kısımları ve görevleri	19
3.6. Çekme sabunları ve etkileri	23
3.6.1. Tel çekmede yağlayıcıların görevleri	24
3.6.2. Sabun Seçimi	26
3.6.2.1. Kuru çekme yağlayıcıları	26
3.6.2.2. Yaş çekme yağlayıcıları	29
3.7. Tel Çekme İşlem Koşulları	30
3.8. Tel Çekme İşlem Koşullarına Etki Eden Faktörler	31
3.7.1. Akış tipleri	31
3.7.2. Akma dayanımı	32
3.7.3. Çekme dayanımı	33
3.7.4. Kopma uzaması yüzdesi	33
3.7.5. Yüzde kesit daralması	34
3.7.6. Çekme numuneleri	35
3.7.7. Sertlik	37

3.7.8. Soğuk deformasyon oranı	38
3.7.9. İç yapı	38
4. DENEYLER ve BULGULAR	39
4.1. Hammadde Cinsi Farklı, Hız Sabit ve Tel Çapı Aynı Durumu	39
4.2. Hammadde Cinsi ve Çekim Hızı Aynı, Tel Çapı Farklı Olması Durumu	42
4.3. Hız ve Tel Çapı Aynı, Hammadde Çapı Farklı Durumu	45
4.4. Hammadde Çapı ve Tel Çapı Aynı, Hız Farklı Durumu	48
4.5. Tel Çekmede Kullanılan Numunelerin İç Yapıları	51
5. SONUÇLAR	56
6. KAYNAKLAR	58
7. ÖZGEÇMİŞ	61

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. Tel çekmenin prensip şeması.	1
Şekil 1.2. Tel çekme işleminde kullanılan hammaddeler. (filmaşın)	2
Şekil 1.3. Kimyasal yüzey temizleme.	2
Şekil 1.4. Mekanik yüzey temizleme.	3
Şekil 1.5. Kuru tip tel çekme işlemi.	3
Şekil 1.6. Sulu tip tel çekme işlemi.	4
Şekil 1.7. Telin ardışık matrislerden geçişi.	4
Şekil 1.8. Telin matristen geçişi.	5
Şekil3.1. Analizlerde kullanılan Spectro-Lab M7 spektrometresi.	16
Şekil 3.2. Kimyasal yüzey temizleme şematik gösterimi.	17
Şekil 3.3. Makaralarda mekanik yüzey hazırlama.	18
Şekil 3.4. Matris dizaynı.	21
Şekil 3.5. Doğru temas noktası.	21
Şekil 3.6. Hatalı temas noktası.	22
Şekil 3.7. Hatalı temas noktası.	22
Şekil 3.8. Telin haddeden geçişi esnasında iki yüzey arasındaki ilişki.	24
Şekil 3.9. Akış tipleri.	31
Şekil 3.10. Numunenin ilk ve son uzunluğu.	35
Şekil 3.11. Üniversal çekme cihazı.	36
Şekil 4.1. Çekme deneyinde kullanılan SAE 1008 numune.	41
Şekil 4.2. Çekme deneyinde kullanılan 20MnB4 numune.	41
Şekil 4.3. Olympus PME 3 research and inspection mikroskopu.	51
Şekil 4.4. 20MnB4 numunenin tel çekme öncesi iç yapısı.	51
Şekil 4.5. 20MnB4 numunenin $\phi 5,50-4,81$ mm % 23,5 redüksiyon oranında soğuk deforme edilmiş haldeki içyapısı.	52
Şekil 4.6. 20MnB4 numunenin $\phi 5,50-4,81$ mm % 45,2 redüksiyon oranında soğuk deforme edilmiş haldeki içyapısı.	53
Şekil 4.7. SAE 1006 numunenin enine kesitinin iç yapısı.	54
Şekil 4.8. SAE 1006 numunenin $\phi 5,50-4,81$ mm %23,5 redüksiyon oranında soğuk deforme edilmiş haldeki iç yapısı enine kesiti. (350X)	54

Şekil 4.9. SAE 1006 numunenin $\phi 5,50-4,81$ mm %23,5 redüksiyon oranında soğuk deforme edilmiş haldeki iç yapısı boyuna kesiti. (350X)

55

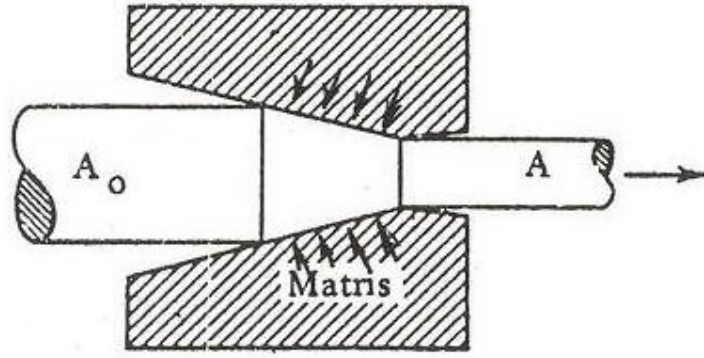
ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Düşük karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimi.	15
Çizelge 3.2. Düşük karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimi ve çekme mukavemetleri.	16
Çizelge 3.3. Farklı koşullar için sabun seçimi.	26
Çizelge 3.4. Üniversal çekme cihazının teknik özellikleri.	36
Çizelge 4.1. Deneylerde kullanılan SAE1008 malzemenin kimyasal bileşimi.	39
Çizelge 4.2. Hammadde cinsi farklı, hız ve tel çapı aynı durumu için sonuçlar.	39
Çizelge 4.3. SAE 1006, Cq 15, 20MnB4 ve SAE 1008 kalite teller için çekim sonrası akma dayanımı değişimi.	40
Çizelge 4.4. SAE 1006, Cq 15, 20MnB4 ve SAE 1008 kalite teller için çekim sonrası çekme dayanımı değişimi.	40
Çizelge 4.5. Ø5,50-Ø4,81 mm numuneler için uzama değerleri değişimi.	41
Çizelge 4.6. Hammadde cinsi ve hızı aynı, tel çapı farklı durumu için sonuçlar.	42
Çizelge 4.7. Ø5,50-Ø4,81 , Ø5,50-Ø4.00 ve Ø5,50-Ø3.01 mm numuneler için akma dayanımı değerleri.	43
Çizelge 4.8. Ø5,50-Ø4,81 , Ø5,50-Ø4.00 ve Ø5,50-Ø3.01 mm numuneler için çekme dayanımı değerleri.	43
Çizelge 4.9. Ø5,50-Ø4,81 , Ø5,50-Ø4.00 ve Ø5,50-Ø3.01 mm numuneler için uzama değerleri değişimi.	44
Çizelge 4.10. Hız ve tel çapı aynı, Hammadde çapı farklı durumu için sonuçlar.	45
Çizelge 4.11. Ø5,50-Ø4,81 , Ø6,50-Ø4.81 mm numuneler için akma dayanımı değerleri.	46
Çizelge 4.12. Ø5,50-Ø4,81 , Ø6,50-Ø4.81 mm numuneler için çekme dayanımı değerleri.	46
Çizelge 4.13. Ø5,50-Ø4,81 , Ø6,50-Ø4.81 mm numuneler için uzama değerleri değişimi.	47
Çizelge 4.14. Hammadde kangal ve tel çapının aynı, hızı farklı durumu için sonuçlar.	48
Çizelge 4.15. Ø5,50-Ø4,81 mm numuneler için akma dayanımı değerleri.	49
Çizelge 4.16. Ø5,50-Ø4,81 mm numuneler için çekme dayanımı değerleri.	49
Çizelge 4.17. Ø5,50-Ø4,81 mm numuneler için uzama değerleri değişimi.	50

1. GİRİŞ ve AMAÇ

1.1. Tanım ve İşlemin Esasları

Tel çekme, kalın kesitli olan bir telin çekme matrisi içinden geçirilerek kesitini küçültme işlemidir. Çekme yönteminde malzemeler matris olarak adlandırılan bir kalıp içinden geçirilerek kesitleri daraltılır ve biçimlendirilir. Bu plastik şekil değişimini gerçekleştirmek için parçaya çıkış tarafından bir çekme kuvveti uygulanır.



Şekil 1.1. Tel çekmenin prensip şeması.

Bu yöntemde şekil değişimini sağlayan, metalin kalıpla temas yüzeyinde ortaya çıkan dolaylı basma gerilmeleridir. Çekme yöntemiyle genelde dairesel kesitli veya eksenel simetrisi olan ürünler elde edilir. Yöntem yüksek bir yüzey kalitesi ve boyut hassasiyeti elde etmek için uygundur.

Tel kesitleri genellikle daireseldir. Plastik şekil verme usullerinden olan haddeleme ile çapı 4,50 – 5,00 mm' ye kadar olan telleri imal etmek mümkündür. Ama bundan daha küçük çaptaki teller haddeleme ile istenilen hassasiyetle imal edilemezler. Bunun sebebi, tellerin kesiti azaldığında soğumanın hızlı olması ve bunun yanında sıcaklıktan dolayı tel yüzeylerinde arzu edilmeyen kav tabakaları oluşmasıdır. Ayrıca sıcak şekillendirmeye malzemenin mukavemeti büyük ölçüde düşeceğinden ince kesitli tel kolayca kopacaktır.

Tüm bu nedenlerden dolayı hassas ölçü, iyi yüzey, belirli bir mukavemet özelliklerine ancak soğuk şekillendirme olan tel çekme ile ulaşılabilmektedir.

Tel çekme işlemi sıcak haddelenmiş filmaşın tellerden (5,50 – 24,0 mm) başlamaktadır.



Şekil 1.2. Tel çekme işleminde kullanılan hammaddeler. (filmaşın)

Filmaşın kangalları önce matrise zarar vermemesi ve yüzey pürüzlükleri olmaması için ya asitle yıkanarak ya da mekanik yolla soyulup cürufu dökülerek temizlenmektedir.



Şekil 1.3. Kimyasal yüzey temizleme.



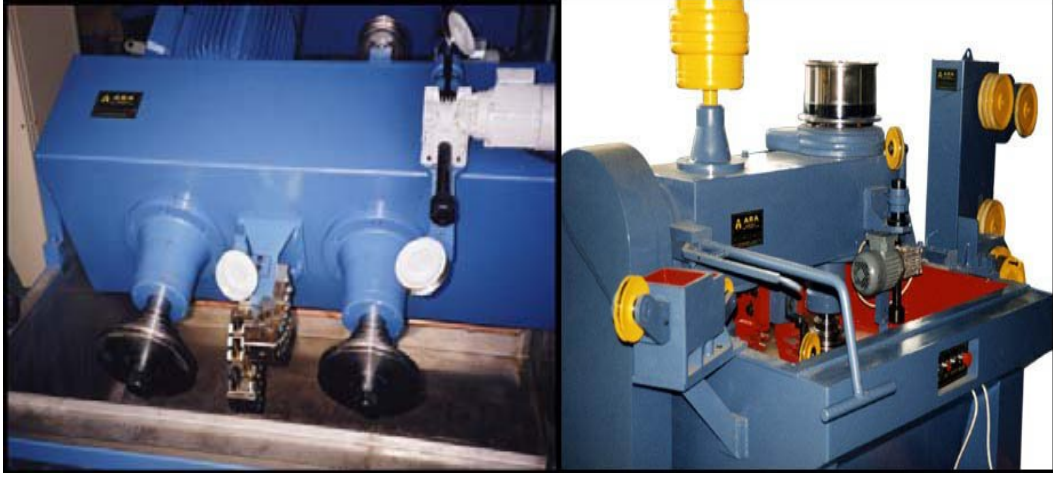
Şekil 1.4. Mekanik yüzey temizleme.

Tel çekme işlemi metal şekillendirilirken ısı uygulanmadığı için soğuk şekillendirme olarak adlandırılmaktadır. Ancak, tel daha küçük çaplara çekilirken, soğuk şekillendirmeye bağlı olarak telin mekanik özellikleri değişirken sıcaklık da artmaktadır.

Tel çekme işlemi için, çekme makinesi, tel, yağlayıcı ve matris gereklidir. Kullanılan yağlayıcının tipine göre; su veya sıvı yağ kullanılırsa ıslak (yaş tel çekme), kuru tip yağlayıcılar kullanılırsa kuru tel çekme olarak adlandırılır.



Şekil 1.5. Kuru tip tel çekme işlemi.



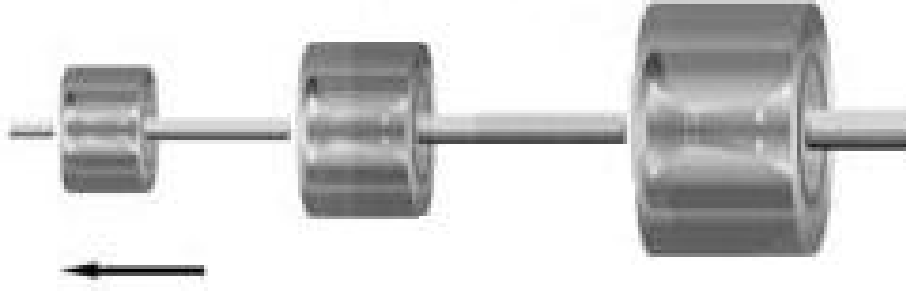
Şekil 1.6. Sulu tip tel çekme işlemi

Şekil 1.7’ de telin istenilen çapa getirilinceye kadar, sürekli olarak ardışık matrislerden geçirilmesi görülmektedir. Her bir matrisin ve ardışık matrislerin çapları malzemenin giriş çapından küçüktür ve telin kesiti her bir matristen geçtikçe küçülmektedir. Teorik olarak, tel çekme işlemi, hiçbir malzemenin atılmasının istenmediği atıksız bir işlemdir. Bu nedenle, telin hacmi çekilse bile aslında aynı kalırken, telin boyu uzamaktadır. Pratikte, çekilmiş malzemeye ve yağlama koşullarına bağlı olarak mekanik özelliklerde farklılıklara rastlanmaktadır.

Metale uygulanan redüksiyona bağlı olarak, ara tavlamalara ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 1.7. Telin ardışık matrislerden geçişi



Şekil 1.8. Telin matristen geçişi (Element Six, 2006)

1.2. Tel Endüstrisinin Tarihi

Metal ve makine sanayisinin vazgeçilmez unsurlarından olan demir esaslı ürünlerin başında demir esaslı teller ve bu tellerden üretilmiş çeşitli boyutlarda ve özelliklerde parça ve parça takımları gelmektedir. Örneğin çivi, zincir, vida, civata, perçin gibi bağlantı elemanları, elektrik kabloları gibi elektriksel elemanlar, su tesisatı kelepçeleri, savunma sanayinde tahrip gücü yükseltici şarapnaller vb. gibi daha akla gelmeyen birçok ürünlerin mamul olmadan önceki halleri tellerden ibarettir. Bu sebeple çok geniş ürün yelpazesine sahip olan tellerin tarihsel gelişim süreçleri kısaca şöyledir.

Telin, M.Ö. 3000 yıllarından itibaren kullanılmaya başlandığı tahmin edilmektedir. O yıllarda telin, yumuşak metallerin önceden dövülüp, sonra da çekme matrisinden çekilerek yapıldığı düşünülmektedir.

12. y.y.'dan itibaren çekme matrislerinden bahsedilmeye başlandığı görülmektedir. O zamanlarda tel dövenlerle, tel çeken kişiler arasında belirgin bir fark vardır. Bir tel dövücü, çekiç ve örs kullanmak suretiyle tele basit olarak şekil vermekte; buna karşılık tel çeken kişiler çekme matrisi kullanmışlardır.

1350 'li yıllarda endüstriye ilk makineleşmiş (su kuvvetiyle çalışan) tel çekme donatımını getiren, Nuremberg'li Rudolph olmuştur. Aynı yıllarda İngiltere'de Londra, York, Coventry ve Bristol'de bir grup sanatkâr, önemli bir ulusal endüstri haline gelmiş olan bu endüstriyi meydana çıkarmışlardır. Yünlü mamuller endüstrisinin gelişmesi, yün tarakları yapmak amacıyla tel imalatını teşvik etmiş ve bu sanat erbabı, Yorkshire

gibi ynl mamullerin çok olduğu bölgelerde kendi kendilerini teŗvik etmiŗtir ki, bu gün bile bu bölgeler İngiltere’de, çok miktarda tel çekme atölyelerinin bir araya toplandıkları yerlerdir.

1862’de George Bedson ilk defa sürekli haddelerle tel çekilmesini saęlamıŗtır. Bu muhtemelen tel tarihindeki en önemli geliŗmelerden biridir ve artık 45 kg ağırlığında kangallar elde edilebilmektedir.

Morgan yatay makaraları, dŗey hale getirerek kendi sürekli haddesini geliŗtirmiş ve her iki paso arasında uygun olarak parçayı döndürmek için hareketli yataklar kullanmıŗtır. Morgan’ın haddesi 1878’ de devreye konmuş ve gelecekte Bedson haddesiyle yapılması mümkün olmayan yan yana iki çubuğun haddelenmesi gerekleŗtirilmiŗtir.

Tel ekme matrislerinin, yüksek hıza ve aşınmaya karŗı koyacak Şekilde imal edilmeleri kaçınılmazdır. Osram ve Krup Őirketleri birbirleriyle yakın iliŗki kurarak lamba flamanlarının seri imalatçısı olmuŗlardır. Matrisler elmasa benzer bir malzemeden yapılıp, ilk defa 1925 yılında Amerika’da iŗletmeye konulmuŗtur.

1929’dan beri Amerika’da General Electric, Firth Sterling gibi Őirketler halen tungsten karbür matrisler üretmektedir.

Tel ekme tekniğinde, sürekli ısıl iŗlemlerin uygulanmasına imkân tanıyan, el ile yapılan minimuma indiren geliŗmelere son 30 yıl içerisinde ulaŗılmıŗtır. Tel imalat tarihinin ilk günlerinden itibaren telcilerin baŗlıca gayeleri; endüstride iŗlemlerin tamamen otomatize olması, daha uzun ve ağır tel kangalların kullanılması, geliŗtirilmiş kaynak teknikleri, daha iyi matrisler ve yüksek metalürjik kalite olarak bilinmektedir.

2. KAYNAK BİLGİSİ

2.1. Geçmiş Kaynaklar

Tel çekme işlemine yüzeyi mekanik olarak asitle temizlenmiş, bobin veya kargal şeklinde sarılmış malzemelerle başlanır. Telin istenilen çapa getirilinceye kadar, sürekli olarak ardışık matrislerden geçirilmesi esasına dayanır. Her bir matrisin ve ardışık matrislerin çapları malzemenin giriş çapından küçüktür ve telin kesiti her bir matrsten geçtikçe küçülmektedir.

Tel çekmede birbirini izleyen kademeler arka arkaya yerleştirilir. Her bir kademede gerçekleştirilecek kesit daralması, ince tellerde kademe başına % 15-25, kalın kesitlerde ise % 20-50 arasında seçilir. Modern cihazlarda çekme hızları 1000 m/dk gibi çok yüksek değerlere ulaşır. Soğuk çekmede pekleşen malzemeye, iç yapının tekrar şekil değiştirme kabiliyeti kazanması için, yeniden kristalleştirme veya normalizasyon gibi aratavların uygulanması gerekmektedir.

Bu nedenle, son 50 yılda yapılan araştırmalar, matrisler ve işlemlerin optimizasyonu üzerine yoğunlaşmıştır.

Tarihte yapılan çalışmalara bakıldığında neredeyse tüm çalışmaların plastik şekil verme yöntemlerinden biri veya bir kısmının uygulandığı gözlemlenmektedir. Tel çekme işleminin de plastik şekil verme yöntemleri arasında önemli bir yer aldığını belirtilmiştir. Çalışmalarda tel çekme parametrelerinin tel çekmeye olan etkileri incelenmiştir. Bu etkiler, analiz teknikleri ve mekanik faktörler olmak üzere iki ana başlıkta toplanmıştır.

Beretta ve Boniardi, 1998’de, ötektoid çelik tellerde yorulmaya bağlı yüzey hatalarını incelemişlerdir. Bu yazıda yorulmanın çelik tellerin yüzey hatalarına etkilerinin model oluşturması gerektiği tartışılmıştır.

Tiernan ve Hillery, 2008’de, matris kullanmadan tel çekme yöntemleri hakkında analizler ve çalışmalar yapmışlardır. Bu yöntemde çekilecek tellerin bir matris içerisinden geçerek değil de ekseriyetle sıcaklığa ve hıza bağlı plastik deformasyonların merkezkaç kuvvetlerinin etkileriyle telin çapının küçültülmesi çalışmaları üzerinde durmuşlardır.

Murakawaa, Jina, ve Hayashib, 2004'te elmas kaplı haddeler kullanarak kuru ve yarı ıslak telleri çekilebilirliğini incelemiştir. Özellikle ultrasonik titreşim metodu ile birlikte elmas haddelerin kullanımının, özellikle alüminyum bazlı tellerin üretiminde başarı olduğunu göstermişlerdir.

Brard 1991'deki çalışmalarında, çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum tel çekme işleminde kullanılan kuru ve sıvı yağlayıcıların özellikle yüzey temizleme işlemleri, kalsiyum ve sodyum sabunların tel yüzeyine ve çekmeye etkileri üzerinde durmuştur. Gzesh 1999'daki makalesinde, yirminci yüzyılın başından günümüze kadar kullanılan yağlayıcılardan ve yağlayıcıların değişiminden bahsetmiştir. Kemahlı 1991'de, plastik şekillendirmede kullanılan yağlayıcı maddeler ve bunların karakteristik özelliklerini araştırmıştır. Sürtünme ve aşınmadan kaynaklanan kayıpların, tel endüstrisinde inanılmaz maliyet kayıplarına yol açabileceğini, endüstri ülkelerinde gayri safi milli hâsılanın %2' sine denk düştüğünü tespit ederek belirtmiştir. Koner, 1992'de çalışmalarında matrislerden bahsetmiştir. Özellikle tungsten karbür matrislerin sahip olması gereken özellikleri sıralamıştır. Matris geometrisi, giriş, redüksiyon alanı, yataklama ve çıkış olmak üzere dört ana başlıkta incelemiştir. Ayrıca, giriş ve çıkış çaplarına bağlı olarak redüksiyon oranı ve elde edilen redüksiyon oranına bağlı olarak çekilecek malzemeye uygun ortalama açı değerleri tablolar ve grafikler yardımıyla incelenmiştir. McNulty 2006'daki makalesinde, tel çekme hızının artırılması, makine kapasitelerinin artırılması, pratik matris değişiminin ve elektronik kontrollü değişken makine tiplerinin işlem verimliliğini artıracağını belirtmiştir.

Zelin 2002'de, perlitik çelik tellerin çekim sırasındaki mikro yapı değişimlerini incelemiştir. Metalografik yapı, kristalografik doku ve lamellenme değişimlerinin üzerinde durmuşlardır.

Yılmaz, 2004'te, çelik tellerin üretimindeki ve kullanımı sırasındaki hatalar üzerine bir çalışma yapmıştır. Özellikle çelik tellerin üretim kademeleri olan çekim ve ısıtım işlem proseslerindeki hataları ve kullanım esnasında şikayetler ve kusurları incelemiştir.

Pilarczyk 2006'daki deneylerinde, tellerin içyapısını incelemiştir. Redüksiyon miktarı arttıkça, hidrodinamik ve geleneksel metotla çekilmiş telin içyapısı, makara matrisle çekilene göre keskin olduğunu, homojen olmadığını üç boyutlu topografi

çekerek göstermiştir. Tripp çalışmalarında, tel çekme yağlayıcılarının insan sağlığına zararlı bileşenleri hakkında bilgi vererek, tel çekme işlemi ve sonucunda oluşabilecek çözülmüş tuz, bakteriler, makineden oluşabilecek küf, metal oksit ve yağlayıcı tozunun zararlı etkilerine değinmiştir. Varol 1995'deki makalesinde, tel çekme işleminde ara tavlama yapılmadığı sürece deformasyon oranı ile birlikte malzemenin akma dayanımı ve sertlik oranının artacağını, bununla birlikte deformasyon oranı artışı ile birlikte % kesit daralması değerinin düşeceğini deneylerle göstermiştir. (Ünseren M., 2006)

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Çelik Yapısında Bulunan Elementlerin Çekmeye Etkileri

Maksimum %2,06 karbon içeren demir karbon alaşımları çelik olarak adlandırılır. Çelikler halen günümüzde en yaygın kullanılan malzeme grubunu oluşturmaktadır. Çelikler yalın karbonlu olabileceği gibi, çeşitli özelliklerin geliştirilebilmesi için bazı alaşım elementleri içerebilirler. Çelik bünyesinde bulunan elementler; istenerek katılan alaşım elementleri ve bunların yanında uzaklaştırılmak istenen, özelliklere kötü yönde etkili elementler olmak üzere sınıflandırılabilir. Çeliklerin alaşım elementleri ve etkileri şunlardır:

Karbon (C):

Çeliklerin temel alaşım elementi olan karbon, çeliklerin üretim işlemleri sırasında yapıdaki yerini alır. Karbon miktarı, çeliklerin mekanik özelliklerini en çok etkileyen faktördür. Karbon, çeliğin akma ve çekme mukavemetini artırır, yüzde uzamayı, şekillenebilirliği ve kaynak kabiliyetini azaltır. İşlenebilirliğin ön planda olduğu çeliklerde karbon miktarı düşük tutulmalı, dayanım değerlerinin yüksek olması gerektiği durumlarda ise çeliğin karbon içeriği yüksek olmalıdır. Düşük karbonlu yumuşak çeliklerin şekillendirilmesi sırasında meydana gelebilecek en önemli problem mavi gevrekliktir. Bu olay karbon (ve/veya azot) atomlarının küçük çaplı olması nedeniyle kolay yayınmalarından kaynaklanır ve işleme sırasında kırılmalık yaratır.

Mavi Gevreklik: Yumuşak çelikler 270-350 °C arasında şekillendirilirse küçük çaplı atomlar hızlı bir şekilde yayınır. Yayınan atomlar dislokasyonları kilitleyerek malzemenin akma sınırı noktasını yükseltir. Dolayısıyla malzeme daha gevrek davranır. Sözü edilen sıcaklıklar arasında çeliğin aldığı renk mavi olduğu için bu olaya mavi gevreklik denir.

Mangan (Mn):

Mangan da karbon gibi üretim işlemlerinde çelik yapısında yer alan bir elementtir ve çeliğin dayanımını arttıran etki gösterir. Bunun yanında sertleşebilme ve kaynak kabiliyetini de artırır, östenit kararlaştırıcı bir elementtir. Manganın en önemli

özellği kükürtle MnS bileşiğı yapması ve demir kükürt FeS bileşiğı oluşumunu engellemesidir. FeS sıcak kırılğanlığa neden olur.

Silisyum (Si):

Silisyum oksijen giderici olarak kullanıldığı için çelik içinde yer alır. Çeliğın akma, çekme dayanımını ve elastikiyetini artırır. Çelik yapısındaki silisyum miktarı azaldıkça tufal yapma oranı artar.

Silisyum ucuz bir alaşım elementidir, yaygın olarak yüksek elastikiyet gerektiren yay çeliklerinde kullanılır. Ayrıca elektriksel akım zaiyatını önleyen bir elementtir.

Silisyum miktarı fazla olan filmaşınler çok küçük çaplara indirilmeleri zordur. Çünkü silisyum, malzeme tel haline getirilirken teli sertleştirir ve kopmalara neden olur. Filmaşınlerde bu yüzden düşük silisyum tercih edeler.

Fosfor (P):

Fosfor çeliğın akma ve çekme dayanımını arttırır, yüzde uzamayı ve eğme özelliklerini çok fazla kötüleştirir, soğuk kırılğanlık yaratır, talaşlı şekillendirme kabiliyetini arttırır. Fosfor çelik içinde üretim işlemlerinden kalan bir elementtir ve istenmeyen özellikleri nedeniyle mümkün mertebe yapıdan uzaklaştırılır. Kaliteli ıslah çeliklerinde maksimum fosfor miktarı %0.045, asal ıslah çeliklerinde ise %0,035 dir.

Kükürt (S):

Akma ve çekme mukavemetine etkisi yok denecek kadar azdır. Fakat malzemenin yüzde uzamasına ve tokluğuna etkisi çok fazladır. Kükürt malzemenin tokluğunu ve sünekliğini önemli ölçüde azaltır. Ayrıca kaynaklanabilirliğı kötü yönde etkiler. Kükürt demirle birleşerek FeS fazını oluşturur. Bu faz düşük ergime sıcaklığına sahip olduğu için haddeleme sıcaklığında ergiyerek sıcak kırılğanlığa sebep olur. Bu olumsuz etki kükürdün manganla birleşmesi sağlanarak önlenir. Kükürt çelik içinde çeliğın üretiminden kalan bir elementtir ve yukarıda belirtilen istenmeyen özellikleri nedeniyle yapıdan mümkün mertebe uzaklaştırılır. Sadece talaşlı şekillendirilmeye uygun otamat çeliklerinde kükürt miktarı yüksek tutulur. Kaliteli ıslah çeliklerinde maksimum kükürt miktarı %0.045, asal ıslah çeliklerinde ise %0,035 dir.

Krom (Cr):

Krom paslanmaz çeliklerin temel alaşım elementidir. Krom, korozyon ve oksidasyon direnci sağlar. Sertleşebilme kabiliyetini artırır. Yüksek karbonlu çeliklerde aşınma direncini yükseltir. Krom karbon ile tane sınırlarında biriken Cr_{23}C_6 bileşiğini oluşturur. Oluşan bu bileşik paslanmaz çeliklerde tane sınırlarındaki krom miktarını paslanmazlık sınırı olan %12 nin altına çeker. Bu bileşik yüksek sıcaklıklarda karbon yayılımının hızlanması ile kolayca meydana gelir ve kaynaklı paslanmaz çeliklerde, kaynak dikişi yakınlarında kaynak bozulmalarına neden olur.

Nikel (Ni):

Nikelin darbe tokluğunu ve tavlı çeliklerde dayanımı artırır. Nikel östenitik paslanmaz çeliklerin kromdan sonra ikinci en önemli alaşım elementidir. Östenitik paslanmaz çeliklerde ki nikel miktarı %7-20 arasındadır. Nikel östenit kararlaştırıcı bir elementtir ve östenitik paslanmaz çeliklerin, adından da anlaşılacağı gibi oda sıcaklığında bile kafes yapısı KYM dir. KYM kafes yapısı östenitik paslanmaz çeliklere yüksek şekillendirilebilme özelliği kazandırır.

Molibden (Mo):

Tane büyümesini önler, sertleşebilme kabiliyetini artırır. Meneviş gevrekliğini giderir. Meneviş sıcaklığından yavaş soğumalarda bazı alaşımların tane sınırlarında karbür çökmesi meydana gelir, bu da kırılabilirliğe neden olur. Molibden bu olumsuz etkiyi ortadan kaldırır. Ayrıca molibden çeliklerin sürünme dayancına ve aşınma direncini yükseltir. Alaşımli takım çeliklerinde önemli bir alaşım elementidir. Paslanmaz çeliklerde özellikle oyuklanma korozyonunu engellediği için korozyon direncini önemli ölçüde artırır.

Bazı mikro alaşımli çeliklerde nitrür veya karbonitrür oluşturan alaşım elementi olarak molibden kullanılır.

Kobalt (Co):

Alaşımli takım çeliklerinde kullanılan bir alaşım elementidir. Takım çeliklerinin sıcakta sertliğini muhafaza etmesi için kullanılır.

Tungsten (W):

Aşınma direncini artıran, sıcakta sertliğin muhafazasını sağlayan bir alaşım elementidir. Özellikle hız çeliklerinde olmak üzere alaşımli takım çeliklerinde yaygın olarak kullanılan bir alaşım elementidir.

Vanadyum (V):

Tane küçültme etkisi yaparak çeliklerin akma ve çekme dayanımlarını oldukça artırır. Ayrıca sertleşebilme kabiliyetini artırır, menevişleme ve ikinci sertleşmede olumlu etkileri vardır. Alaşımlı takım çeliklerinde kullanım yeri olan bir alaşım elementidir.

Vanadyum, tane küçültücü ve karbür yapıcı etkisi ile, mikro alaşımlı çeliklerde niyobyum ve titanyum ile birlikte kullanılan bir mikro alaşım elementidir. Mikro alaşımlı çeliklerde alaşım elementleri toplamı %0,25 i geçmez. Bu elementler tek, ikili ve üçlü kompozisyonlar halinde mikro yapı içerisinde oluşturdukları karbonitrür çökeltileri ile tane boyutunu inceltmelerinin yanı sıra çökelti sertleşmesi mekanizmasıyla dayanımı artırır.

Titanyum (Ti):

Vanadyum gibi tane küçültücü etkisi vardır. Ancak bu etkisi vanadyumun etkisinden daha yüksektir. Mikro alaşımlı çeliklerde mikro alaşım elementi olarak kullanılır. Ayrıca paslanmaz çeliklerde krom karbürün olumsuz etkisini giderebilmek için karbür oluşturuç alaşım elementi olarak kullanılır.

Niyobyum (Nb):

Mikro alaşımlı çeliklerde tane küçültme etkisi en yüksek olan mikro alaşım elementidir. Paslanmaz çeliklerde titanyumun yaptığı etkiye yapar ve titanyumla birlikte veya tek başına kullanılır.

Alüminyum (Al):

Oksijen gidermek için kullanılır. Akma dayanımını ve darbe tokluğunu arttırıcı etki gösterir. Yüksek alüminyum miktarı sürekli dökümlerde nozul tıkanmalarına sebep olur.

Ayrıca alüminyumun tane küçültücü etkisi vardır, nitrasyon çeliklerinin temel alaşım elementidir. Bazı mikro alaşımlı çeliklerde de nitrür ve karbonitrür oluşturan mikro alaşım elementi olarak da kullanılır.

Kalay (Sn):

Akma ve çekme dayanımlarını pek etkilemez, fakat sıcak haddelenmelerde sorunlar yaratır. Kalay düşük ergime sıcaklığına sahip bileşikler yaparak haddelenme sırasında kopmalara neden olur.

Bakır (Cu):

Akma ve çekme dayanımını artırır, yüzde uzamayı ve şekillenebilirliği azaltır. Soğuk çekilebilirliği kötü yönde etkiler. Bu yüzden filmaşınlerdeki bakır oranının olabildiğince düşük olması istenir. Korozyon dinencini yükselten etki gösterir.

Kurşun (Pb):

Haddelenebilirliği azaltır. Haddelenme esnasında kopmalara neden olur, yüzey kalitesini olumsuz yönde etkiler. Sürekli dökümlerde sorunlara sebebiyet verir. Kurşun çeliklerin talaşlı şekillendirme kabiliyetine artırır, bu yüzden otomat çeliklerinde alaşım elementi olarak kullanılır.

Azot (N):

İstenmeyen bir elementtir. Azot kırılğanlığına neden olur, eğme özelliklerini çok kötüleştirir.

Hidrojen (H):

Hidrojen gevrekliğine neden olur. Azottan daha tehlikelidir. Malzemenin elastikiyetini azaltır.

3.2. Çelik Tel Çekmede Uygun Bileşim

Günümüzde tel çekme işlemi için en çok SAE1008 kalite teller kullanılmaktadır.

Malzeme için uygun bir çekme kademelendirmesi yapılarak hangi kademededen sonra tavlama yapılacağı tespit edilmelidir. Piyasada genellikle 5.50 mm' den 1.80 mm' e 8 kademedede indirilir. Ayrıca ince çaplara indirmek için (0.30 mm gibi) 2.00 mm' de bir ara tavlama yapılır.

SAE 1008 malzemesinin yanı sıra 20MnB4, Cq15, QSt36-3 malzemeleri de düşük karbonlu çelik teller grubu üyeleri olarak endüstride geniş kullanım alanına sahip olmakla birlikte tel çekmeye uygunluk göstermektedirler. Bu malzemelerin kimyasal bileşimleri EN10263 1/5 normlarına göre Çizelge 3.1’de verilmektedir.

CİNS	%C	%Si	% Mn	%P max	%S max	%Cu	%Cr max	%Ni max	%Mo max	%Al max
SAE1008	0.08 max	0.30 max	0.55 max	0,025	0,025	0,35	0,3	0,25	0,03	0,02
20 MnB4	0.18-0.23	0.15 max	0.90-1.20	0,015	0,015	0,1	0,08	0,1	0,05	0.02-0.04
Cq15	0.13-0.17	0.15 max	0.40-0.50	0,02	0,015	0,1	0,08	0,1	0,05	0.02-0.04
QSt36-3	0.10 max	0.10 max	0.25-0.40	0,02	0,015	0,08	0,08	0,1	0,05	0.02-0.04

Çizelge 3.1. Düşük karbonlu çeliklerin kimyasal bileşimi (EN10263 1-5)

3.3. Hammadde Kontrolü

Hammadde kalite kontrolü, metalurjik ve mekanik kontrollerden ibarettir. İlk yapılan metalurjik kontrollerde hammaddenin içerdiği kimyasal bileşim tespit edilir. Bu tespit, daha sonra hammaddeye uygulanacak prosesin şeklini ve düzenini doğrudan etkileyecektir. Bu nedenle kimyasal analizlerin önemi büyüktür.

Endüstride, C-S tayini ve X ışınları difraksiyonu tayini, kimyasal analiz tayini yöntemlerinden bir kaçıdır. Bu analizlerin birbirinden farkı; C-S tayini analiz cihazlarının test edilecek numuneyi tamamen yakması, X ışınları ile difraksiyonu cihazlarının ise test edilecek numuneyi bölgesel yakmasına dayanır.



Şekil 3.1. Analizlerde kullanılan Spectro-Lab M7 spektrometresi

İçeriği belirlenen hammadde daha sonra mekanik testlere tabi tutulur. Bunlar, ezme, sertlik ölçme ve çekme testleridir. Olması gereken tüm değer aralıkları standartlarda şu şekilde belirtilmiştir. (Bkz. EN10263 1-5)

ÇekmeDay.

CİNS	MPa
SAE1008	380-430
20 MnB4	470-550
Cq15	420-475
QSt36-3	350-410

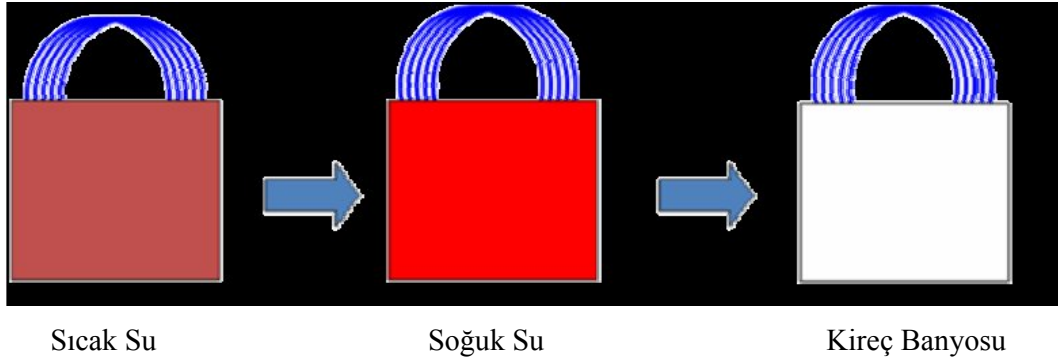
Çizelge 3.2. Düşük karbonlu çeliklerin çekme mukavemetleri.

3.4. Yüzey Temizleme

3.4.1. Kimyasal yüzey temizleme

Cüruf giderme, dekapaj adı verilen bir işlemle kimyasal banyolarda yapılır. Kimyasal banyolarda belli oranlarda H_2SO_4 ve HCl ' in suyla karışımı bulunur. Filmaşın kangalları; kav tabakasının kalınlığına ve asitlik derecesine göre 30-60 dakika arasında belli bir süre banyoda tutulur. Bu süreyi kısaltmak için banyoyu 50 – 60 °C'ye kadar ısıtmak yeterlidir. Cüruf tabakası, malzeme yüzeyinde homojen şekilde değildir. Bu sebeple bazı kısımlarda cüruf erken erir ve asit çeliğe etki ederek dekapaj kırılmasını meydana getirebilir. Bu durumu önlemek için banyoya stabilizatör denilen baz dekapaj katkıları ilave edilir.

Asit banyosundan çıkarılan filmaşınların yüzeyine asit yapışmıştır. Bu asitleri temizlemek için filmaşın kangallar basınçlı soğuk su ile yıkanır. Yüzeyde kalan son asit artıklarının da nötralize edilmesi ve yüzey paslanmalarına engel olmak için kangallar son olarak sıcak kireç-boraks veya fosfat tuzu banyosuna daldırılırlar. Fosfat banyosu, korozyona karşı koruyucu tabaka oluşturur. Bu banyonun sıcaklığı yaklaşık 60-90 °C olmalıdır.



Şekil 3.2. Kimyasal yüzey temizleme şematik gösterimi.

3.4.2. Mekanik yüzey temizleme

Pas ya mekanik yolla ya da kimyasal yolla giderilir. Mekanik yolla pas gidermede birbirine dik ya da paralel iki makara üzerinde kıvrılan telin yüzeyindeki oksit çatlatılır. Daha sonra tel metal fırçalar arasından geçirilerek tel temizlenir. Diğer bir mekanik yöntem ise metal bilya püskürtmektir. Böylece pastan kurtulunmuş olunur.



Şekil 3.3. Makaralarla mekanik yüzey hazırlama

Ayrıca diğer mekanik pas giderme işlemlerine örnek olarak, basınçlı sıvı püskürtme yoluyla telin üzerindeki oksit tabakasını giderme, alternatif akım ile meydana getirilen manyetik alan içindeki indüksiyon akımlarının, tel üzerinde farklı genleşmelere neden olmasıyla tufal giderme işlemleri gösterilebilir.

3.5. Çekme Matrisleri

Piyasada “hadde” olarak da adlandırılan, tel çekme işlemlerinde kullanılan, belli bir mukavemeti ve sertliği olan çelik matris malzemelerinin, fiziksel ve mekanik özellikleri şu şekilde olmalıdır.

- Yüksek sertlik dayanımı
- Yüksek darbe dayanımı
- Yüksek aşınma dayanımı
- Düşük sürtünme katsayısı

Hadde çekirdeklerinin kalitesi tel çekmeyi etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Tüm bu darbe, aşınma ve sürtünme olaylarına mukavemet gösterebilecek kalitede olması istenen matrisler, şu içeriklerle üretilir.

- Sinterlenmiş karbürler
- Doğal elmaslar
- Sentetik elmaslar

Piyasada en çok bulunan hadde çekirdekleri tungsten karbür esaslı çekirdeklerdir. Ancak, bağlayıcı eleman olarak da belirli bir oranda kobalt kullanılmaktadır. Daha sonra vakum altında yüksek sıcaklıkta sinterlemek suretiyle imal edilmektedir.

Sertliği, yoğunluğu ve basma mukavemeti sertleştirilmiş çeliklerden bile daha yüksek olan tungsten karbür matris yapımı için ideal bir malzemedir ve şekil 3.4’ te tungsten karbür çekme matrisleri verilmektedir. Genleşme katsayısı ise çeliğin yarısı kadardır. Dolayısıyla tel çekme işlemi sırasında varılan yüksek sıcaklıklarda matris deforme olmamaktadır. Ayrıca, tungsten karbürün cüruf tozu gibi yabancı maddelerin aşındırmasına karşı dayanımı oldukça yüksektir ve muhtelif denemelerde çeliklerin elli katına çıktığı gözlenmiştir. Tungsten karbür yüzeyini çok yüksek bir hassasiyette işlemenin mümkün olması da ayrıca avantajıdır. Bu özelliklerden dolayı da matris ömrü uzamakta ve telin çizilme riski azalmaktadır.(Ünseren M., 2006)

3.5.1. Matris kısımları ve görevleri

- a-Çan eğimi
- b-Giriş açısı
- c-Silindir
- d-Serbestleme
- e-Çıkış açısı

a-ÇAN EĞİMİ; gelen telin haddeye doğrusal olarak girmemesi halinde telin yönlendirilmesini sağlar. Tel giriş açısı kısmında ortalama olmadan önce bu yüzeyle sadece bir anlık temas eder.

b- GİRİŞ AÇISI; haddenin en önemli kısmıdır. Tlin çapını düşürme işlemi ve sabunun sıkıştırılarak telin dış yüzeyine sıvanması burada gerçekleşir. Herhangi bir haddenin verimi bu kısmın dzaynının doğruluğuna ve yüzey işleme hassasiyetine bağlıdır.Giriş açısının doğru seçimi çekilecek malzemenin mukavemetinden ziyade hadde başına düşen paso miktarına bağlıdır.Ancak telin nihai kullanımına göre , her tel çekme işleminin farklı özellikleri olduğunda unutmamak gerekir. Örnek; düşük karbonlu çeliğin çekilmesi için 16° lik bir giriş açısı standart olarak tüm dünyada kabul edilmektedir. Nihai olarak kaplama işlemine tabi tutulacak telde mümkün olduğunca parlak bir yüzey arzu edildiğinden üzerinde çok ince bir sabun tabakası kalmalıdır. Çivi, vida veya civata yapımında kullanılacak telde ise kalın bir sabun tabakası kalması arzu edilir.

Yukarıda örneklenen tüm durumlarda aynı hammadde kullanılsa dahi her biri için giriş açıları farklı olan haddeler gerekmektedir. Giriş açısının doğru seçimi tel çekme veriminin yükselmesini ve hadde ömrünün uzamasını sağlar.

Giriş açısının seçiminde en önemli etkenlerden biriside "temas noktası" dır.

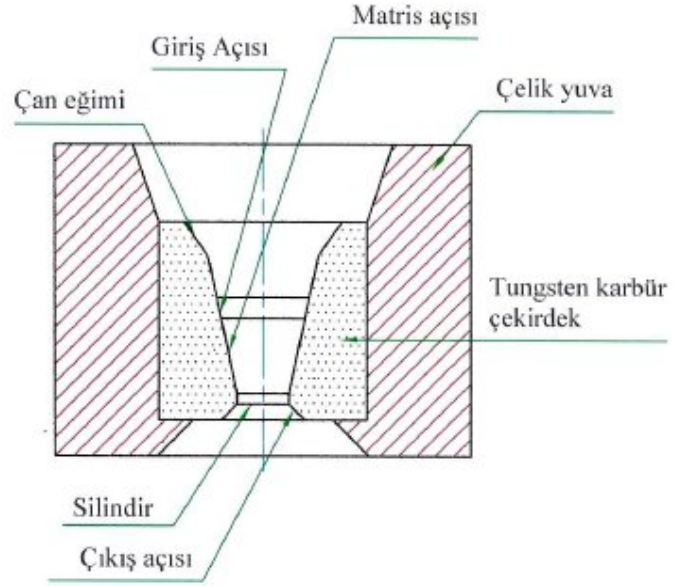
Haddeye verilen pasoya bağlı olarak , tel giriş açısı kısmının ortasında (veya mümkün olduğu kadar ortaya yakın bir noktada) hadde cidarıyla temas etmelidir. Böylece;

1- yeterli sabun akışı için gerekli basıncın oluşması

2- telin mümkün olduğunca geniş bir yüzey üzerinde deforma edilmesi sağlanır.

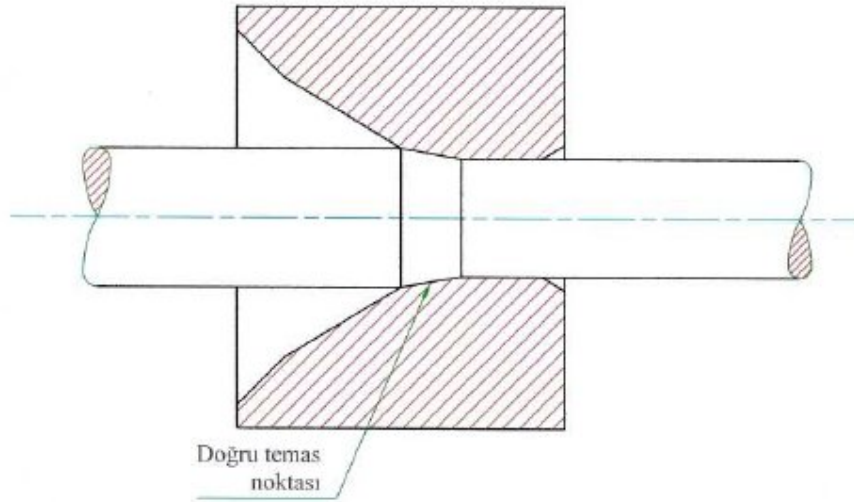
Son olarak giriş açısı ile tel çekme için gerekli kuvvet arasında yakın ilişkiye değinmek gerekir. Tel çekme işleminde verilen paso ile gerekli kuvveti en aza indiren optimum bir giriş açısı vardır.

d- SİLİNDİR; çekilmiş telin çapının nihai kontrolünü yapar. Bundan amaçlanan telin yuvarlaklığının doğruluğunun ve yüzey kalitesinin garantiye alınmasıdır. Dolayısıyla, silindir kısmında hadde yüzeyinin çok hassas olarak işlenmiş olması gerekmektedir. Haddenin normalden daha hızlı aşınarak büyümesini önlemek için bu kısmın uzunluğu genellikle hadde çapının %35 ila %50 si arasında tutulur.



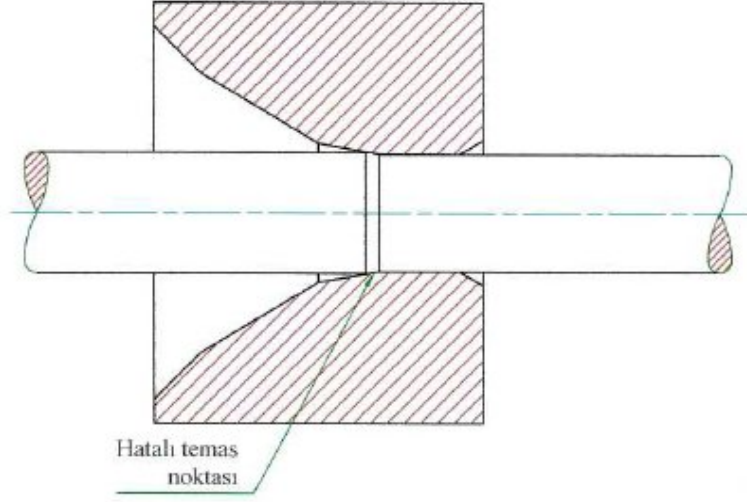
Şekil 3.4. Matris Dizayını.

Şekil 3.5.' de gösterilen temas noktası doğru seçilmiş bir matris açısının sonucudur.



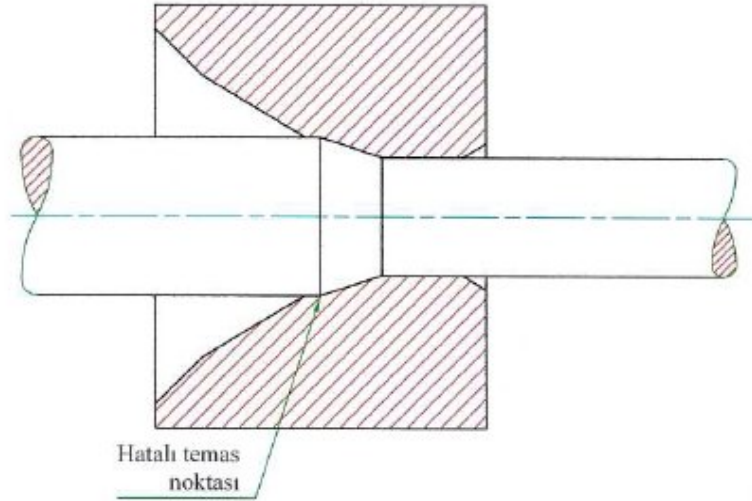
Şekil 3.5. Doğru Temas Noktası.

Şekil 3.6.'da matris açısı hafif bir paso için çok büyük seçilmiştir ve böylece telin deforme edilmesi çok kısa bir yüzey üzerinde gerçekleşmektedir. Bunun sonucu olarak matris kısa sürede büyür.



Şekil 3.6. Hatalı Temas Noktası.

Şekil 3.7. ise büyükçe bir paso için küçük seçilmiş bir matris açısını göstermektedir. Burada tel, matris cidarına çok erken temas etmekte ve sabun akışı için yeterli basıncın oluşmasına izin vermemektedir. Bunun sonucu da yine matris ömrünün kısalmasıdır.



Şekil 3.7. Hatalı Temas Noktası.

Matris açısı ile tel çekme için gerekli kuvvet arasında yakın bir ilişki vardır. Herhangi bir paso için gerekli kuvveti en aza indiren optimum bir matris açısı vardır. Bu açının altında veya üstündeki değerlerde, gerekli kuvvet büyümektedir. Örneğin %35' lik bir pasoda en az kuvvet gerektiren matris yarı açısı değeri 8' dir ve yaklaşık olarak

0.54 birimdir. Oysa aynı pasoda 4° veya 14° lik yarı aç kullanıldığında gerekli kuvvet 0.6 birime yükselmektedir ki bu da motorun daha çok zorlanması demektir. (Ünseren M, 2006)

e- ÇIKIŞ AÇISI: Bu kısmın şekli konik olup, görevi matrisin çıkış tarafını kuvvetlendirmek, fazla yağlayıcıdan kurtulmak, çekirdek içinde üretilen ısıyı dağılmasını sağlamak ve matris çekirdeğinin kırılmasını önlemektir. Ayrıca teli deforme eden kısmın, matris çekirdeğinin bütünüyle ortak merkezde kalmasına yardımcı olur.

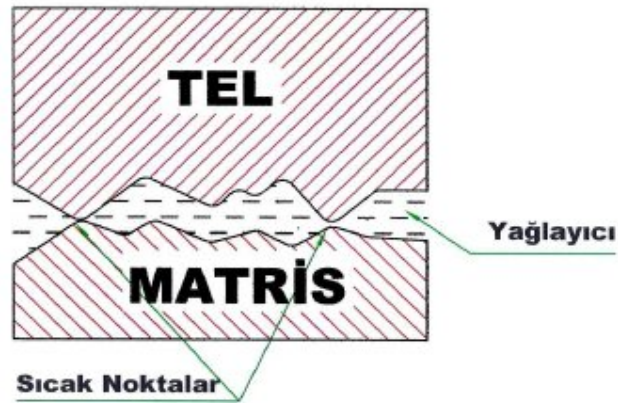
3.6. Çekme Sabunları ve Etkileri

Günümüzde çekme yağı yerine toz sabun ve veya sabun bileşikleri kullanılmaktadır. Sabunların görevleri haddeyle tel arasında ara katman oluşturarak sürtünmeyi minimuma indirmektir. Sabun, çekme esnasında yüzeye nüfuz etmekte ve matrise tel aracılığıyla taşınmaktadır. Çekme işlemi sırasında meydana gelen ısı ve basıncın etkisiyle sabun, telin dış yüzeyine sıvanarak ince plastik bir film oluşturmaktadır. Bu tabaka, metalin matrisle temas etmesini engellediği gibi sürtünmeyi azaltıp çekilebilirlik verimini artırmaktadır.

Özellikle tel çekme için yapılan deneylerde elde edilen sonuçlara göre; tungsten karbür hadde ile yapılan çekme işleminde, saf malzemenin, hemen çekme başlangıcında kopmasına neden olacağı belirlenmiştir. Bu nedenle; tungsten karbür hadde ile çekme işlemi yapılırken su kullanmaktan kaçınılmalıdır. Ancak yine tungsten karbür hadde ile ve düşük yağ konsantrasyonlarında çalışırken yağlayıcı içine bir miktar MoS katılırsa malzemede kopma olmamakta ancak malzeme yüzeyinde istenmeyen, küçük çizgiler oluşmaktadır. Hadde sabunun görevleri yalnızca yüzeyleri birbirinden ayırmak ve yüzeyler arasındaki sürtünmeyi azaltmak değildir. Her ürün için tel çekme işleminden sonra telin üzerinde farklı bileşimde ve miktarda bir sabun tabakası oluşması arzu edilir.

3.6.1. Tel çekmede yağlayıcıların görevleri

Metalurjik olarak geçiş esnasındaki matris ile tel yüzeyi arasındaki ilişkiyi ve doğal olarak çekme sabunlarının davranışlarını, Şekil 3.8.' de görebilmek mümkündür. Telin haddeden geçişi esnasında iki yüzey arasındaki ilişki, gösterilmektedir. İki yüzey arasındaki bütün yükü bu nokta temasları taşır ve bu noktalarda zaman zaman tel yüzeyinde çizmeler meydana getirmektedir. İşte sabun kullanmanın asıl amacı, her iki yüzeyi birbirinden ayırarak temas etmelerine engel olmaktır.



Şekil 3.8. Telin Haddeden Geçiş Esnasında İki Yüzey Arasındaki İlişki

Kuru sabun ile daha çok kaba çekmeler yani yüksek çaplı tellerin çekilmesi gerçekleştirilmektedir. Küçük çaplı teller (yaklaşık 1.5 mm altı) ise sulu çekme solüsyonlar içinde çekilmektedirler ve kostığı normal sabunlara göre biraz daha fazla olan sabunlar kullanılmaktadır.

Normalde tek pasoda %22-30 deformasyon gerçekleştirilmektedir, ancak iyi bir yağlama ile %45 şekillendirme oranına da çıkılabilmektedir. Bunun üzerindeki değerlerde telin kopması gibi bir sorunla karşılaşmaktadır. Ayrıca 2-7 m/s hızla çekme gerçekleştirilebilmektedir.

Hadde sabunları esas itibariyle üç ana gruba ayrılır. Bunların isimleri ve özellikleri öyle özetlenebilir;

a- Kalsiyum sabunlar; suda çözünmezler, saf halde yumuşama sıcaklıkları 145–165 °C arasındadır ve düşük tel çekme hızlarında, özellikle hiç çekilmemiş olan filmaşine verilecek ilk pasolarda kullanılır.

b- Sodyum bazlı sabunlar; suda çözünürler, saf haldeki yumuşama sıcaklıkları 140°C ila 160°C arasındadır. Genellikle yüksek tel çekme hızlarında veya telin temiz olmasının ve yüzey şartlarının önem taşıdığı durumlarda kullanılır. Sodyum sabunları belirli derecelerde kireç kaplamayla reaksiyona girerek kalsiyum sabunlarını oluşturmaktadır.

c- Alüminyum bazlı sabunlar; bunlar da suda çözünmezler ve saf haldeki yumuşama sıcaklıkları 140°C ila 160°C arasındadır. Bu sabunlar özellikle vida, cıvata yapımında kullanılacak telin çekilmesi için uygundur.

3.6.2. Sabun seçimi

3.6.2.1. Kuru çekme yağlayıcıları

Tel çekme sabunlarının ana karakteristiği; matris içinde çalışma koşullarından dolayı oluşan ısı altında yüksek viskozite sıvılaşmasıdır. Tel çekme ısısının % 5' ini deformasyon ısısı, % 95' ini de sürtünme ısısı oluşturmaktadır. Matris üzerindeki ısı, madde özelliğine bağlıdır. Ayrıca matris geometri açısı da ısı üzerinde ekilidir.

Malzeme	Yüzey Hazırlama	Tel Çekme Hızı	Toplam Hadde Sayısı	Nihai Kullanım	Tavsiye Edilen Sabun
Düşük karbonlu çelik	Mekanik kırma	450 m/d	1 ile 3	İnşaat çivisi, tel örgü	A- Yağ oranı düşük, yumuşama sıcaklığı orta değerde olan kalsiyum sabunu B- Makinenin eski olması, malzemenin kötü kalite olması halinde basınç yükseltici bazı katkı maddeleri kullanılabilir.
Düşük karbonlu çelik	Mekanik kırma	450-1350 m/d arası	3 ile 8	Çivi, çok ince tel örgüsü	Yağ oranı düşük veya orta, yumuşama sıcaklığı yüksek kalsiyum sabunu.
Düşük karbonlu çelik	Asitle temizlenmiş, sabun taşıyıcıyla kaplanmış	300-1500 m/d arası	2 ile 8	Yan sütunda verilmiştir	Kaplanacak tel için: Sodyum bazlı sabun; kalın sabun tabakası gerekiyorsa: Yağ oranı düşük, yumuşama sıcaklığı orta değerde, kalsiyum sabunu; ince sabun tabakası gerekiyorsa: Yağ oranı yüksek, yumuşama sıcaklığı orta değerde kalsiyum sabunu
Muhtelif Metaller	Asitle temizlenmiş, sabun taşıyıcıyla kaplanmış	Yavaş	1	Vida, cıvata	Alüminyum stearatlı sabun
Yüksek karbonlu çelik	Mekanik kırma	600 m/d' dan az	Birden fazla	Yay	Yağ oranı orta, Yumuşama sıcaklığı yüksek, kalsiyum sabunu
Yüksek karbonlu çelik	Asitle temizlenmiş, sabun taşıyıcıyla kaplanmış	Muhtelif	Birden fazla	Yay, Çelik halat	A- 600 m/d veya daha düşük hızlarda ilk paso için: Yağ oranı yüksek, yumuşama sıcaklığı orta değerde olan kalsiyum sabunu B- 300-1200 m/d arası hızlarda müteakip kafalarda çekmek için: Yağ oranı yüksek, yumuşama sıcaklığı orta veya yüksek olan sodyum bazlı sabun.

Çizelge 3.3. Farklı koşullar için sabun seçimi (Özer, 1993).

Sıcaklık etkisinin çok çeşitli faktörleri vardır. Bunlar;

- Malzeme cinsi
- Yüzde olarak redüksiyon oranı
- Yüzey hazırlama
- Matris açısı
- Sürtünme
- Tel çekme hızıdır.

Kuru çekme sabun bileşimleri;

- Yağlı asitler
- Alkali metaller (Na, Ca, Al, Zn)
- Dolgu maddesi
- Katkı maddesi

Yağlı asitler; doğal ve sentetik kombinasyonlar halinde olup, metallerle reaksiyon yapabilirler. Son ürün yumuşaklığı yağlayıcı asitlerin kombinasyonu ile ilgilidir.

Alkali metal; esas özellikte rol oynamaktadır. Yağlayıcı asitler de bağlayıcıdır. Kimyasal ve fiziksel tepkimeleri yağlayıcı özelliğini etkilemektedir.

Dolgu maddesi; ya asitleriyle, alkali metallerin yağlayıcı özelliği artırılmaktadır.

Ana yağlayıcılar birçok uygulama için istenen düzeyde olmayabilir. Bunlar da kompresyon kuvveti ve erime noktalarının düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Dolgu maddeleri, bu özellikleri artırmak için kullanılmaktadır. Dolgu maddelerinin ana fonksiyonu, yağ filminin kalınlık ve incelik noktasını ayarlamaktır. Dolgu maddeleri toz halindedir ve iki gruba ayrılmaktadır.

a) Suda çözülenler; sodyum karbonat, sodyum sülfat,

b) Suda çözülmeyenler; kalsiyum karbonat, kireç

Ayrıca teflon gibi maddeler de kullanılmaktadır.

Kuru çekme yağlayıcılarının karakteristikleri su içinde eriyebilirlik, erime noktası, yağ film tabakası kalınlığı, tane dağılımı büyüklüğü olmak üzere dört ana maddede toplanmaktadır.

Suda çözünürlük temiz tel üretmek için çok önemlidir. Sodyum sitearatlar genellikle % 100 suda çözünürler. Tek ve kalsiyumla birlikte kombinasyon yapılarak temiz ürün elde etmek için kullanılırlar. Diğer sitearatlar çözünmezler ve yağ giderici madde ile tel yüzeyinden alınabilirler.

Sodyum sitearatlar kalsiyum sitearatlarla birlikte kullanıldığında yağ filminin çözünürlük derecesini kontrol etmek mümkündür.

Matris ömrünü uzatmak ve çiziklerden korumak için yağlayıcı asitler ve kuru tip yağlayıcıların erime noktası önemlidir. Günümüzde 110 °C ile 250 °C arasında tutmak mümkündür. Son teknolojik makineler çok hızlı olması sebebiyle erime noktası kuru tip yağlayıcılar için kritik rol oynamaktadır.

Yağlayıcı film kalınlığı çelik tellerde 0,50 ile 10 mikron arasında olup, yağlayıcı karışımı, yağ sıcaklığı, yağlayıcı tipi ve matris basıncı ile alakalıdır. Yağın inceliği teldeki son işlemde avantaj sağlamaktadır. Kalın film tabakası, genellikle yüksek hızlı ve üniform yüzey istenen, kaplama yapılmayacak mekaniksel tel çekmelerde önemlidir. İnce film tabakası, çekmeden sonra yüzey kaplama yapılacaksa ve kaynak işlemi gibi işlemler uygulanacaksa tercih edilmektedir. Yağlayıcılarda parçacık büyüklükleri genellikle parçacıklar halinde farklı ölçülerde yayılmıştır. Tane parçacık büyüklüklerinin dağılımı, yağlayıcıların düzgün uygulanması için çok önemlidir. Tel ölçüsüne göre tane büyüklüğü en iyi performansı verir.

Tane büyüklüklerini; ince, orta, büyük şeklinde gruplamak mümkündür. Tel özelliğine, yapısına, hızına göre uygun seçim yapılmalıdır.

Yağlayıcı seçiminde dikkate alınacak ilk unsur çekilecek telin bileşimidir. Benzer şartlarında yüksek karbon içerikli teller orta karbon içerikli tellere göre daha çekme yüksek ısı meydana getirirler. Eğer bu dikkate alınan tek etken ise yüksek karbonlu telleri çekmek için daha yüksek erime noktasına sahip yağlayıcılar kullanılmalıdır.

Belirli bir redüksiyon oranı için belli bir hızdaki toplam deformasyon ısısı tel çapının karesiyle doğru orantılıdır. Çevresel yüzey tel çapına doğrusal orantılı olarak artar. Bu şartlar altında belli bir hız için daha kaba tellerin sıcaklığı daha yüksek olacaktır.

Bu tipteki kaba tellerin çekiminde daha az yağlı yağlayıcılar kullanılmalıdır.

Makine dizaynı dikkate alınmaktadır. Blok ve çelik yuva tarafından yapılan soğutmanın etkinliği matris çekirdeğine giren telin sıcaklığını etkileyecektir. Matrise giren telin sıcaklığı ne kadar yüksek ise belli bir hız için çıkış sıcaklığı da yüksek olacaktır. Bu yüzden tel giriş sıcaklığı ne kadar yüksek ise sabun da yüksek erime noktasına sahip olmalıdır.

Ağır şartlarda ve yüksek hızlarda genellikle artan tel sıcaklığını karşılamak için yüksek erime noktası olan yağlayıcılar tercih edilmektedir.

Matrisin giriş açısı arttıkça, indirgeme daha küçük bir yüzeye taşınır. Bu da basınç ve sıcaklığı artırır. Bu şartlar altında, daha yüksek erime noktasına sahip yağlayıcılara ihtiyaç duyulmaktadır.

Yüzey şartları; yağlayıcı seçiminde etkindir. Taşıyıcılar ve yağlayıcılar hassas yüzeylere göre daha kolay nüfuz ettikleri için basit işlenmiş yüzeylere nüfuz ederken taşıyıcıların türü ve polarlık şartı dikkate alınmalıdır.

3.6.2.2. Yaş çekme yağlayıcıları

Bu ürünler genellikle sıvı haldedir. Fakat ya da çözünen çeşitleri de vardır. Islak çekme yağlayıcıları, matris içinden geçerken yağlamaya imkân salar. Üç ana başlık altında toplamak mümkündür.

- Suda çözünebilen yağlar
- Çözülmeden emülsiyon yapabilen yağlar
- Saf yağlar, gres ve pasta ekindeki yağlar

Suda çözünebilen yağlayıcılar; sıvı haldedirler ve su içinde iyi çözünürler. Bu ürünler su içinde çok iyi parçacık halinde yayılırlar. Genellikle çekilen tel yüzeyinde yüksek yüzey kalitesi elde edilmektedir.

Çözülmeden emülsiyon yapabilen yağlayıcılar; karmaşık bileşiklerdir ve su formunda bileşenleri sabit dağılım gösterir. Dağılım emülsiyonu çağrıştırmaktadır. Bu form, su yüzeyindeki küçük damlacıklar halindeki yağ formundadır (Çapan,1989).

Bu emülsiyon genellikle yüksek derecede yalama imkân sağlamaktadır. Bunun nedeni içeriğindeki birçok katkı maddesi, yağlayıcı geliştirerek ekstra ya basıncı sağlamasıdır.

Saf yağlar, konsantre yağlardır. Suyu karışmazlar. Saf yağlayıcılar genellikle yüksek oranda katkı içerirler. Bunlar yüksek derecede yağlamaya katkı sağlar ve su içindeki yağın yeterli olmadığı ürünlerde kullanılır.

3.7. Tel Çekme İşlem Koşulları

Teknolojik olarak incelemede, tel çekme için esas olan malzeme akışı ele alınmaktadır. Malzeme akışının düzenli olup olmaması, çekme kuvvetine, çekme işine ve bunların sonucu olarak çekilen telin kalitesine etki etmektedir. Burada amaç, minimum çekme kuvveti ve işi ile en hatasız mamulü elde etmektir. Tümü dikkate alındığında malzeme akışının önemi ortaya çıkmaktadır.

Tel çekmede malzeme akışına etki eden çeşitli faktörler vardır. Bunlar;

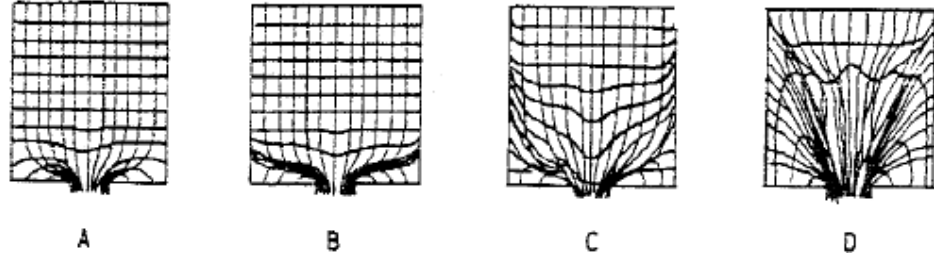
- Çekilen malzemenin cinsi
- Yağlama
- % Redüksiyon
- Matris ve matris açısı

3.8. Tel Çekme İlem Koşullarına Etki Eden Faktörler

3.8.1. Akış tipleri

Mekanik işlemlerde, tel plastik deformasyona uğrar. Bu işlem esnasında tel daha sert olan matris yüzeyine sürtünerek kayar ve malzeme akışı meydana gelir.

Yukarıda sayılan faktörler birbirleriyle iç içedir. Akışa etki eden bu faktörlerin incelenmesinde şekil 3.9.'daki gibi dört çeşit ana akış tipi kabul edilmiştir.



Şekil 3.9. Akış tipleri

Homojen bir malzemenin matristeki sürtünmesiz hareketi A tipine uygun bir akış oluşturmaktadır. Bu tip akış, koordinat sistemindeki minimum biçim değiştirmeye tekabül eden fevkalade bir düzgünlük ile ifade edilebilmektedir. Ancak pratikte bu tipteki kadar ideal bir duruma rastlanmaz. Fakat bu tip basitleştirici kabuller, özellikle teorik incelemelere temel teşkil ettiği için uygun olmaktadır. B tipi akış; homojen malzemelerde, matriste sürtünmenin düşük olması şartının sağlandığı hallerde söz konusudur. Bu tip akma gösteren malzemeler; altın, gümüş, bakır gibi malzemelerdir. Şekil değiştirme bölgesi ilk olarak matrise yakın konumda ortaya çıkar. Çekilen telin ortasındaki şekil değiştirme bağıl olarak düzgündür, yani koordinat karelerinde yalnızca uzama durumu söz konusudur. Çekilecek telin çevresel bölgelerinde matris civarında koordinat karelerini uzun paralelogramlar haline getiren kayma gerilmeleri doğmaktadır. B tipi akış, pratikte büyük önemi olan matris yüzeyi boyunca ortaya çıkan sürtünme kuvvetlerinin malzeme hareketini frenlemesi durumunu ortaya çıkarmaktadır. Bu frenleme, matrisin kenar bölgesinde maksimumdan ve bu şekilde harekete çok az katılan bir hacim oluşmaktadır. Matris yüzeyinde yapılan bir soğutma, şekil değiştirme

direncinin yükselmesiyle açığı daha da büyütebilir. Ölü bölge açısına etki eden diğer bir büyüklük de çekme oranıdır. Çekme oranıyla kenar malzemesinin yolu uzamakta ve bu bölge şekilde çekilen teldeki kofluk oluşumu azalmaktadır. C tipi akışta; akma tipinde matris yüzeyinde sürtünme vardır. Bunun pratikte küçük veya büyük oranda ortaya çıkacağı düşüncesi hakimdir. Bu tipe göre akma gösteren malzemelerde şekil değiştirme yalnız matris civarında değil, çekilecek tel yüzeyinde belli bir bölgede de olmaktadır. Bu bölgenin kalınlığı çekilen malzemenin ısı iletme kabiliyetine, sıcaklığa bağlı olarak şekil değiştirme direncine yağlamaya vs. matris civarında büyük ölçüde kayarak şekil değiştirme olmaktadır. Ölü açısı ve yüksek sürtünme kuvvetleri telin merkezinin çabuk hareket etmesine neden olur. Bu bölgede telin kenarlar ve sonuna nazaran şekil değiştirme yüksektir. D tipi akışta, akma tipinin karakteristik özelliği, matris civarındaki sürtünmenin yanında, ya şekil değiştirme direncinin ya da çekilecek telin kenar bölgelerinde oluşan faz değişimlerinin neden olduğu homojensizliktir. Bu akma tipinde ikiz oluşumu meydana gelmekte; bu tipe göre akan malzemelerin çekilmesinde büyük zorluklar ortaya çıkmakta ve yüksek maliyetli kullanılmayan malzeme oluşmaktadır. Akma durumu incelendiğinde büyük homojensizlikler nedeniyle, şekil değiştirmenin hem kesit hem de tel boyunca homojen olmadığı görülmektedir. (Ünseren M. 2006)

3.8.2. Akma dayanımı

Akma dayanımı, metallerin ve alaşımların belirli bir miktarda elastik biçim değiştirdikleri dayanım olarak mühendislik tasarımları için önemli bir değerdir. Gerilme şekil değiştirme esnek çizgisinde, çekilmiş tel gevreklediğinden dolayı akmanın başladığı kesin bir nokta olmadığından, akma sınırı belirli bir miktarda kalıcı biçim değiştirmenin meydana geldiği nokta olarak kabul edilir. Gerilme şekil değiştirme çizgisinde akma dayanımı %0.2 kalıcı biçim değiştirmenin meydana geldiği nokta olarak kabul edilmiştir.

%0.2 akma dayanımı aynı zamanda %0.2 kalıcı gerilme dayanımı olarak da adlandırılır ve mühendislik gerilme şekil değiştirme diyagramlarından bulunur. Önce gerilme şekil değiştirme çizgisinin 0.002 cm/cm gerilme noktasından esnek (doğrusal) kısmına paralel bir çizgi çizilir, daha sonra bu çizginin gerilme - gerilme eğrisinin üst kısmın

kestiği noktadan gerinme eksenine bir paralel çizilir. Bu doğrunun gerilme eksenini kestiği nokta %0.2 kalıcı şekil değiştirme akma dayanımıdır. %0.2 kalıcı şekil değiştirmedeki akma dayanımının tercihe bağlı olduğu ve herhangi bir diğer küçük miktarda kalıcı biçim değiştirmenin de seçilebileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Weissevach, 1996).

TS 708 IV-bs'e göre, standart minimum akma dayanımı 500 MPa olarak alınmıştır.

3.8.3. Çekme dayanımı

Çekme dayanımı mühendislik gerilme – gerinme çizelgesinde ulaşılabilecek en yüksek noktadır. Mühendislik gerilmesi numunenin başlangıçtaki kesitini temel aldığından, eğer numune kesitinde bölgesel bir daralma olursa (yaygın olarak boyun verme denir) kopmaya kadar, gerinme arttıkça mühendislik gerilmesi küçülecektir. Daha sünek malzemeler kırılmadan önce daha fazla boyun verecek dolayısıyla, gerilme şekil değiştirme eğrisinde gerilme en yüksek gerilmeden daha fazla bir düşüş gösterecektir. Mühendislik gerilme şekil değiştirme çizelgelerinde önemli bir nokta metal ve alaşımlarda, gerilmenin kopmaya kadar gittikçe artmakta olmasıdır. Çekme dayanımına ulaşılmadan önce numune, çok fazla kalıcı biçim değiştirme gösterdiğinden, çekme dayanımı mühendislik tasarımlarında pek fazla kullanılmaz. Fakat çekme dayanımı malzemede bulunan kusurlar hakkında bilgi verebilir.

3.8.4. Kopma uzaması yüzdesi

Bir çekme numunesinin deney esnasında uzadığı miktar, metalin sünekliği hakkında bilgi verir. Metallerin sünekliğinin en yaygın ifade şekli çoğunlukla 50 mm' lik bir ölçüm boyunun uzama miktarıdır. Genellikle süneklik arttıkça, metal daha fazla biçim değiştireceğinden yüzde uzama artar. Çekme deneyi sırasında deneydeki numunenin gerilmesi bir uzama ölçeği ile sürekli olarak ölçülür. Kırılma sonrası yüzde uzama ise kırılan numune parçaları bir araya getirilerek kumpasla ölçülür.

Yüzde uzama şu eşitlikten hesaplanır.

$$\% A_5 = \frac{\text{Son uzunluk} - \text{Başlangıç uzunluğu}}{\text{Başlangıç uzunluğu}} \%100 = \frac{L_1 - L_0}{L_0}$$

Kırılmadan yüzde uzama, sadece sünekliğin belirlenmesi için değil, metalin kalitesinin bir göstergesi olduğu için de önemlidir. Eğer metalde gözeneklilik ve kalıntılar varsa ve metalin aşırı ısıtılması metali bozmuşsa deney parçasının yüzde uzaması normalde olması gereken değerden daha düşük olacaktır.

TS 138'e göre, standart minimum % uzama değeri genel olarak % 5' dir. Ancak deprem riski yüksek bölgelerde kullanılacak çelik tellerin % uzama değeri minimum % 8 olmalıdır.

3.8.5. Yüzde kesit daralması

Metalin sünekliği aynı zamanda alanı yüzde daralma miktarı ile ifade edilebilir. Deneyden sonra daralan kırılma yerindeki çap ölçülür. Başlangıç ve son çaplar ölçülerek yüzde kesit daralması şu eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$\% \text{ Kesit daralması} = \frac{\text{Başlangıç kesiti} - \text{Son kesit}}{\text{Başlangıç kesiti}} \%100 = \frac{S_0 - S_1}{S_0}$$

Kangal demirinin kesiti S_0 ve çekilen telin kesiti S_1 olarak kabul edilerek yüzde kesit daralması hesaplanmaktadır. Kesitteki yüzde daralma, yüzde uzama gibi, metalin sünekliğinin ve kalitesinin bir ölçüsüdür. Ancak tel çekme işleminde, % kopma uzama değeri daha önemlidir.

3.8.6. Çekme numuneleri

Deney çubuğu olarak 250 mm uzunluğunda teller kullanılmış ve numunelerin ağırlığı tartılarak aşağıdaki çizelge yardımıyla aşınma çap ve kesiti bulunmuştur.

Tellerin önemli olan boyutları ölçü boyu (L) ve çap d ' dir. Bu ikisi arasında sabit bir oran mevcuttur. Numune çubuğun ilk uzunluğu (L_0) ve son uzunluğu (L_1) şekil 3.21' de verilmiştir.



Şekil 3.10. Numunenin ilk ve son uzunluğu

Yapılan deneylerde uzun orantılı teller için geçerli olan eşitlik $L_0 = 10 d_0$ kullanılmıştır. Ölçü boyu çizilerek ve noktalanarak çapa göre L_0 uzunluğu belirlenmiştir.

Numune (deney parçası), TS 138 standartlarına uygun olarak çekme makinesinin içerisindeki sıkıştırma çenelerine eğmeden takılır ve sürekli olarak etkiyen bir çekme kuvveti ile kopma meydana gelinceye kadar uzatılır. Şekil 3.11' de deneylerde kullanılan çekme cihazı verilmiştir. Deneylerde kullanılan universal çekme cihazı her sene periyodik olarak kalibre edilmektedir ve teknik özellikleri Çizelge 3.4' de verilmiştir.



Şekil 3.11. Üniversal çekme cihazı.

Çeneler arası uzunluk	200 mm
Çeneler arası maksimum uzunluk	260 mm
Boşta motor devri	0-200 d/d
Yükte motor devri	0-1000 d/d
Motor gücü	0.55 kW
Piston kesit alanı	50 cm ²
Uygulanabilen kuvvet	10-20-40 kN

Çizelge 3.4. Üniversal çekme cihazının teknik özellikleri

Başlangıçta numune elastik olarak uzar. Bu anda numuneye etkiyen yükler kaldırılacak olursa, ölçü işaretlerinin arasındaki uzaklığın (L_0) olduğu görülür. Elastik uzunluk değişimi çok küçüktür. Daha büyük kuvvetlerin etki etmesiyle, elastik uzama üzerine plastik (kalıcı) uzama da eklenir. Bu durumda yük kaldırılırsa, ölçü işaretleri arasındaki mesafe sadece elastik uzama miktar kadar kısalır, fakat yine de L_0 'dan daha uzun durumdadır.

Kuvvetin daha da artması sonucu, yaklaşık olarak numunenin ortasında, bölgesel olarak bir kesit daralması, yani büzülme meydana gelir. Kısa bir müddet sonra bu noktada kopma olayı görülür.

3.8.7. Sertlik

Bütün metallerde ve özellikle çelikte sertlik, soğuk şekillendirme ve ısıtma işlem sonucu geniş sınırlar içerisinde değişmektedir. Sertlik değerleri malzemenin iç yapısı hakkında sonuçlar çıkartabilmek için gereklidir. Esas olarak, batıcı bir cismin belirli bir kuvvetle parça içerisine batırılmasıyla meydana gelen iz üzerinde bir ölçü değeri okunur ve buradan da sertlik hesaplanmaktadır (Weissevach, 1996).

Numune temiz yüzeyli basma tepeği üzerine yükleme yönüne dik olacak şekilde yerleştirilmektedir. Batıcı uç numuneye değdirilerek ölçü saati sıfıra ayarlanır. Ölçme aletleri bu durumda manivela sistemi üzerinden batıcı uca deney ön yükü uygulayacak şekilde ayarlanmaktadır. Deney yükü uygulamak için manivela sistemine bağlı mandal boşta çıkartılmaktadır, batıcı uç deney ön yükü etkisi ile numuneye belirli bir miktar daha gömülü kalmaktadır. Kalıcı iz derinliğini belirlemek amacıyla mandal ilk konumuna geri alınmaktadır. Ölçme saatinden okunan değer numunenin sertlik değeridir.

Sertlik ölçümleri; kangal demirler için yüzeye en yakın bölgeden, çelik teller için iki nervür tepesi arasından ve yüzeye en yakın bölgeden Rockwell B (HR_B) skalası kullanılarak yapılmaktadır.

3.8.8. Soğuk deformasyon oranı

Tel çekme işleminde soğuk çekilmiş malzemenin mekanik özellikleri üzerinde çok sayıda parametre etkili olmakla birlikte, soğuk deformasyon oranı (ϵ_p) en etkili parametredir.

Tel çekme işleminde ara tavlama yapılmadığı sürece deformasyon oranı ile birlikte malzemenin akma dayanımı yükselmektedir. Böylece istenilen oranlarda deformasyon miktarı verilerek ürünün mukavemet ve sertlik değerleri kontrol edilebilmektedir. Zira soğuk işlemden deformasyon oranı büyüdükçe malzeme dayanımındaki artış fazla olmaktadır. Bu artış beraberinde sertlik artışını getirerek şekil alma kabiliyetini azaltmaktadır. Soğuk deformasyon oranı şu eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$\text{Soğuk Deformasyon Oranı} = \epsilon_p = \ln \frac{S_0}{S_1}$$

Burada S_0 ilk kesiti, S_1 tel çekme sonrasında elde edilen kesiti göstermektedir (Varol, 1995).

3.8.9. İç yapı

Mikroskop altında 25... 1000 defa büyütme sonucu kristallerin tane büyüklüğü ve şekli görülebilmektedir. Bunun için metalik numune ısıtılmaksızın, giderek daha ince zımpara kâğıdı ile zımparalanır ve en sonunda parlatılarak içyapı muayenesine hazır hale getirilmektedir. Küçük metalik numuneler bu işlemler yapılmadan önce bakalite alınmaktadır.

Zımparalanmış yüzey mikroskop altında incelendiğinde sadece çizikler görülebilmekte, tek tek kristaller görülememektedir. Bu nedenle, parlatılmış numune 3 ml HNO_3 ve 100 ml Etanol (%2–3 Nital) karışımı yardımıyla yaklaşık 60 sn süren dağlamadan sonra mikroskobun altına yerleştirilerek muayene gerçekleştirilmektedir.

4. DENEYLER ve BULGULAR

Bu çalışmada, hammadde kalitesi 20MnB4, Cq15, SAE1006 ve SAE1008 olan teller ile çalışılmıştır. Aşağıda her durum için sonuçlar çizelge ve grafiklerle verilmiş ve yorumlanmıştır. SAE 1008 kalitedeki malzemenin kimyasal bileşimi Çizelge 4.1’ de verilmektedir. Bu malzemede C miktarı düşük, S ve P da çok az miktarda bulunduğundan tel çekmeye uygunluk gösterir.

%	%	%	%	%	%
C	Si	Mn	P	S	Cu
0,07	0,02	0,450	0,009	0,030	0,210

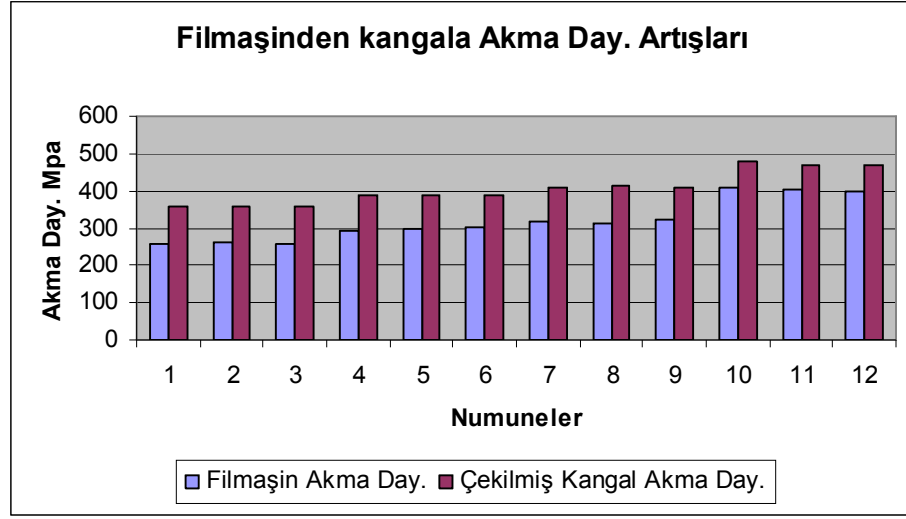
Çizelge 4.1. Deneylerde kullanılan SAE 1008 malzemenin kimyasal bileşimi

4.1. Hammadde Cinsi Farklı, Hız Sabit ve Tel Çapı Aynı Durumu

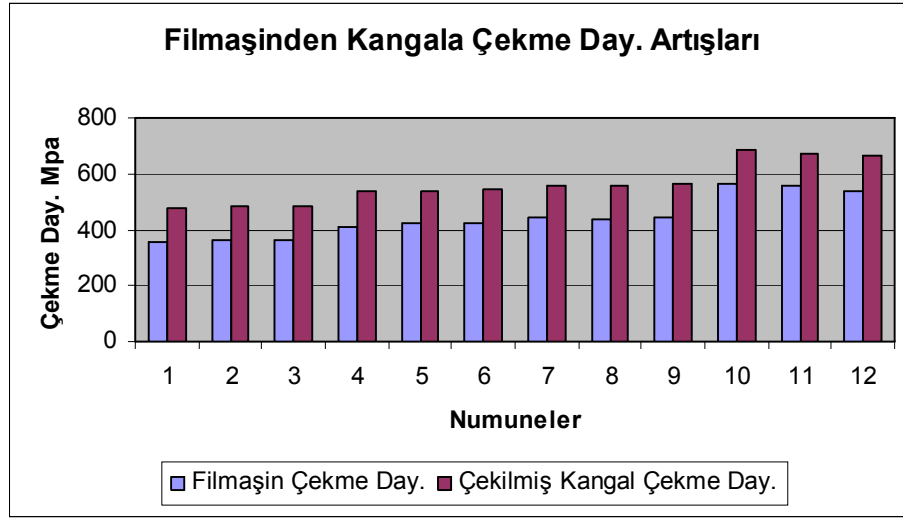
Hammadde cinsi farklı, hız ve tel çapı aynı durumu için elde edilen bulgular Çizelge 4.2’ de özet halinde verilmiştir. Bu değerlere göre, oluşturulan Çizelge 4.3., 4.4., 4.5.’ de 20MnB4 ve SAE 1008 Cq15 ve SAE 1006 çelikleri için ortalama akma dayanımı, ortalama çekme dayanımı ve ortalama % uzama değerleri verilmiştir.

Num	Çap, mm.		Kangal çeliğin kalitesi	Hız, v / s	Akma Dayanımı (Rp _{0.2}), MPa		Çekme Dayanımı (Rm), MPa		Kopma Uzaması	
	Filmaşın çekim öncesi	Kangal çekim sonrası			Filmaşın	Kangal	Filmaşın	Kangal	Filmaşın	Kangal
1	Ø5,50	Ø4,81	SAE1006	3,6	257	357	357	477	41	29
2	Ø5,50	Ø4,81	SAE1006	3,6	261	359	361	481	44	30
3	Ø5,50	Ø4,81	SAE1006	3,6	259	360	363	484	43	31
4	Ø5,50	Ø4,81	SAE1008	3,6	293	388	413	535	39	32
5	Ø5,50	Ø4,81	SAE1008	3,6	297	388	421	540	38	28
6	Ø5,50	Ø4,81	SAE1008	3,6	301	390	422	542	40	29
7	Ø5,50	Ø4,81	Cq15	3,6	316	410	441	561	41	28
8	Ø5,50	Ø4,81	Cq15	3,6	311	411	437	558	40	28
9	Ø5,50	Ø4,81	Cq15	3,6	324	407	444	564	41	32
10	Ø5,50	Ø4,81	20MnB4	3,6	408	480	568	689	36	25
11	Ø5,50	Ø4,81	20MnB4	3,6	405	467	555	675	37	26
12	Ø5,50	Ø4,81	20MnB4	3,6	400	471	540	666	39	29

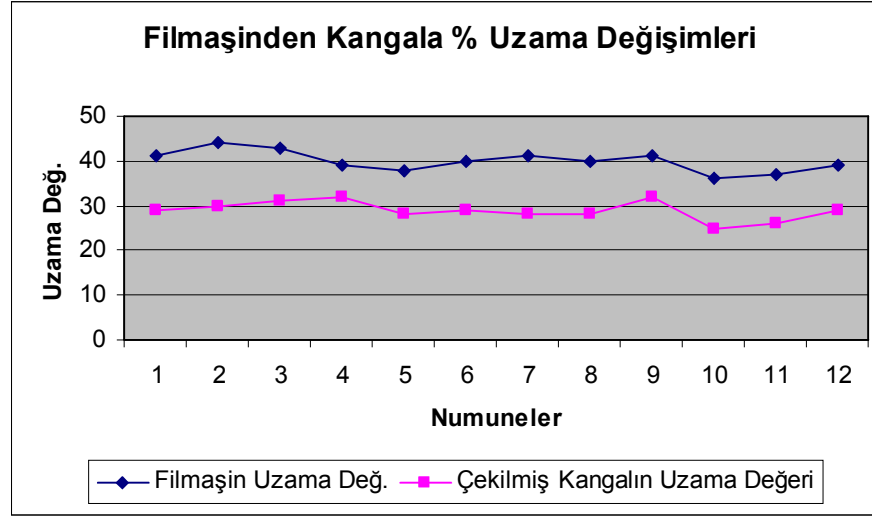
Çizelge 4.2. Hammadde cinsi farklı, hız ve tel çapı aynı durumu için sonuçlar



Çizelge 4.3. SAE 1006, Cq 15, 20MnB4 ve SAE 1008 kalite teller için çekim sonrası akma dayanımı değişimi.



Çizelge 4.4. SAE 1006, Cq 15, 20MnB4 ve SAE 1008 kalite teller için çekim sonrası çekme dayanımı değişimi.



Çizelge 4.5. Ø5,50-Ø4,81 mm numuneler için uzama değerleri değişimi.

Hammadde kalitesi farklı, hızı ve tel çapı aynı olduğu durumda; %C miktarı arttıkça telin akma ve çekme dayanımları da artmaktadır. Bu deneylerde kullanılan tel numunelerine örnekler, şekil 4.1 ve şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çekme deneyinde kullanılan SAE 1008 numune



Şekil 4.2. Çekme deneyinde kullanılan 20MnB4 numune

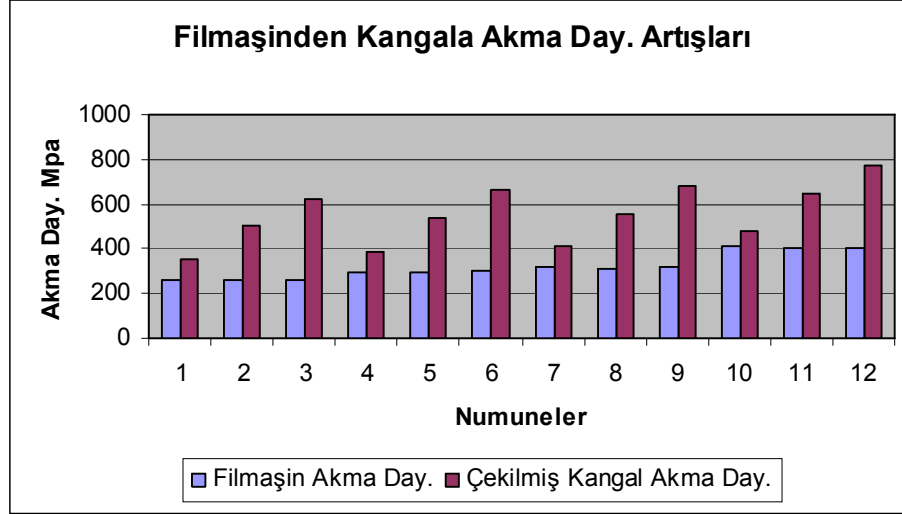
4.2. Hammadde Cinsi ve Çekim Hızı Aynı, Tel Çapı Farklı Olması Durumu

Hammadde cinsi ve hızı aynı, tel çapı farklı durumu için elde edilen bulgular Çizelge 4.6’ da özet halinde verilmiştir.

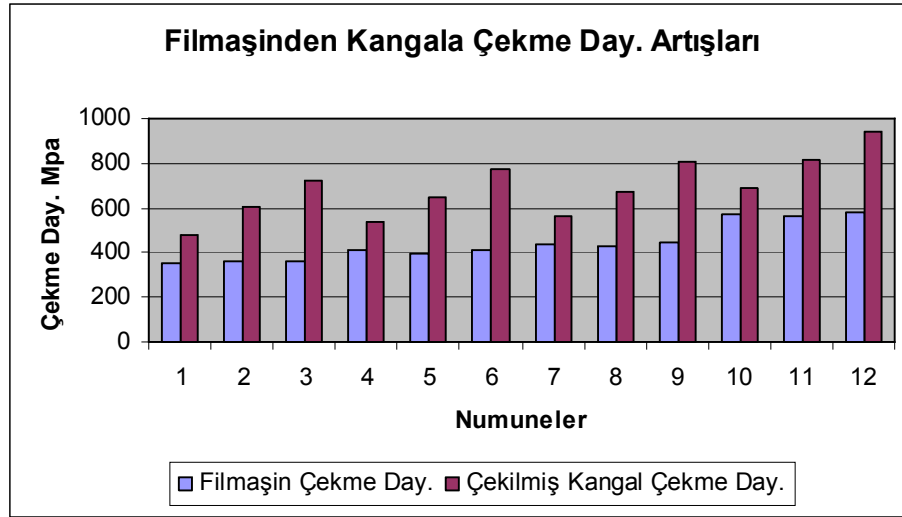
Num.	Çap, mm.		Kangal çeliğin kalitesi	Hız, v m / s	Akma Dayanımı ($R_{p0.2}$), MPa		Çekme Dayanımı (R_m), MPa		Kopma Uzaması	
	Filmaşın çekim öncesi	Kangal çekim sonrası			Filmaşın	Kangal	Filmaşın	Kangal	Filmaşın	Kangal
1	Ø5,50	Ø4,81	SAE1006	3,6	257	357	357	477	44	36
2	Ø5,50	Ø4,00	SAE1006	3,6	260	505	360	605	43	24
3	Ø5,50	Ø3,01	SAE1006	3,6	258	623	361	725	44	12
4	Ø5,50	Ø4,81	SAE1008	3,6	293	388	413	535	43	34
5	Ø5,50	Ø4,00	SAE1008	3,6	291	536	398	643	42	22
6	Ø5,50	Ø3,01	SAE1008	3,6	299	664	410	774	41	11
7	Ø5,50	Ø4,81	Cq15	3,6	316	410	441	561	41	33
8	Ø5,50	Ø4,00	Cq15	3,6	313	558	431	676	40	18
9	Ø5,50	Ø3,01	Cq15	3,6	319	684	444	808	41	8
10	Ø5,50	Ø4,81	20MnB4	3,6	408	480	568	689	39	31
11	Ø5,50	Ø4,00	20MnB4	3,6	404	649	566	811	37	15
12	Ø5,50	Ø3,01	20MnB4	3,6	407	772	580	944	40	5

Çizelge 4.6. Hammadde cinsi ve hızı aynı, tel çapı farklı durumu için sonuçlar

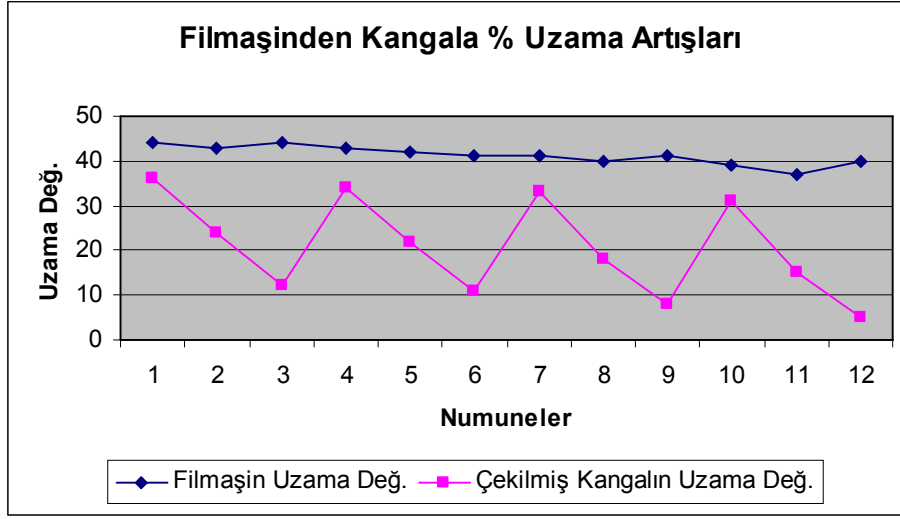
Çizelge 4.6' daki akma, çekme ve % kopma uzama değerleri, çizelge 4.7., 4.8. ve 4.9.'da grafik halinde gösterilmiştir.



Çizelge 4.7. Ø5,50-Ø4,81 , Ø5,50-Ø4.00 ve Ø5,50-Ø3.01 mm numuneler için akma dayanımı değerleri



Çizelge 4.8. Ø5,50-Ø4,81 , Ø5,50-Ø4.00 ve Ø5,50-Ø3.01 mm numuneler için çekme dayanımı değerleri



Çizelge 4.9. Ø5,50-Ø4,81 , Ø5,50-Ø4.00 ve Ø5,50-Ø3.01 mm numuneler için uzama değerleri değişimi.

Hammadde kalite ve hızı aynı, çekilen tel çapı farklı olduğu durumda, tel kesiti küçüldüğünde redüksiyon oranı yükseleceğinden, akma ve çekme dayanımlarında dikkate değer bir artış olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, redüksiyon oranı yüksek olan tel gevrek olacağından, % kopma uzama değeri de düşüş göstermektedir.

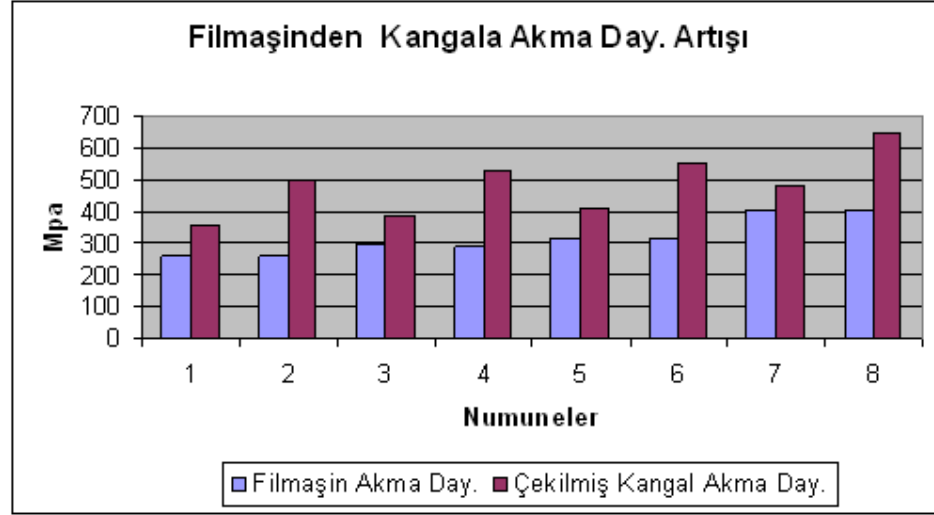
4.3. Hız ve Tel Çapı Aynı, Hammadde Çapı Farklı Durumu

Hız ve tel çapı aynı, hammadde çapı farklı durumu için elde edilen bulgular Çizelge 4.10.' da özet halinde verilmiştir. Bu değerlere göre, oluşturulan Çizelge 4.11., 4.12., 4.13.' de Ø5,50-Ø4,81 mm ve Ø6,50-Ø4,81 mm teller için ortalama akma dayanımı, ortalama çekme dayanımı ve ortalama % kopma uzama değerleri belirtilmiştir.

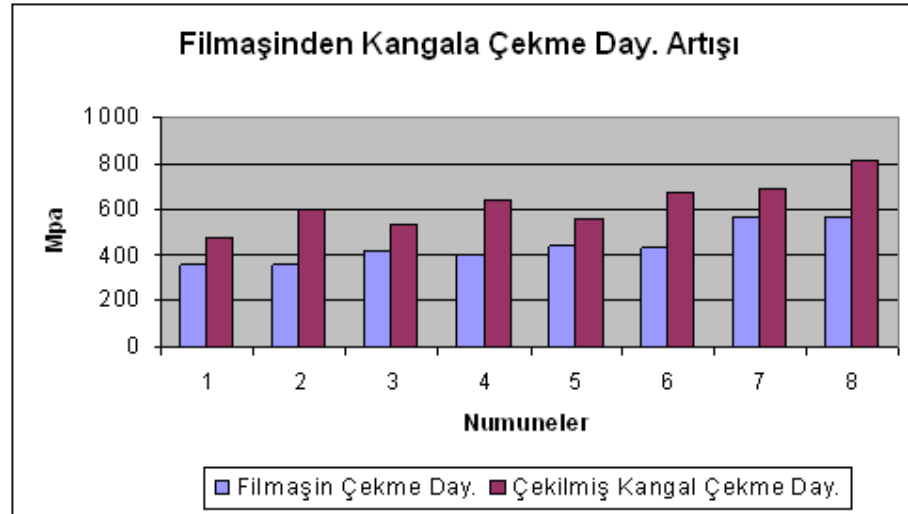
Num.	Çap, mm.		Kangal çeliğin kalitesi	Hız, v m / s	Akma Dayanımı ($R_{p0.2}$), MPa		Çekme Dayanımı (R_m), MPa		Kopma Uzaması	
	Filmaşın çekim öncesi	Kangal çekim sonrası			Filmaşın	Kangal	Filmaşın	Kangal	Filmaşın	Kangal
1	Ø5,50	Ø4,81	SAE1006	3,6	257	357	357	477	44	36
2	Ø6,50	Ø4,81	SAE1006	3,6	260	500	360	605	43	24
3	Ø5,50	Ø4,81	SAE1008	3,6	293	388	413	535	43	34
4	Ø6,50	Ø4,81	SAE1008	3,6	291	531	398	643	42	22
5	Ø5,50	Ø4,81	Cq15	3,6	316	410	441	562	41	33
6	Ø6,50	Ø4,81	Cq15	3,6	313	553	431	676	40	18
7	Ø5,50	Ø4,81	20MnB4	3,6	408	480	568	689	39	31
8	Ø6,50	Ø4,81	20MnB4	3,6	404	645	566	811	37	15

Çizelge 4.10. Hız ve tel çapı aynı, Hammadde çapı farklı durumu için sonuçlar.

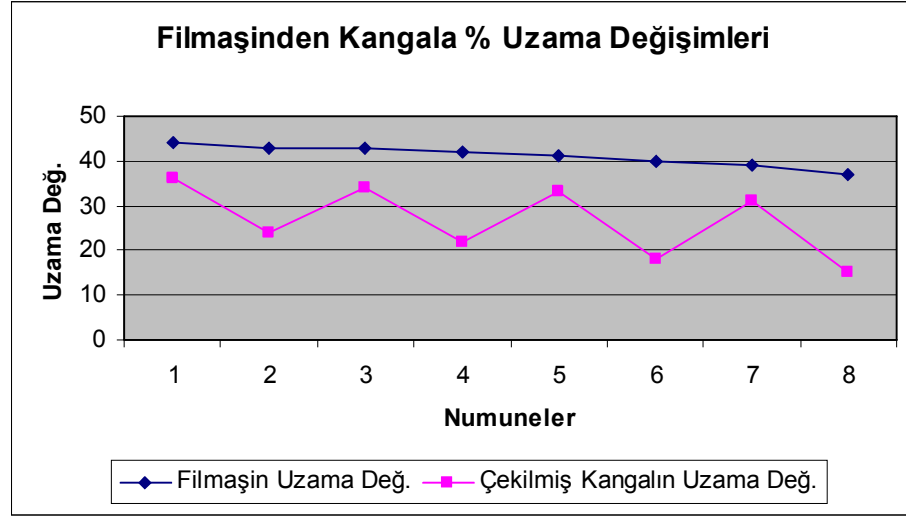
Çizelge 4.10.'daki akma, çekme ve % kopma uzama değerleri, çizelge 4.11., 4.12., 4.13.'de grafik halinde gösterilmiştir.



Çizelge 4.11. Ø5,50-Ø4,81 , Ø6,50-Ø4.81 mm numuneler için akma dayanımı değerleri.



Çizelge 4.12. Ø5,50-Ø4,81 , Ø6,50-Ø4.81 mm numuneler için çekme dayanımı değerleri.



Çizelge 4.13. Ø5,50-Ø4,81 , Ø6,50-Ø4,81 mm numuneler için uzama değerleri değişimi.

Hammadde cinsi, hız ve tel çapının aynı fakat kangal çapının farklı olduğu durumda hammadde çapı küçüldükçe mekanik özelliklerde düşüş görülmektedir. Bunun nedeni Ø5,50 – Ø4,81 durumundaki redüksiyon oranının Ø6,50 – Ø4,81 mm durumuna göre daha küçük olmasıdır.

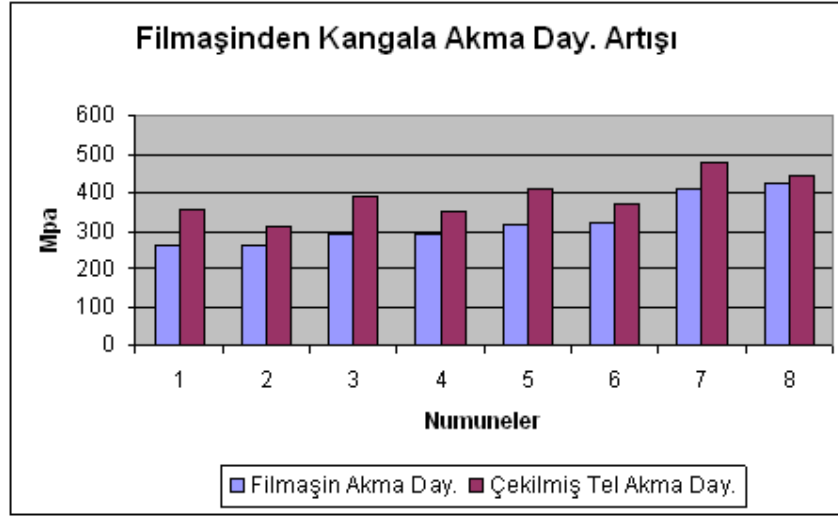
4.4. Hammadde Çapı ve Tel Çapı Aynı, Hız Farklı Durumu

Hammadde çapı ve tel çapının aynı, hızın farklı olması durumu için elde edilen bulgular Çizelge 4.14’ de $v=3.6$ m/s ve $v=2.4$ m/s hız değerlerinde çekilen teller için ortalama akma dayanımı, ortalama çekme dayanımı ve ortalama % kopma uzama değerleri verilmiştir.

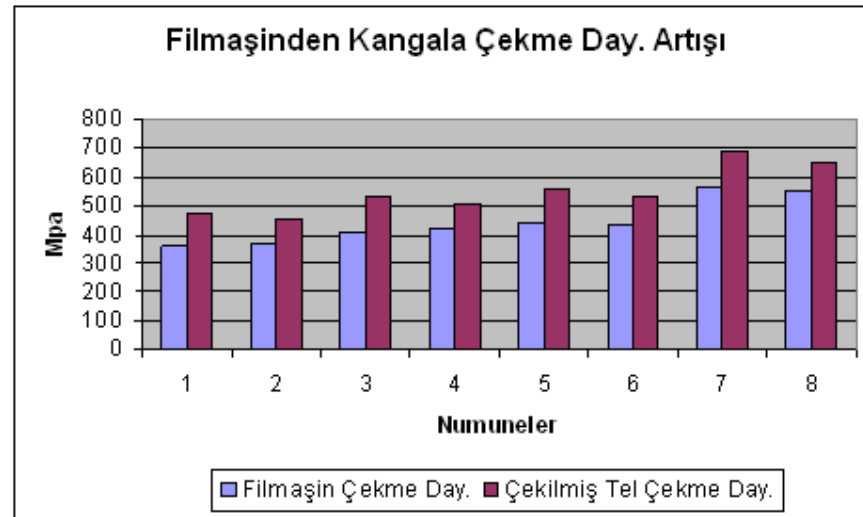
Num.	Çap, mm.		Kangal çeliğin kalitesi	Hız, v m / s	Akma Dayanımı ($R_{p0.2}$), Mpa		Çekme Dayanımı (R_m), Mpa		%A5 Kopma Uzaması	
	Hammadde	Kangal			Hammadde	Kangal	Hammadde	Kangal	Hammad de	Kangal
1	Ø5,50	Ø4,81	SAE1006	3,6	257	357	357	477	44	36
2	Ø5,50	Ø4,81	SAE1006	2,4	260	310	361	455	45	38
3	Ø5,50	Ø4,81	SAE1008	3,6	293	388	413	535	43	34
4	Ø5,50	Ø4,81	SAE1008	2,4	295	350	421	510	42	36
5	Ø5,50	Ø4,81	Cq15	3,6	316	410	441	561	41	33
6	Ø5,50	Ø4,81	Cq15	2,4	321	370	437	536	40	35
7	Ø5,50	Ø4,81	20MnB4	3,6	408	480	568	689	39	31
8	Ø5,50	Ø4,81	20MnB4	2,4	422	444	555	650	37	33

Çizelge 4.14. Hammadde kangal ve tel çapının aynı, hızı farklı durumu için sonuçlar.

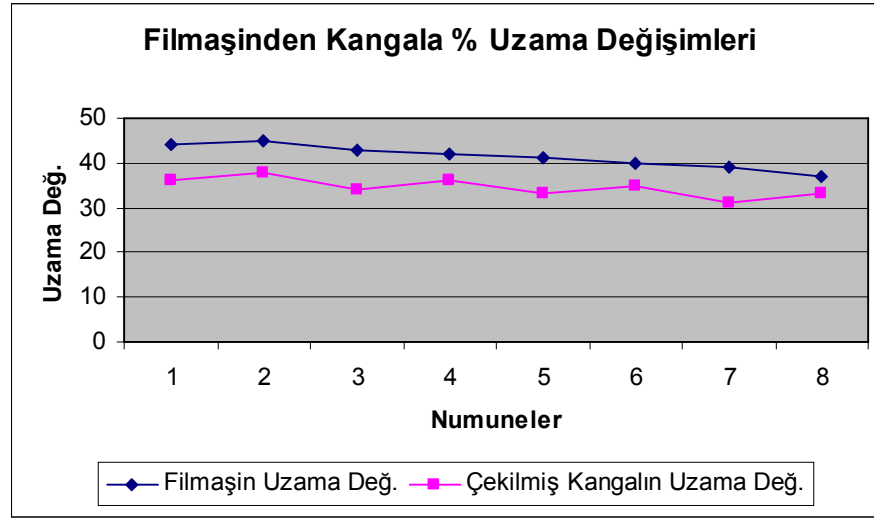
Çizelge 4.14’ deki akma dayanımı, çekme dayanımı ve % kopma uzama değerleri, çizelge 4.15 – 4.17’ de grafik halinde gösterilmiştir.



Çizelge 4.15. Ø5,50-Ø4,81 mm numuneler için akma dayanımı değerleri.



Çizelge 4.16. Ø5,50-Ø4,81 mm numuneler için çekme dayanımı değerleri.



Çizelge 4.17. Ø5,50-Ø4,81 mm numuneler için uzama değerleri değişimi.

Hammadde çapı ve tel çapının aynı, hızın farklı olduğu durumda hız arttıkça mekanik özelliklerde artış görülmektedir. Bunun nedeni, n pekleşme üstelinin artan şekil değiştirme hızıyla azalmasıdır.

Metal malzemelerin şekillendirilebilirliği pekleşme davranışlarıyla ilişkilidir. Herhangi bir alaşım için pekleşme üsteli, plastik şekil değişimi esnasında pekleşme kapasitesini belirlemesi nedeniyle önemli bir parametredir. Akma sınırı ve çekme dayanımı artan şekil değiştirme hızına bağlı olarak yükselir. Şekil değiştirme hızının mekanik özelliklere etkisi oda sıcaklığında nispeten az, yüksek sıcaklıklarda ise oldukça büyüktür (Çapan, 1989).

Gerilme – pekleşme üsteli arasındaki bağıntı şu şekildedir;

$$\sigma = K\epsilon^n$$

Hız artışıyla matris ve çevresinde meydana gelen sıcaklık etkisiyle çubuğun akış kolaylar ve tel çekme için gerekli kuvvet azalır. Hız artışı aynı zamanda birim zamandaki üretim miktarını artırması açısından da faydalıdır. Ancak hız artışı ile birlikte yeterli soğutma ve yağlama yapılmaması halinde matris aşınmaları artabilir.

4.5. Tel Çekmede Kullanılan Numunelerin İç Yapıları

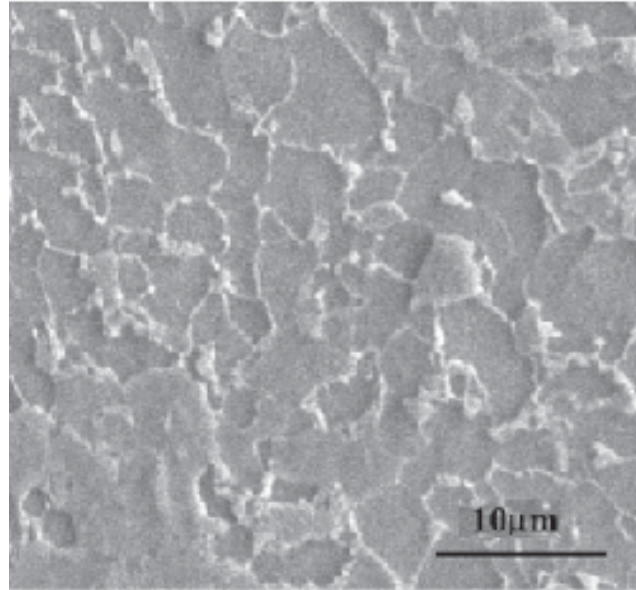
20MnB4 numunelerin tel çekme işlemi neticesinde içyapılarındaki değişimi incelemek amacıyla; tel çekme öncesi, % 23,5 oranında soğuk deforme edilmiş, % 45,2 oranında soğuk deforme edilmiş ve enine kesitinin içyapı fotoğrafları çekilmiştir.

Numuneler, Olympus PME 3 research and inspection mikroskop ile gözlemlenmiştir.



Şekil 4.3. Analizlerde kullanılan Olympus PME 3 research and inspection mikroscope.

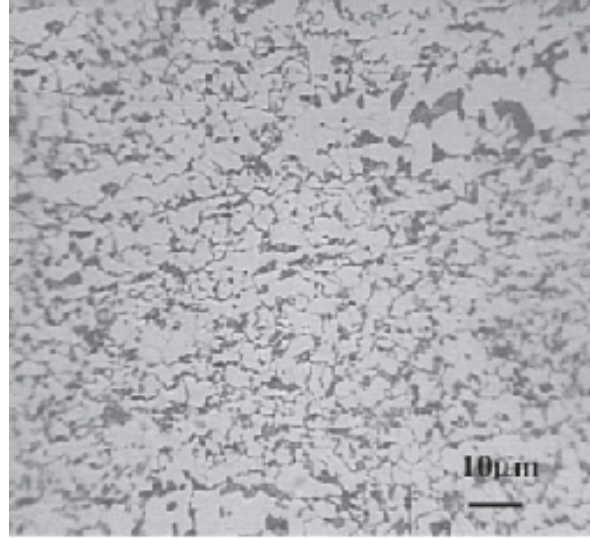
Şekil 4.4.' de 20MnB4 numunenin tel çekme işlemi öncesindeki içyapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.4. 20MnB4 numunenin tel çekme öncesi iç yapısı

Tel çekme öncesi 20MnB4 malzemedede tanelerin eş eksenli olduğu, deformasyon kaynaklı herhangi bir yönlenme olmadığı şekil 4.4’ de görülmektedir.

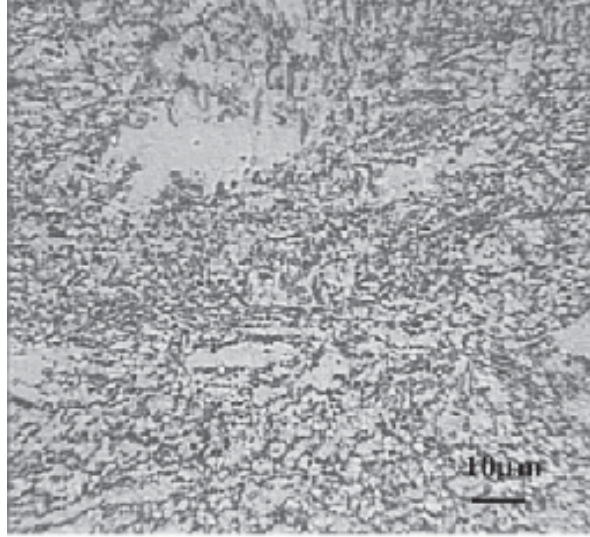
Şekil 4.5’ de ise 20MnB4 malzemenin % 23,5 redüksiyon oranında soğuk deforme edilmiş haldeki içyapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.5. 20MnB4 numunenin $\phi 5,50-4,81$ mm % 23,5 redüksiyon oranında soğuk deforme edilmiş haldeki içyapısı

% 23,5 oranında soğuk deforme edilmiş numunede tel çekme yönüne bağlı olarak tel çekme yönüne doğru dislokasyon artışları görülmektedir. Bu artış, tanelerin boyuna uzaması ve enine küçülmesi sebebiyle, tel çekme yönüne doğru ilerlemektedir.

Şekil 4.6. da 20MnB4 numunenin % 45,2 oranında soğuk deforme edilmiş haldeki içyapısı gösterilmiştir



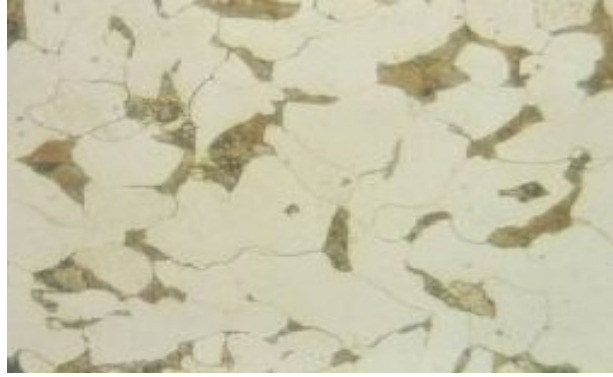
Şekil 4.6. 20MnB4 numunenin $\phi 6,50-4,81$ mm % 45,2 redüksiyon oranında soğuk deforme edilmiş haldeki içyapısı

% 45,2 oranında soğuk deforme edilmiş numunede de bir önceki durum ile aynı değişkenlikler tespit edilmiştir. Tel çekme yönüne bağlı olarak tel çekme yönüne doğru dislokasyon artışları bu redüksiyon oranında nispeten daha fazla görülmektedir. Bu artış, redüksiyon artışı ile doğru orantılıdır. Tanelerde tel çekme yönüne paralel deformasyon kaynaklı kısmi yönlenmenin nispeten daha çok olduğu, yönlenmelerin daha fazla olduğu görülmektedir.

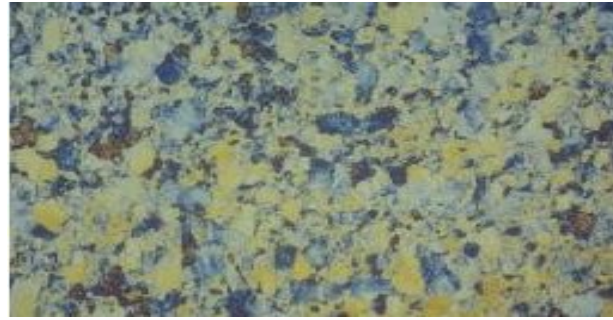
Tel çekme işlemi, bir soğuk deformasyon işlemi olduğundan ve tel çekme esnasında herhangi bir ısı işlem olmadığından dolayı, tel çekimi esnasında malzemenin tane yapısında form olarak herhangi bir değişiklik olmaz. Sadece tel çekme yönüne doğru tane uzamaları gerçekleşir. Bu uzamaların artmasıyla zamanla telde çap incelmeye bağlı olarak kopmalar başlar. Bu esnada eğer çekme işlemine devam edilecekse “ara tav” olarak adlandırılan rekristalizasyon tavlama yapılmalıdır.

SAE 1006 numuneler ise, farklı dağlama kimyasalları (%2,2 Nital + renklendirici) ve dağlama teknikleri kullanılarak hazırlanmış ve Olympus Motorised research and inspection microscope BX61 mikroskobu ile analiz edilmiştir.

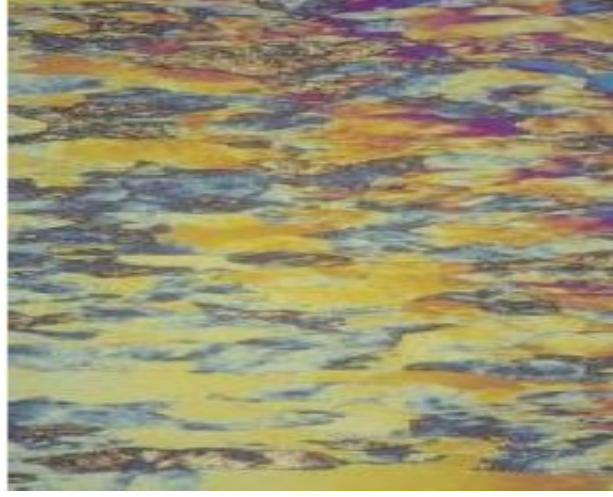
SAE 1006 numunelerde de görüldüğü üzere, tanelerde tel çekme yönüne paralel deformasyon kaynaklı kısmi yönlenmenin olduğu görülmektedir. Soğuk deforme edilmiş numunede tel çekme yönüne paralel yönelmeler olduğu görülmektedir. Bu yönelmeler numunenin mukavemetinin artmasında etkilidir.



Şekil 4.7. SAE 1006 numunenin iç yapısı (350X)



Şekil 4.8. SAE 1006 numunenin $\phi 5,50-4,81$ mm % 23,5 redüksiyon oranında soğuk deforme edilmiş haldeki iç yapısı enine kesiti (350X)



Şekil 4.9. SAE 1006 numunenin $\phi 5,50-4,81$ mm % 23,5 redüksiyon oranında soğuk deforme edilmiş haldeki iç yapısı boyuna kesiti (350X)

5. SONUÇLAR

Çeliğin kimyasal bileşimindeki %C miktarı arttıkça, hammaddenin ve çekilen telin akma ve çekme mukavemetleri artar. Mukavemetlere bağlı olarak da sertliklerinde de artış görülmektedir. Diğer faktörler sabit kalmak koşuluyla soğuk deformasyon oranı arttıkça, sertlik değerleri artmaktadır. Bununla birlikte, soğuk deformasyon oranı değişmemesine rağmen, %C miktarı artışıyla sertlik artmaktadır fakat hız artışıyla birlikte sertlik değeri azalmaktadır.

Çeliğin %C içeriğinin yanında, özellikle tellerde, uygulanan redüksiyon oranı arttıkça çekmeyle elde edilen telin akma ve çekme mukavemetlerinde de artış olmaktadır. Soğuk deformasyon oranı arttıkça akma dayanımı da artmaktadır. Bununla birlikte, soğuk deformasyon oranı değişmemesine rağmen; %C miktarı ve hız artışıyla da akma dayanımında artış gözlemlenmiştir.

Diğer faktörler sabit kalmak koşuluyla soğuk deformasyon oranı arttıkça, çekilen hammadde filmaşın çapı ve telinin çapı arttıkça % kesit daralması azalmaktadır. Bununla birlikte, soğuk deformasyon miktarı değişmemesine rağmen, hız artışıyla % kesit daralması miktarı artmaktadır fakat %C miktarı artışıyla birlikte azalmaktadır. Ancak, soğuk deformasyon oranı ve redüksiyon oranı artarken hız azalırsa % kesit daralması artmaktadır.

Soğuk deformasyon miktarı arttıkça genellikle % kesit daralması miktarının azaldığı gözlenmiştir. Kesit daralmasındaki düşüş tel çekme işleminde yüksek deformasyon oranlarına çıkmanın hasar ortaya çıkarabileceğinin bir göstergesidir. Bu nedenle, tel çekme işleminde teorik olarak bir kademede olabilecek en yüksek deformasyon oranı %63' tür.

Çekilen telin çapı aynı olmasına rağmen hammadde filmaşın çapı azaldıkça uygulanan redüksiyon azalmış olacağından, mekanik özelliklerden akma ve çekme dayanımında azalma gözlemlenmektedir. Aynı şekilde hız arttıkça akma ve çekme dayanımı ve birim zamanda üretilen tel miktarında artış görülmektedir.

Ancak deney sonuçlarından da anlaşılacağı gibi çelik telin akma ve çekme dayanımı üzerine hıza oranla redüksiyon oranının etkisinin daha büyük olduğu

görülmektedir. Dolayısıyla, redüksiyon oranı artışıyla telin mukavemetini artırmak mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, % kesit daralması ve % kopma uzaması ile ilgili sonuçlar incelenmemiştir. İncelemeler, sonraki sonraki çalışmalarda bırakılmıştır.

Elde edilen deney sonuçlarına göre, hammadde filmaşınların tel çekme işlemine tabi tutulmasıyla dayanımlarının ve kullanılabilirliklerinin yaklaşık iki katına çıktığı tespit edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- 1- Balin, B., 2004. Seçilen Karakteristiklerin Tel Çekme İşlemi Üzerindeki Etkileri. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 71 s, İstanbul.
- 2- Beitragen, M., 1969. Herstellung Von Stahldraht Teil 1, Dusseldorf.
- 3- Beretta S., Boniardi M. 1998, Fatigue Strenght and Surface Quality of Eutectoid Steel Wires. Milano, Italy
- 4- Bitkov, V. 2006. Research of Wire Drawing Under Conditions of Hyrodynamic Friction, Wire and Cable Technology, 94-97.
- 5- Bodur, H., 1975. Metallere Plastik Şekil Verme Usulleri, Arpaz Matbaası, İstanbul.
- 6- Brard, D., 1991. Lubrication – Quality and Innevation, Wire Industry, 733-734.
- 7- Çapan, L., 1989. Metallere Plastik Şekil Verme Usulleri, Çağlayan Kitapevi, 363 s, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- 8- Çiğdem, M., 1996. İmal Usulleri. Çağlayan Kitapevi, 424 s, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- 9- Dove, A., Moritz, J., Smigel, W., 1980. Steel Wire Handbook, 372 s, U.S.A.
- 10- Dubar, L., Dubois, L., Lazzarotto, L., 2001. A Multi – Step Lubricant Evalution Strategy for Wire Drawing-Extrusion-Cold Heading Sequence. Elsevier Science B.V.,24982002, 951-961.
- 11- Element Six Web Sayfası, <http://www.e6.com/e6/page.jsp?pageid=600406065>
- 12- Gzesh, D.P., 1999. Wire Drawing Lubricant Chemistry, Wire and Cable Technology, 60-61.
- 13- Kemahlı, H., 1994. Plastik Biçimlendirmede Kullanılan Yağlayıcılar ve Karakteristikleri. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 176 s, İstanbul.
- 14- Koner, S., 1992. Tungsten Carbide Wire Drawing Dies, Wire Industry, 350-356.
- 15- Leopardi, G., 2003. Tel Çekme Teknolojisi ve Tel Çekme ve Kaplama Kimyasalları. İstanbul. Tel Çekme Teknolojisi Sempozyumu.

- 16- McNulty, M., 2006. Spotlight on Drawing Machines, Wire and Cable Technology, 54 – 56.
- 17- Murakawaa M., Jina M., Hayashib M. 2004. Study on semidry wire drawing using DLC coated dies. Japan.
- 18- Özer, Ö., 1993. Tel Çekme İşlemine Etki Eden Faktörlerin Mekanik ve Teknolojik Olarak İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 76 s, İstanbul.
- 19- Özer, Ö., Yurci, M., 1997. Tel Çekme İşleminde Matris Açılarının Optimizasyonu ve Sapmaların Belirlenmesi. ODTÜ Makine Fakültesi 1. Makine Mühendisliği Kongresi, 4–6 Haziran 1997, İstanbul
- 20- Pilarczyk, J. W., 2006. The Effect of Roller Die Drawing on the Mechanical
- 21- Properties and Some ASTRO Characteristics of High Carbon Steel Wires, Wire Industry, 80-93.
- 22- Rodacciai S.p.A. Headquarters General Catalogue
- 23- Sönmez, H., 1983, Ekstrüzyon İşleminde Malzeme Akışı ve Ekstrüzyon Kuvveti Üzerinde İnceleme. Yıldız Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, 55 s, İstanbul.
- 24- Tiernan P., Hillery M.T. 2008, An analysis of wire manufacture using the dieless drawing method. Ireland.
- 25- Tripp, I., 1998. Health and Safety Concerns for the Wire Drawing Industry, Wire and Cable Technology, 55-56.
- 26- TS 138, Çekme Deneyleri (Metalik Malzeme için), Türk Standartlar Enstitüsü, 1978, Ankara.
- 27- TS 708, Beton Çelik Teller, Türk Standartlar Enstitüsü, 1996, Ankara.
- 28- Ünseren M., 2006. Tel Çekme Matrisleri Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Y. Lisans Tezi 123 s, Isparta
- 29- Varol, R., 1995. Az Karbonlu Çeliklerde Tel Çekme İşleminin Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23-29.
- 30- Vega G., Haddi A., Imad A., 2008. Investigation of process parameters effect on the copper-wire drawing. Lens, France.
- 31- Vitanov, D., Dimitrov, I., Charalanov, A., 1988. Carbide Drawing Dies for Cold Drawing of Formed Sections, Wireworld, 78-80.

- 32- Weissavach W., (Çevirenler: Ank, S., Ank E. S., Vural, M.), 1996, Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Birsen Yayınevi, 348 s, İstanbul.
- 33- Wright, R., 1976. Practical Use of Mechanical Analysis In Wire Drawing, Wire Technology, England.
- 34- Yılmaz M. 2005, Failures during the production and usage of steel wires. İzmit Türkiye.
- 35- Yurci, M., 1999. Talaşsız Şekil Verme. Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayın Merkezi, 178 s, İstanbul.
- 36- Zelin M. 2002, Microstructure evolution in pearlitic steels during wire drawing. USA.

7. ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı : ALİ
Soyadı : GÜZEY
Doğum Yeri : EDİRNE
Doğum Tarihi : 04.04.1983
Medeni Durum : BEKÂR
e-mail : aliguzey@hotmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

İlköğretim : 1989 – 1997 Edirne Yüksel Yeşil İlköğretim Okulu
Ortaöğretim : 1997 – 2001 Edirne Anadolu Öğretmen Lisesi
Lisans : 2001 – 2006 İstanbul Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Müh.
2. Lisans : 2006 - ... Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fak. İşletme Böl.

NİTELİKLER

Yabancı Dil : İleri düzeyde İngilizce bilgisi
Bilgisayar : İleri düzeyde Bilgisayar bilgisi
İlgi Alanları : Seyahat etmek, basketbol oynamak
Kariyer Hedefi : Eğitimini almış olduğum alanda, yaşam kalitesi sağlayacak, toplumda saygı görececek, bununla birlikte topluma faydalı olacak iyi bir kariyer edinmek.