

**ULTRA HIZLI PİŞİRME (UHP) ÜRETİM YÖNTEMİNİN GELENEKSEL
PİŞİRME ÜRETİM YÖNTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Fatihhan KERVAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2010
ANKARA**

Fatihhan KERVAN tarafından hazırlanan ULTRA HIZLI PİŞİRME (UHP) ÜRETİM YÖNTEMİNİN GELENEKSEL PİŞİRME ÜRETİM YÖNTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İhsan KORKUT

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üni.

Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üni.

Yrd. Doç. Dr. Abdulmecit GÜLDAŞ

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üni.

Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜRÜN

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üni.

Yrd. Doç. Dr. Gökhan SUR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük Üni.

18/05/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Fatihhan KERVAN

**ULTRA HIZLI PIŞİRME (UHP) ÜRETİM YÖNTEMİNİN GELENEKSEL
PIŞİRME ÜRETİM YÖNTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Fatihhan KERVAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2010

ÖZET

Bu çalışmada, kauçuklu parçaların pişirilerek üretilmesinde kullanılan, geleneksel üretim yöntemlerinden (sıkıştırma, iletme, püskürtme, vb.) farklı, yeni geliştirilmiş Ultra Hızlı Pişirme (UHP) yöntemi ele alınmıştır. UHP yönteminin, geleneksel yöntemlerden farkı ve üstünlükleri, yapılan örnek uygulamalarla izah edilmiştir. Yapılan bu çalışmada, UHP yöntemi kullanılarak, geleneksel yöntemlere oranla daha kısa sürede parça üretilmiştir. Geleneksel yöntemlerde kauçuk hamuru, püskürtme preslerinde 70-75 °C de yada soğuk halde preslenmektedir. UHP yönteminde ise kauçuk hamuru, önce 80 °C'ye, sonrasında ise 140 °C'ye ısıtılmış ve bu noktada kalıp içerisine iletilmiştir. Kauçuk hamurunun bu şekilde sıcaklığının artırılarak preslenmesiyle de, kalıp içerisinde bekleme süresi (pişme süresi) çok daha aşağılara çekilmiştir. Geleneksel yöntemlerde pişme süresi, parça boyutlarına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, kauçuk hamurunun, presin silindirinde karıştırılması ve önceden ısıtılmasıyla da daha kaliteli ürünler elde edilmiştir. Böylece, pişme süreleri kısalan parçaların üretim adetleri artmış, maliyetleri aşağı çekilmiştir.

Bilim Kodu : 3.028
Anahtar Kelimeler : Kauçuk, pişirme, püskürtme
Sayfa Adedi : 79
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

**COMPARISON OF PRODUCTION METHODS OF ULTRA SPEED
VULCANISATION (USV) AND CONVENTIONAL VULCANISATION**

(M.Sc. Thesis)

Fatihhan KERVAN

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

May 2010

ABSTRACT

In this study, Ultra Speed Vulcanisation (USV) method which new developed and used in process of rubber parts' vulcanisation as different from conventional production methods called compression, transfer and injection was examined. The differences and advantages of USV method from conventional methods were shown with sample production. In this study, parts were produced in a shorter time via using USV method as different from conventional methods. At injection presses in conventional method, rubber compound is pressed at 70-75 °C or coldly. But in USV method, rubber compound is firstly heated up to 80 °C and then to 140 °C before injection into mold. And cure time is decreased via using this method which has a hotter rubber compound temperature. In conventional methods, cure time is longer depending part's size. In USV method, more quality parts were produced mixing rubber compound in press cylinder and heating it second time. Thus, production quantities of parts were increased decreasing cure time. On the other hand, cost of parts were decreased as an advantage of this short cure time.

Science Code : 3.028

Key Words : Rubber, vulcanization, injection

Page Number: 79

Adviser : Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLPAK'a, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım çalışma arkadaşlarım Sn. Mücahit YILDIRIM'a, Sn. Fulya SELÇUK'a, Sn. Filiz KARA'ya ve tüm laboratuvar ekibine, Sn. Erkan YILDIRIM'a, Sn. Oktay DEMİRTÜRK'e, Sn. Taner TUFAN'a, Sn. İsmail SAĞİRTÜRK'e, ve bu çalıőmamda bana araştırma yapma imkanı sağlayan Sn. Yaőar AKPINAR'a teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
3. KAUÇUK TEKNOLOJİSİ	8
3.1 Kauçuğun Tanımı ve Tarihçesi	8
3.2 Kauçuk Çeşitleri, Özellikleri ve Kullanım Yerleri	9
3.2.1. Doğal kauçuk (NR).....	9
3.2.2. Stiren bütadien kauçuk (SBR)	9
3.2.3. Bütadien kauçuk (BR).....	10
3.2.4. Isopren kauçuk (IR)	10
3.2.5. Butil kauçuk (IIR).....	10
3.2.6. EPM, EPDM kauçuk.....	11
3.2.7. Akrlonitril-bütadien kauçuk (NBR).....	11
3.2.8. Kloropren kauçuk (CR).....	12
3.2.9. Polysülfid kauçuk (T)	12

Sayfa

3.2.10. Akrilik kauçuk (ACM).....	12
3.2.11. Epiklorohidrin kauçuk (CO, ECO)	13
3.2.12. Poliüretan kauçuk (AU)	13
3.2.13. Silikon kauçuk (Q).....	13
3.2.14. Klorosülfone polietilen (CSM)	14
3.2.15. Floroelastomer (FKM)	14
3.3. Pişirme Hamurunun Üretilmesi.....	15
4. PİŞİRME	18
4.1. Pişirmenin ve İşleminin Tanımlanması.....	18
4.2. Pişirici Sistemler	20
4.3. Pişirme Öncesi ve Sonrası Yapılan Testler	22
4.4. Metal Yüzey Hazırlama İşlemi	23
5. GELENEKSEL PİŞİRME ÜRETİM YÖNTEMLERİ	26
5.1. Sıkıştırma Yöntemi	26
5.2. Püskürtme Yöntemi.....	27
5.3. İletme Yöntemi.....	28
5.4. Püskürtme Sıkıştırma Yöntemi	30
5.5. Püskürtme İletme Yöntemi	31
6. ULTRA HIZLI PİŞİRME (UHP) ÜRETİM YÖNTEMİ.....	34
7. MATERYAL VE METOT	38
7.1. Deney Malzemeleri	38
7.1.1. Metaller	38
7.1.2. Kauçuk karışımı (hamur)	38

Sayfa

7.1.3. Metal yüzey hazırlama işlemi	39
7.2. Deney Ekipmanları (Makine – Pres - Kalıp).....	40
7.2.1. Geleneksel yöntem.....	40
7.2.2. Ultra hızlı pişirme yöntemi	43
7.3. Test Yöntemleri.....	44
7.3.1. Esneme testi	44
7.3.2. Dinamik (ömür) test.....	45
7.3.3. Pişme testi	46
7.3.4. Kalıcı deformasyon testi	47
7.3.5. Rheometre testi	47
7.3.6. Kopma – kopma anı uzama testi.....	49
7.3.7. Yapışma testi.....	51
7.3.8. Sertlik testi	51
7.4. Deney Parametreleri.....	52
7.4.1. Hazırlık testleri.....	52
7.4.2. Deney parametrelerinin tespiti.....	58
8. DENEYLER VE YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	61
8.1. Deneyler	61
8.1.1. Geleneksel yöntem ile üretim	61
8.1.2. UHP yöntem ile üretim	62
8.2. Deneylerin Test Sonuçları.....	64
8.2.1. Esneme testi sonuçları.....	64
8.2.2. Dinamik testi sonuçları	67

	Sayfa
8.2.3. Pişme testi sonuçları	70
8.3. Deney Sonuçlarının Özeti ve Karşılaştırılması	73
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	79

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. SBR kauçuk türleri ve kullanım alanları.....	9
Çizelge 4.1. Pişirici sistemler.....	21
Çizelge 4.2. Pişirici sistem yapıları ve özellikleri.....	22
Çizelge 7.1. St 37 çeliğinin kimyasal özellikleri.....	38
Çizelge 7.2. TP1, TP2 ve TP3 hamurunun kimyasalları.....	39
Çizelge 7.3. Genel yapıştırıcı çiftleri	40
Çizelge 7.4. Rheometre testi değerleri	54
Çizelge 7.5. Deney parametreleri.....	60
Çizelge 8.1. Esneme testi sonuçları	65
Çizelge 8.2. Dinamik test sonuçları	68
Çizelge 8.3. Pişme testi sonuçları	71
Çizelge 8.4. Çevrim süresi kazançları.....	74

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Pişirme işlemi	18
Şekil 4.2. Pişme eğrisi.....	19
Şekil 4.3. MYH işlemi.	25
Şekil 5.1. Sıkıştırma yöntemi.....	26
Şekil 5.2. Püskürtme yöntemi.	27
Şekil 5.3. İletme yöntemi.	29
Şekil 5.4. Püskürtme sıkıştırma yöntemi.	30
Şekil 5.5. Püskürtme iletme yöntemi.	32
Şekil 6.1. UHP üretim yöntemi.....	34
Şekil 6.2. Kauçuk karışım sıcaklığının davranışı.....	36
Şekil 7.1. 150 °C, 11 dakika pişme eğrisi.	53
Şekil 7.2. 160 °C, 11 dakika pişme eğrisi.	53
Şekil 7.3. 170 °C, 11 dakika pişme eğrisi.	53
Şekil 7.4. 180 °C, 11 dakika pişme eğrisi.	54
Şekil 7.5. Kopma-kopma anı uzama testi grafiği.....	56
Şekil 7.6. Pişme ve kalıcı deformasyon testi grafiği.....	57
Şekil 8.1. TP1 parçası esneme testi sonuçları.	65
Şekil 8.2. TP2 parçası esneme testi sonuçları.	66
Şekil 8.3. TP3 parçası esneme testi sonuçları.	67
Şekil 8.4. TP1 parçası dinamik testi sonuçları.	68
Şekil 8.5. TP2 parçası dinamik testi sonuçları.	69
Şekil 8.6. TP3 parçası dinamik testi sonuçları.	70

Şekil	Sayfa
Şekil 8.7. TP1 parçası kalıcı deformasyon testi sonuçları.	71
Şekil 8.8. TP2 parçası kalıcı deformasyon testi sonuçları.	72
Şekil 8.9. TP3 parçası sülfür testi sonuçları.	73

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Giyotin ile kauçuk kesimi	16
Resim 3.2. Kapalı karıştırıcı	16
Resim 3.3. Açık karıştırıcı (Vals)	17
Resim 3.4. Barwell kauçuk şekillendirme makinesi	17
Resim 4.1. Kuşlama makinesi	24
Resim 4.2. Yapıştırıcı uygulama makinesi	24
Resim 6.1. UHP presi.....	35
Resim 6.2. UHP presi.....	35
Resim 7.1. İletme presi.....	41
Resim 7.2. Sıkıştırma presi.	41
Resim 7.3. TP1-TP2 iletme ortak üretim kalıbı.	42
Resim 7.4. TP3 geleneksel yöntem kalıbı.....	42
Resim 7.5. UHP püskürtme presi.....	43
Resim 7.6. TP3'ün UHP presi kalıbı.....	43
Resim 7.7. Zwick test makinesi.	44
Resim 7.8. MTS test makinesi.	45
Resim 7.9. Pişme test düzeneği.....	46
Resim 7.10. Kalıcı deformasyon test aparatı	47
Resim 7.11. Numune kesme cihazı	48
Resim 7.12. Hamurdan alınan numuneler.....	48
Resim 7.13. Rheometre test cihazı.....	48
Resim 7.14. Rheometre testinin yapılışı	49

Resim	Sayfa
Resim 7.15. Laboratuvar presi	50
Resim 7.16. Kopma testi plakası ve numunesi	50
Resim 7.17. Tensometre test cihazı	50
Resim 7.18. Shoremetre test cihazı	51
Resim 7.19. Rheometre cihazında testin yapılması	52
Resim 7.20. Kopma-kopma anı uzama testi.....	55
Resim 7.21. Kopma-kopma anı uzama testi numunesi	55
Resim 8.1. TP1 ve TP2 parçası esneme testi.	62
Resim 8.2. TP1 ve TP2 parçası dinamik testi.	63
Resim 8.3. TP3 parçası esneme testi.....	63
Resim 8.4. TP3 parçası dinamik testi.....	63
Resim 8.5. TP1 ve TP2 parçası yapışma testi.	64
Resim 8.6. TP3 parçası yapışma testi.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
A	Akseleratör (Hızlandırıcı)
ACM	Acrylic rubber (Akrilik kauçuk)
AU	Polyurethan rubber (Poliüretan kauçuk)
BR	Bütadien rubber (Bütadiyen kauçuk)
CR	Cloropren rubber (Kloropren kauçuk)
CSM	Clorosulfone polyetilen rubber (Polietilen)
ECO	Epiclorohidrin rubber (Epiklorohidrin kauçuk)
EPDM	Etilen propilen dien monomer
FKM	Floroelastomer
IIR	Butil rubber (Butil kauçuk)
IR	Isopren rubber (İzopren kauçuk)
MYH	Metal yüzey hazırlama
NBR	Akrilonitril butadien rubber (Nitril kauçuk)
NR	Natural rubber (Doğal kauçuk)
Q	Silicon rubber (Silikon kauçuk)
S	Sülfür (Kükürt)
Sh A	Shore A (Kauçuk sertlik birimi)
SBR	Stiren butadien rubber (Stiren bütadiyen kauçuk)
T	Polysulphid rubber (Polisülfid kauçuk)
TP	Test parçası
UHP	Ultra hızlı pişirme

1. GİRİŞ

Günümüzde kauçuk ve kauçuklu ürünler, hayatımızın önemli birer parçası olmuş ve insanoğlunun vazgeçilmezleri arasına girmiştir. Özellikle otomotiv sektörünün vazgeçilmezleri arasındadır. Kauçuk ve kauçuklu ürünler, keşfedildiği andan itibaren, özellikle kullanım alanlarının çeşitliliğinin daha da iyi anlaşılması ve gelişen teknolojinin de katkısıyla çok hızlı bir değişim geçirmiş ve hem konforumuzu, hem de emniyetimizi garanti eder hale gelmiştir.

Kauçuk ürünlerden ilk akla gelen araç lastikleridir. Çağımızın vazgeçilmezi olan taşıtların olmazsa olmazı olan lastik tekerler, kauçuğun en çok kullanıldığı alanlardır. Kauçuğun yoğun biçimde kullanıldığı diğer ürünlerden bazıları ise konveyör bant, kayış, hortum, conta, ayakkabı tabanı ve körüktür. Ayrıca, tıbbi ve endüstriyel eldivenler ile çeşitli yapıştırıcı türleri de kauçuktan üretilmektedir.

Kauçuklu ürünler, otomotiv sanayinde çok fazla kullanılması nedeniyle, ülkemizde de özellikle otomotiv sektöründe faaliyet gösteren pek çok firma tarafından üretilmektedir. Bu firmalar ise daha çok büyük şehirlerde ve araba fabrikalarına yakın yerlerde yan sanayi olarak hizmet vermektedir.

Günümüzde kauçuklu ürünlerin üretildiği pek çok yöntem vardır. Geleneksel olarak adlandırılan bu yöntemlerden en çok kullanılanları sıkıştırma, iletme ve püskürtme üretim yöntemleridir. Geleneksel üretim yöntemleri kullanılarak elde edilen ürünler, boyutlarına bağlı olarak 3 dakika ile 40 dakika arasında farklı sürelerde pişirilmektedir. Pişirme işlemi, kauçuğu kalıp içerisinde önceden belirlenmiş sıcaklık ve sürede, basınç altında bekleterek bağ yapmasını sağlama işlemidir. Bu süre, kauçuğun türüne ve iç yapısına katılan kimyasallara bağlı olarak değişmekte, tüm bu karışımlar da üründen beklenen fonksiyonel özelliklere göre seçilmektedir. Genelde çok gözlü kalıplarda üretim yapılıyor olsa da, pişme sürelerinin uzun olması, maliyetlerin yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Pişirme süresinden tasarruf sağlayarak maliyetleri daha aşağı çekmek için bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, Ultra Hızlı Pişirme (UHP) denilen yeni bir teknik geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, hem UHP yöntemi, hem de geleneksel yöntemler kullanılmıştır. UHP yöntemi ile daha kısa sürede parçalar üretilmiş ve geleneksel yöntemlere olan üstünlüğü izah edilmiştir. Yapılan çalışmada, farklı kauçuk metal birleşimli titreşim takozları üretilmiştir. Titreşim takozları, araçlarda, yoldan gelen titreşimleri emerek aracın sarsıntılarını en aza indiren, sesi önleyen, konforu artıran ve kullanım yerine göre de araç emniyetini artıran ürünlerdir. Üretilen örnek parçalara, test parçası olduğunu göstermek adına TP harfleriyle kodlanarak sıra numaraları verilmiş ve bu parçalar TP1, TP2, TP3 olarak isimlendirilmiştir. Üretim sonrasında, parçaların esneme, yapışma ve pişirme testleri yapılmıştır. Böylece testlerin sonucunda, parçaların kullanılabilirliği de teyit edilmiştir.

Bu çalışma dokuz bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünün ardından ikinci bölümde, literatür araştırması yapılarak daha önce kauçuk ve kauçuk üretim yöntemleri üzerine yapılmış çalışmalar hakkında bilgiler sunulmuştur.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, her iki üretim yöntemini daha iyi anlayabilmek ve karşılaştırabilmek adına kauçuk teknolojisi üzerine temel bilgiler verilmiştir. Kauçuğun keşfinden bugüne kadar gelişen teknolojinin de etkisiyle zaman içerisinde uğradığı değişim ve gelişim kısaca ortaya konulmuştur. Ayrıca günümüzde kullanılmakta olan belli başlı kauçuk çeşitleri, bu ürünlerin temel özellikleri ve kullanım alanları anlatılarak önemi ortaya konulmuştur. Buna ilave olarak, kauçuklu parçanın üretilmesi yani pişirme işleminin gerçekleştirilmesi için ihtiyaç duyulan kauçuk hamurunun (karışımının) hazırlanması hakkında temel bilgiler verilerek konunun daha iyi anlaşılmasının sağlanması hedeflenmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, pişirmenin tanımı ve anlatımı yapılmış, pişirici sistemler hakkında bilgiler verilmiştir. Kauçuk hamuru hazırlandıktan sonra, pişirme işlemine tabi tutulmadan önce ve pişirme sonrasında yapılmakta olan kontroller ve

testler anlatılmıştır. Ayrıca, kauçuğun metale pişirmeyle tutunabilmesi için metal parçanın yüzeyine uygulanmakta olan ön hazırlık işlemi yani Metal Yüzey Hazırlama (MYH) işlemi hakkında açıklamalar yapılmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde, geleneksel pişirme üretim yöntemleri anlatılmış, bu yöntemlerin olumlu ve olumsuz yönleri izah edilmiştir.

Çalışmanın altıncı bölümünde, UHP üretim yöntemi anlatılmış, yine aynı şekilde bu yöntemin de olumlu ve olumsuz yönleri izah edilmiştir.

Çalışmanın yedinci bölümünde, TP1, TP2 ve TP3 örnek uygulama parçalarının, hem UHP hem de geleneksel yöntemle üretim şartları anlatılmıştır. Kullanılan presler, kalıplar, deney parametreleri, değerlendirme parametreleri materyal ve metot başlığı altında değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sekizinci bölümünde, hem geleneksel hem de UHP yöntemi ile TP1, TP2 ve TP3 parçalarının üretimi, sonrasında yapılan testler anlatılıp sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın dokuzuncu ve son bölümünde, sonuç ve öneriler kısmı yer almaktadır. Sonuç ve öneriler bölümünde, genel bir özet yapılmış ve bundan sonra yapılacak çalışmaların önemi vurgulanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kauçuk, çapraz bağlanabilen bir polimerdir. Çapraz bağlanan kauçuk, esneklik kazanır ve dayanıklı bir hal alır. Bu özelliği de, kauçuğu, hayatın pek çok alanında aranan bir ürün haline getirir. Sesi ve titreşimleri önlemesi, ömrünün uzun olması, elastikiyeti başlıca özelliklerindedir. Yapay kauçuk türlerinin de geliştirilmesiyle çok sayıda kauçuk türü ortaya çıkmıştır.

Kauçuk sektörü çok geniş bir alana hitap ettiğinden keşfinden günümüze kadar dünya genelinde pek çok araştırmalara konu olmuştur ve hala da üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Datta ve arkadaşları da, farklı kimyasallar kullanarak kauçuğun geri dönüşüm dayanımını iyileştirmek adına çalışmalar yapmışlardır. Mevcut teknolojiyle karşılaştırma yaparak sülfür esaslı termal yaşlandırma dayanımını geliştirmeyi sağlamak adına farklı kimyasallarıyla denemeler yapmışlar ve bunları pişirici sistemleriyle karşılaştırmışlardır [1].

Levin ve arkadaşları, yüksek güçlü ultrasonik ışınlamayla bozunmuş Stiren Butadien kauçuğundaki sülfürü, ilk halindeki aynı şartları kullanarak tekrar pişirmişlerdir. Böylece bozunmuş ve yeniden pişirilmiş Stiren Butadien kauçuğunun çapraz bağ yoğunluğunu araştırmışlardır [2].

Olkhov ve Kurkowski, katı polimerin termomekanik analizini esas alan, sülfürün farklı tiplerinin moleküler yapısı üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada kristallik derecelerini incelemişler ve yapılarındaki mineral ve polimerik sülfürlerin fonksiyonel farkını bulmuşlardır [3].

Datta ve arkadaşlarının yaptığı çalışma, geleneksel pişirici sistem kullanılarak pişmiş bir doğal kauçuk (NR) karışımında görülen geri dönüşüm olgusu üzerinedir. Çünkü geri dönüşüm, sıkıştırma ve ısı üretim gibi pişirici özelliklerinin bozulmasında etkilidir. Üzerinde çalıştıkları BCI-MX kimyasalının aksiyon ve uygulama mekanizmalarını da dikkate alarak etkilerini tartışmışlardır. Çünkü bu kimyasal, esneklik/yorulma özellikleriyle alakalı olarak geri dönüşüm dayanımını iyileştirmeyi

amaçlayan ve geleneksel pişirici sistemini kullanan kauçuk karışımı üreticilerine yardımcı olacaktır [4].

Chun ve Gent çalışmalarında, polisülfid bir elastomerin bir plaka boyunca yırtılmasındaki kırılma enerjilerini ve sülfürle bağlı iki plakadaki soyulmaları belirlemiştir. Ölçümlerini, test sıcaklığının ve çatlak yayılmasının oranını belirlemek için geniş toleranslarda yapmışlardır. Bir eksen boyunca çeşitli sıcaklıklarda yırtılma ve soyulma eğrilerini çıkartmışlardır [5].

Barbe ve arkadaşları çalışmalarında, spektrofotometre ve gaz kromatografisi kullanarak pişiricilerin serbest sülfür içeriğini belirlemeye çalışmışlar, triphenylphosphine ile triphenylphosphine monosulphide oluşturmak için sülfür kullanmışlar ve tespitlerini geliştirmişlerdir[6].

Datta ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, çapraz bağ boyunca kauçuk karışımının geri dönüşüm dayanımını artırmak için farklı kimyasallar kullanmış, bu kimyasalların pişiricilerin dinamik ve mekanik özellikleriyle, doğal kauçuğun pişme karakteristiğine etkilerini test etmişlerdir [7].

Travas-Sejdic ve arkadaşları çalışmalarında, farklı kimyasallardan ve bunların bileşenlerinden oluşan çeşitli hızlandırıcıları ortak bir alt bileşen olarak kullanmışlardır. Bu hızlandırıcılardan elde edilen pişiricilerin ağ yapılarını, toplam çapraz bağ yoğunluğuna ve çapraz bağ tipinin dağılımına göre karakterize etmişler, fiziksel ve mekanik özellikleriyle ilişkilendirmişlerdir [8].

Graf ve Johansson yaptıkları çalışmada, thiophosphate pişirici sistemlerinin yardımıyla doğal kauçuğun geri dönüşüm dayanımı (ürünün kuvvetin etkisinden kurtulduktan sonra eski halini alması) üzerinde durmuşlardır. Standart, sülfürü yarı olan ve sülfürü az olan pişirici sistemleri, sülfür, çinko dithiophosphate ve dithiophosphate tetrasulphide hızlandırıcı sistemleri kullanmışlardır. Yedi gün boyunca 90 °C'de ısıda yaşlandırıp, serbest sülfürsüz, sülfürü az olan pişirici sistemiyle pişirip fiziksel özelliklerini incelemiştir [9].

Costin ve Nagel çalışmalarında, kauçuğun metale yapışmasını sağlayan kimyasallar üzerinde durmuşlardır. Pişirme esnasında kauçukta çapraz bağ oluşumunu ve kauçuk-metal ara yüzeyinde yapıştırıcıları geliştirerek harici yapışmaya olan ihtiyacı elimine etmişlerdir. Yüksek gerilme ve yırtılma dayanımı ile peroksit ve sülfürlü pişiricilerin en iyi özelliklerini sağlamak adına metalik koajan-peroksitleri araştırmışlar ve Saret metalik koajan sistemlerini göstermişlerdir [10].

Shilov ve arkadaşları ise, sıcak suda hızlı pişirme için quinol ether'li yeni bir pişirme kimyasalı ile BK-1675 bütül kauçuğu esas alan yeni bir kauçuk formülasyonunu bulmuşlardır [11].

Datta ve arkadaşlarının diğer bir çalışmalarında, kauçuk sanayisine iki yeni kimyasal kazandırmışlardır. Bu kimyasallarla parçaların performans özelliklerinden ödün vermeksizin geri dönüşüm dayanımını geliştirici yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Bu malzemelerin yararlarını, düşük sülfür ve yüksek hızlandırıcı seviyelerini kullanan geleneksel yaklaşımlarla da karşılaştırıp desteklemişlerdir [12].

Kosar çalışmasında, sulphamide bazlı hızlandırıcı yerine sulphenimide hızlandırıcısını incelemiş ve bunun sağlığa olan olumsuz etkilerini farklı hızlandırıcılarla da karşılaştırıp ortaya koymuştur [13].

McElwee ve arkadaşları çalışmalarında, sülfür ve peroksit pişirici sistemlerini poliisopren formülasyonlarını kullanarak karşılaştırmışlardır. Çalışmalarının sonunda peroksitli katı fonksiyonel koajanlarını geliştirerek pişirici karakteristiklerini, gerilme özelliklerini, sertliklerini testlerle doğrulamışlardır [14].

Oliveira ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında, NBR/EPDM kauçuklarının mekanik özelliklerini pişirme parametrelerinin seçimiyle olan etkisini incelemişler ve hızlandırıcı tipinin etkili olduğunu bulmuşlardır. EPDM'de sülfür seviyesini artırarak çapraz bağı artırmışlar ve yüksek termal kararlılığı tespit etmişlerdir [15].

Duchacek ve arkadaşları çalışmalarında, dithiobismorpholine kimyasalının pişme eğrisine olan etkisini incelemişler ve bu kimyasalın ürün olarak değil en az iki farklı kimyasalla tepkimesi sonucu pişme düzleminde etkili olduğunu bulmuşlardır [16].

Akiba ve arkadaşları çalışmalarında, sulphyrimines kimyasalının sülfürde pişmeye başlama inhibitörü olarak farklı kimyasallarla kullanılmasıyla doğal kauçuk ve EPDM'de peroksitli pişmeye olan olumlu etkisini bulmuşlardır [17].

UHP yöntemi ise kauçuk sektöründe yeni geliştirilmiş bir yöntemdir. Henüz gelişme aşamasındadır.

Yukarıda bahsedilmiş çalışmalarda, çoğunlukla kauçuk karışımına yapılan müdahaleler göze çarpmaktadır. Bu müdahaleler, daha çok karışımda bulunan kimyasalların oranlarının değiştirilmesi yada farklı kimyasal ilaveleri şeklindedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada ise, kimyasal denemelerinden ziyade, farklı bir üretim yöntemi süreciyle kauçuğun davranışı gözlenmiştir. Yukarıda bahsedilen çalışmaların aksine, kimyasal denemelerinden çok, kimyasalı yani hamuru aynı tutarak geleneksel üretim yöntemlerinden farklı bir yol izlenmiştir. Kauçuk hamurunun içindeki bağ yapma durumu göz önünde tutularak, kritik sıcaklık tespit edilmiş ve o sıcaklığa kadar kauçuk hamuru püskürtme öncesinde eriyik hale getirilmiştir. Tam bu noktada da, kalıp içine aktarılmasıyla pişirme süresinin en aza indirilmesi sağlanmıştır. Bu yöntem çok yeni olduğundan, henüz yaygın bir kullanım alanına sahip değildir.

3. KAÜÇUK TEKNOLOJİSİ

3.1 Kauçuğun Tanımı ve Tarihçesi

Kauçuk, çapraz bağlanmamış ama çapraz bağlanabilme özelliğine sahip yani pişirilebilen polimerdir [18]. İlk adını, amazon yerlilerinin *caa-o-chu* dedikleri *ağlayan ağaç* anlamına gelen ağaçtan almaktadır. Bugün tüm dünyada, *Hevea Brasiliensis* ağacından, süte benzer, *lateks* adı verilen bir sıvı şeklinde temin edilmektedir [18].

Kauçuk teknolojisinin gelişim başlangıcı, 1800'lü yıllara kadar dayanmakta olup, ilk doğal kauçuğa farklı kimyasallar ilave edilmesi 1839'da ABD'de Charles GOODYEAR ve aynı yıllarda İngiltere'de HANCOOK tarafından keşfedilmiştir. İkinci dünya savaşı yıllarından itibaren, çeşitli ortamlara dirençli yapay kauçuk üretilmiş ve geliştirilmiştir. Kauçuğun kullanım alanlarının ilerlemesi, kauçuk sanayi ürünlerinin çeşit olarak artması ve buna paralel, kauçuk karışımlarına katılan girdilerin, giderek şaşırtacak derecede çeşitlenmesi ve farklılaşması sonucunda, hem karışım hazırlama, hem imalat hem de test şartları ve ekipmanları açısından oldukça karmaşık problemler ortaya çıkmaktadır. Kauçuğun tarihindeki önemli kilometre taşları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır [18].

- 1751 İlk kez teknik anlamda kullanılmıştır.
- 1839 Charles Goodyear vulkanizasyonu keşfetmiştir.
- 1888 John Boyn Dunlop tarafından ilk havalı bisiklet lastiği üretilmiştir.
- 1909 Almanya'da Bayer laboratuvarlarında F. Holman tarafından ilk sentetik kauçuk üretilmiş ve dünyada ilk patenti almıştır.
- 1912 Almanya'da % 100 sentetik kauçuktan ilk otomobil lastiği üretilmiştir.
- 1916 İlk sentetik kauçuk tesisi 150 ton/ay kapasite ile üretime başlamıştır.
- 1929 Hermann Staudinger Bütadien'den SBR ve NBR kauçuklarını elde etmiş ve üretimine başlanmıştır.
- 1937 Amerikalı kimyagerler Sparks ve Thomas tarafından Butil kauçuğu elde edilmiştir.

3.2 Kauçuk Çeşitleri, Özellikleri ve Kullanım Yerleri

3.2.1. Doğal kauçuk (NR)

Molekül ağırlığı 200 000 ile 400 000 arasındadır ve her polimer zincirinde 3 000 ile 5 000 arasında isopren birimi mevcuttur. Ampirik formülü C_5H_8 'dir. Çalışma sıcaklığı 70 ila 100 °C dir. Mekanik özellikleri iyi olan kauçuklardan biridir. Hidrokarbonlara dayanıksızdır. NR'nin yaklaşık 2/3'si otomobil lastiği üretiminde, kalan kısmı da mekanik parçalar, ayakkabı tabanı, hortum, konveyör bant, yer döşemesi, sünger ve yapıştırıcı imalatında kullanılmaktadır [19].

3.2.2. Stiren bütadien kauçuk (SBR)

Dünyada en çok kullanılan yapay kauçuk türüdür. % 75 Butadien, % 25 Stiren'den oluşan polimerleri gelişigüzel karışımdan oluşmaktadır. Genellikle üretimi emülsiyon polimerizasyonu ile sağlanmaktadır. Molekül ağırlığı 250 000 ile 800 000 arasındadır. Aşınma, yaşlanma ve ısıya dayanımları doğal kauçuktan üstündür. En çok otomobil lastiği üretiminde kullanılırlar. Türleri ve kullanım alanları Çizelge 3.1'de verilmiştir [19].

Çizelge 3.1. SBR kauçuk türleri ve kullanım alanları

1500 serisi	Sırt kauçuğu ve her türlü teknik malzeme
1502 serisi	Açık renkli teknik malzemeler
1507 serisi	Ekstrüzyon ve kalenderleme için iyi akış özellikleri istenen karışımlar
1509 serisi	Kablo ve elektrik malzemeleri
1573 serisi	Fren ve debriyaj balataları, şeffaf bantlar ve yapıştırıcılar
1707 serisi	Açık renkli ve şeffaf malzemelerin kalıplı ve ekstrüzyonlu imali
1712 serisi	Sırt kauçuğu, konveyör bant ve koyu teknik parçalar

3.2.3. Bütadien kauçuk (BR)

Bütadienin polimerizasyonu ile üretilirler. Molekül ağırlığı 250 000 ile 300 000 arasındadır. Kopma mukavemet değeri düşük olduğundan NR ve SBR ile birlikte kullanılırlar. Aşınma ve çatlama mukavemet değeri iyi olduğundan otomobil dış lastik imalatında kullanılırlar. Düşük ısılarda iyi elastik özellik verirler. İşleme zorluğu, düşük ısı elastikiyeti ve düşük ısı oluşumu sebeplerinden dolayı NR ve SBR ile kullanılmaları avantajlıdır. % 90'ı tekerlek lastiği olmakla beraber teknik malzeme olarak konveyör bant, hortum, ayakkabı tabanı, golf topları ve yer döşemesi imalatında kullanılırlar [19].

3.2.4. Isopren kauçuk (IR)

Genellikle lityum ve Zeigler-Natta katalizörleri kullanılarak üretilmektedirler. Mastikasyon yapılmadan önceki molekül ağırlığı 500 000'den fazladır. Doğal kauçukla kıyaslandığında; renginin iyi, kalitesinin daha az değişken ve kokusuz, kolay parçalanabilme ve karıştırılabilme, kolay ekstrüzyon, kalıplama ve kalenderleme, düşük histerisis vermesi üstün özellikleri, yapışma özelliğinin zayıf oluşu ve karbon siyahının takviyesinde daha düşük fiziksel değerler vermesi zayıf yanlarıdır. % 60'ı otomobil lastiğinde olmakla beraber, konveyör kayışı, conta, ayakkabı tabanı, yer döşemesi, kauçuk ip, biberon emziği ve çeşitli tıbbi malzemelerin imalatında kullanılır [19].

3.2.5. Butil kauçuk (IIR)

Isobütülenin % 0,5 - % 3 arasında isopren ile kopolimerizasyonu sonucu doymamış bir yapı olarak elde edilmiştir. Doymamışlık oranı 1,5-2,0 mol yüzdesinde olanlar en çok kullanılanlarıdır. Daha hızlı pişme sağlarlar. Molekül ağırlığı, 300 000 ile 500 000 arasındadır. Düşük gaz geçirgenliğine sahiptir. Ozon, hava ve neme karşı mükemmel dayanıklılık gösterir. Şok emme kabiliyeti yüksektir. Isı mukavemeti yüksektir. Aşınma, yırtılma ve yorulmaya dayanıklıdır. Asit, baz, hayvansal ve bitkisel yağlara ve bazı esterlere dayanıklıdır. Doymamışlık oranı 0.6-1.2 mol

arasında olanlar; sulama hortumu, tank kaplama, orta yüksek voltaj kablo imalatında kullanılırlar. Doymamışlık oranı 1,5-2,0 mol arasında olanlar; iç lastik, pişirme tulumları, yapışkan üretimi, düşük voltaj izolasyonu, şok emiciler ve sportif eşya imalatında kullanılırlar. Doymamışlık oranı 2,0 mol üzerinde olanlar ise; sünger, konveyör kayışı, ayakkabı altı ve mekanik parça imalatında kullanılırlar [19].

3.2.6. EPM, EPDM kauçuk

EPM, etilen ile propilenin kopolimerizasyonu ile üretilmektedir. Doymuş yapıdadır. Terpolimer EPDM, etilen, propilen ve dien monomerlerinin reaksiyona girmesi ile elde edilir. Isı, ışık ve oksidasyona karşı mükemmel dayanıklılık gösterirler. Yüksek dolgu ve yağ alabilme özelliği düşük maliyetli karışımlar oluşturur. Sulu ve konsantre asit ve alkalilere dayanıklıdır. Düşük yoğunluğu sebebiyle hafif malzemeler üretmek mümkündür. Kapı ve cam fitili, sünger fitil, radyatör ve ısıtma hortumları, beyaz eşya körük ve contaları, konveyör kayışları, tank kaplamaları ve silindir kaplamaları kullanım alanlarıdır [19].

3.2.7. Akrilonitril-bütadien kauçuk (NBR)

Akrilonitril ve bütadienin emülsiyon polimerizasyonu ile üretilir. Akrilonitril oranı % 18- % 50 arasındadır. Akrilonitrilin kopolimer içindeki görevi polar nitril grubu sağlayarak hidrokarbonlarda çözünürlüğü azaltmaktır. Pişirilmiş NBR, yaşlanma, yorulma ve aşınmaya mukavemet gösterir [19].

Akrilonitril oranı % 18'den % 50'ye doğru arttıkça; yağa ve yakıtlara dayanımı, yoğunluğu, sertliği, pişme hızı, işlenebilirliği ve mekanik özellikleri artar. Düşük sıcaklıklara dayanımı ve gaz geçirgenliği, kalıcı deformasyon değerleri ve elastikiyeti azalır.

Yağ ve yakıt dayanıklılığı sebebiyle; conta (O-ring, sızdırmazlık contaları, kaplinler, membranlar), hortum (benzin, yağ, pnomatik ve hidrolik hortumlar), bağlantı

elemanları, konveyör kayışı, vals kaplamaları, işçi elbise ve botları, lastik klişe ve mühürler ile aşınmaya dayanıklı parçaların imalatında kullanılırlar [19].

3.2.8. Kloropren kauçuk (CR)

Polaritelerinden dolayı bir çok yağa dayanıklı ve yanmaya karşı direnç gösterirler. Hava, ozon, su, kimyasallar, yanma ve orta derecede yağlara dayanıklıdırlar. Düşük gaz geçirgenliği özelliğini gösterirler. Tekstil ve metallere yapışması kuvvetlidir. Kullanım alanları ise; hortum imalatı (yüksek basınçlı hidrolik ve fren hortumları), conta, motor takozları, tamponlar, silecek lastikleri ve elektrik kablo izolasyonu, silindir kaplamaları, kimyasal madde içeren tank kaplamaları ile V kayışı imalatıdır [19].

3.2.9. Polysülfid kauçuk (T)

“1,2 Diklor etan”ın sodyum tetra sülfidle reaksiyonu ile üretilirler. Alifatik, aromatik hidrokarbonlara, oksijen sıvılara, hava, ozon ve ısıya dayanıklıdır. Gaz geçirgenliği düşüktür. Mekanik özellikleri, ısı özellikleri ve kalıcı deformasyon değerleri düşüktür. Fiyatı pahalı ve koku veren özelliktedir. Yapıştırıcı, macun, benzin ve yakıt hortumları, conta ve diyafram malzemelerin imalatı ile silindir kaplamalarında kullanılırlar [19].

3.2.10. Akrilik kauçuk (ACM)

Akril asidi esterlerinin komonomerlerle kopolimerizasyonu sonucu, yüksek polarite ve doymuşlukta oluşan amorf polimerlerdir. Akril asidi olarak etil ve butil akrilat, komonomer olarak 2-klor vinil eter veya vinil klor asetat bileşikleri kullanılabilir. Isı, oksijen, ozon, yağ ve yakıtlara dayanıklıdırlar. Gaz geçirgenlikleri düşüktür. Elastikiyet özellikleri iyidir. Mekanik özellikleri, su, asit ve alkalilere dayanımı zayıftır. Düşük ısı özellikleri iyi değildir. Kullanım alanları ise; yüksek ısıya dayanıklı conta ve keçeler, yağ ve yakıt hortumları ile silindir kaplamalarıdır [19].

3.2.11. Epiklorohidrin kauçuk (CO, ECO)

Polietilen eterin klorometil ile reaksiyonu sonucu oluşan amorf yapıdaki CO olarak adlandırılan polimerdir. CO yüksek miktarda klorometil grupları içerdiğinden daha yüksek vulkanizasyon hızı sağlanabilmekte ve daha yüksek polarlık elde edilebilmektedir. Şişmeye karşı daha dayanıklıdır. Yanmaya karşı dirençli ve gaz geçirgenliği de düşüktür [19].

ECO daha az sayıda klorometil grubu içerdiğinden şişme ve ısı dayanımı CO'dan daha düşüktür. NBR ile kıyaslandığında şişme dayanımı ile düşük ve yüksek sıcaklık performansları daha iyidir. Keçe, diyafram, yakıt, sıcak su ve hava hortumları imalatı ile vals kaplamalarında kullanılır [19].

3.2.12. Poliüretan kauçuk (AU)

Bir isosiyanat ile bir alkolün etkileşimi sonucu oluşur. Bu şekilde bi veya poli fonksiyonel isosiyanatlar, hidroksil uçlu dev polimerlerle reaksiyona sokularak poliüretanlar elde edilir. Yüksek aşınma, yırtılma ve kopma direncine sahiptirler. Yağ ve çözücülere karşı mükemmel dayanıklılık gösterirler. Sıvı dökülebilen, kauçuk gibi işlenebilen, kükürt yada peroksitle çapraz bağlanabilen ve termoplastik tipleri bulunmaktadır. Ayakkabı tabanı, forklift tekerlekleri, kayışlar, kaplamalar ile madencilik, inşaat, otomotiv ve makine sanayinde aşınmaya dayanıklı parçaların imalatında kullanılırlar [19].

3.2.13. Silikon kauçuk (Q)

Silikon kauçuk (Q), diğer kauçukların aksine silisyum ve oksijenden oluşur. Buna bağlı olan organik gruplar aşağıda belirtilmiştir.

- A. Metil Siloksanlar
- B. Metil Vinil Siloksanlar
- C. Fenil Metil Silikonlar

60 ile 200 °C de devamlı çalışabilirler. Ultraviyole (UV), ozon ve dış etkenlere karşı mükemmel dayanıklıdırlar. Zor yanıcıdırlar. Kolay boyanabilirler. Fizyolojik bakımdan zararsızdırlar. İyi elastik özellik gösterirler. Kablo, kablo uçları, izolatörler, tuş takımları, buji kabloları, buji başlıkları, distribütör kapak contaları, radyatör hortumu, fırın contaları, yağ keçeleri, bebek emzikleri ve gaz maskeleri genel kullanım alanlarıdır [19].

3.2.14. Klorosülfone polietilen (CSM)

Klor ve kükürt dioksit ortamında 70-75 °C sıcaklıkta polietilenin klorlanması ile elde edilir. Ticari olarak % 25-43 arası klor, % 0,8-1,5 arası kükürt içerir. % 25 klor içerenler ısıya, % 35 klor içerenler ise alev dayanıklı ürünlerde kullanılır. Oksijen, hava ve neme mükemmel dayanıklılık gösterirler. Kimyasallara ve yanmaya dirençlidirler. İyi aşınma değerleri ve elektrik özellikleri verirler. Konveyör kayışlarında, kimyasal madde içeren tank kaplamalarında, kablo, sanayi hortumu ve otomotiv parçaları imalatında kullanılırlar [19].

3.2.15. Floroelastomer (FKM)

Vinil florür ve kloroflor etilenden % 60 florin içeren amorf yapıda polimer şeklinde elde edilirler. Daha sonra kopolimer, terpolimer ve tetrapolimerler geliştirilip florin oranı % 65-70'lere çıkmıştır. Çok iyi ısı, yağ ve yakıt dayanımı sağlarlar. 200-300°C de çalışabilirler. Aromatik hidrokarbonlara, yağlara, kimyevi maddelere ve çözücülere dayanıklıdırlar. Ozon, oksijen ve yanmaya dayanıklıdırlar. Düşük gaz geçirgenlikleri vardır. Bunun yanı sıra düşük ısı özellikleri zayıftır, işlenmesi zor ve pahalıdır. Sızdırmazlık contaları, yakıt tank koruyucu elemanları, yakıt hortumları, karbüratör parçaları, diyafram, koruyucu eldiven ve elbiseler, silindir kaplamaları genel kullanım alanlarıdır [19].

3.3. Pişirme Hamurunun Üretilmesi

Kauçuklar üretilirken kullanım yerine ve istenilen özelliklere göre katkı maddeleri belirli oranlarda ilave edilir. Bu karışım oranları, bitmiş üründen istenen özelliklerin sağlanabilmesi amacıyla uygun kauçuk (polimer) ve hammaddeler ile katkı maddelerinin, kauçuğun ağırlıkça 100 birim olarak kabul edildiği bir esasa göre seçilip birbiriyle karıştırılmasıyla oluşur. Ana başlıklar halinde bakılacak olunursa kauçuk hamurunu oluşturan maddeler aşağıda belirtilmiştir.

- Simetrik olmayan monomer elastomerleri (NR – Natural Rubber)
- Vulkanizasyon Maddeleri
 - Pişirme Maddeleri (Kükürt ve Peroksit)
 - Hızlandırıcılar
 - Aktivatörler
 - Geciktiriciler
- Takviye Maddeleri (Beyaz, siyah)
- İşlem Kolaylaştırıcılar
 - Mastikasyonlar (Karışım kolaylaştırıcı)
 - Yumuşatıcılar (Yağlar, sentetik plastifiyanlar)
- Dolgu Maddeleri ve Çoğaltıcılar
- Koruyucular
 - Antioksidantlar
 - Antiozonantlar
 - Yaşlanmayı Önleyiciler
 - Leke veren / vermeyen koruyucular
- Şişiriciler
- Boyalar
- Takifiyanlar
- Diğer Maddeler

Karışım oranlarına bağılı olarak, kullanılacak olan kauçuk türü, istenilen ağırlıkta hazırlanır. Hazırlanan hammaddelerin kesim işlemi genelde Resim 3.1’de gösterildiğı gibi hidrolik giyotinle yapılmaktadır.



Resim 3.1. Giyotin ile kauçuk kesimi

Karışımaya katılacak diğerkimyasallar karbon siyahı, dolgu maddeleri, yağ ve aktive ediciler yine aynı şekilde bilgisayar kontrollü olarak istenilen oranda hazırlanır. Tüm bu girdiler, Resim 3.2’de gösterildiğı gibi kapalı karıştırıcı ünitesinde istenilen zaman aralığında karıştırılırlar.



Resim 3.2. Kapalı karıştırıcı

Kapalı karıştırıcı ünitesinden Resim 3.3’de gösterilen açık karıştırıcıya (Vals) aktarılan karışıma, kauçuğun bağ yapmasını sağlayan pişiriciler ilave edilerek yine istenilen zaman süresince karıştırılır.



Resim 3.3. Açık karıştırıcı (Vals)

Açık karıştırıcıdan ikinci açık karıştırma ünitesine alınan karışım, yine istenilen bir zaman süresince burada da karıştırılarak soğutma ünitesine aktarılır. Sonrasında ise hamurun kullanım amacına göre dilimlenip paketlenir yada Resim 3.4’de gösterilen Barwell adı verilen kauçuk şekillendirme makinesinde şekillendirme işlemine tabi tutulur. Böylece kauçuk hamuru, pişirme işlemine hazır hale getirilir.

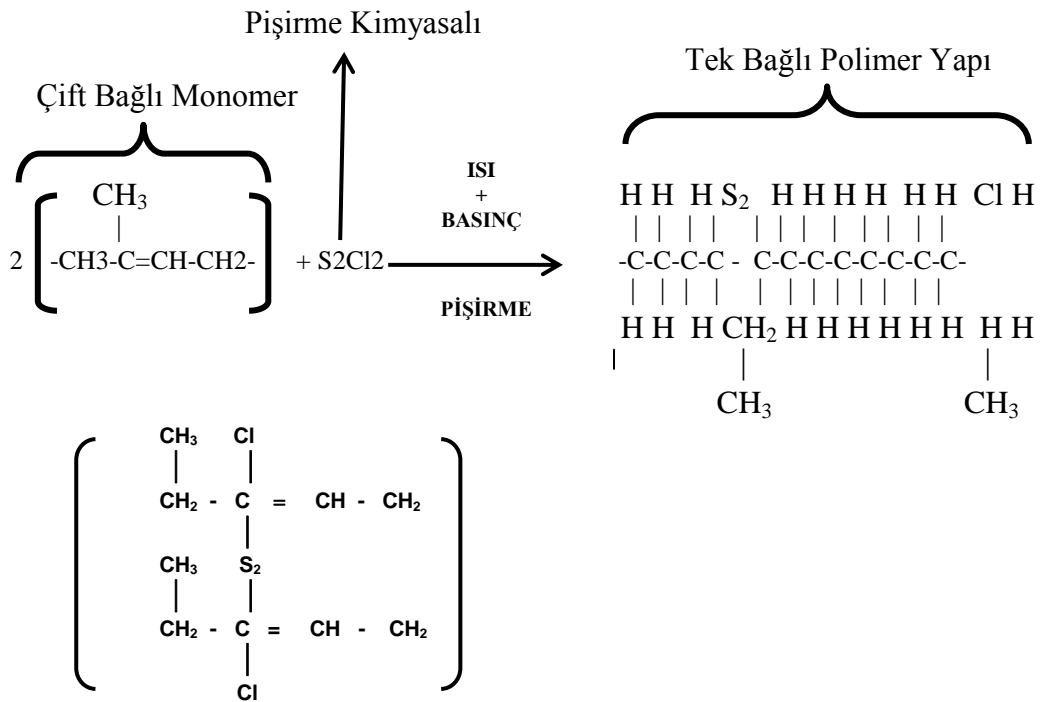


Resim 3.4. Barwell kauçuk şekillendirme makinesi

4. PİŞİRME

4.1. Pişirmenin ve İşleminin Tanımlanması

Pişirme, kauçuğa çapraz bağ oluşturma işlemidir [18]. Kauçuk hammaddesi, çapraz bağlara sahip olmadığı için üzerine kuvvet uygulandığında moleküller birbiri üzerinde kayar ve kolayca yırtılır. Çapraz bağ oluşturulunca esneklik özelliğini korur ama ham haldeki gibi kopmalar olmaz. Şekil 4.1’de pişirme işlemi, yani farklı kimyasalların ilave edildiği polimerin ısı ve basınç altındaki pişme durumu gösterilmiştir [18].



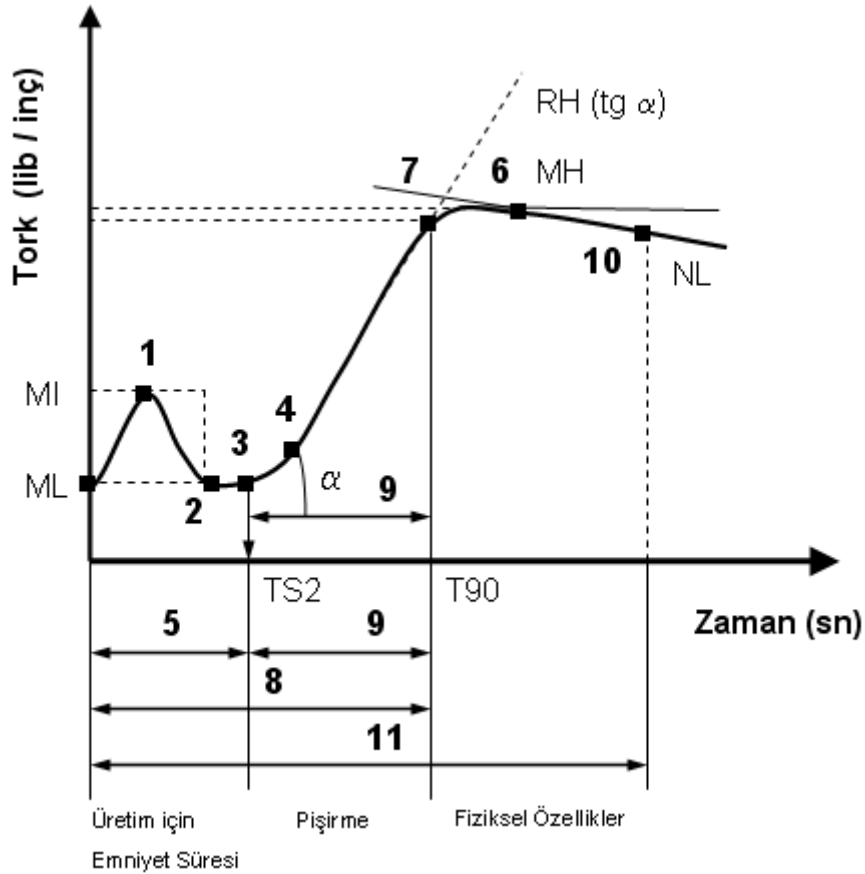
Şekil 4.1. Pişirme işlemi

En basit haliyle pişmiş ham kauçuk, genelde aşağıda belirtilen özellikleri taşımaktadır.

- Yapışkanlığın önlenmesi
- Çekme mukavemetinde artma
- Çözücülerde çözünmede azalış

- Soğukta akma ve plastiklikte azalma
- Elastiklik artışı
- Sıcaklık hassasiyetinde azalma

Piştirme işlemi, kalıp içerisine yerleştirilmiş metal parça üzerine (bazen metalsiz, sadece kauçuk hamuruyla) püskürtme presinin haznesinde eriyik halde bulunan hamur karışımının, kalıbın yollukları aracılığıyla yönlendirilerek (üretim yöntemine göre değişebilir), istenilen sıcaklık ve basınç altında, istenilen süreyle, kalıp içerisinde bekletilerek pişirilmesiyle gerçekleştirilen bir işlemdir. Kalıp içerisinde pişmeye uğrayan hamurun, süreç içerisindeki göstermiş olduğu davranış eğrisi Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Piştirme eğrisi

Piştirme eğrisinden, hamurun 4. noktadan itibaren pişmeye başladığını, 7. noktada ise en iyi piştirme durumuna ulaştığını görebiliriz. Hamur, 10. noktadan sonra ise geri

dönüşüme (bozunma) uğramaya başlamaktadır. Pişme eğrisinde, 8 numaralı kısım, en iyi pişme zamanını göstermektedir.

Pişme eğrisindeki diğer bilgiler aşağıda açıklanmıştır.

1. Başlangıç akışmazitesi
2. En düşük akışmazite
3. Thermoplastisite
4. Pişmeye başlama noktası
5. Pişmeye başlama zamanı
6. Azami pişme
7. En iyi pişme
8. En iyi pişme zamanı
9. Pişme hızı
10. Geri dönüş
11. Geri dönüş zamanı

MI: Başlangıç torku

ML: En düşük tork (pişirmeden önce)

TS2: Pişmeye başlama noktası

T90: Azami torkun %90'ının oluşması için geçen zaman

RH: Pişme hızı

MH: Azami tork (Akışmazite)

Pişme eğrisine bakılarak hamurun, akışmazitesi, sertliği, işlem emniyeti ve pişmesi hakkındaki bilgileri edinilebilir.

4.2. Pişirici Sistemler

Kauçuğun pişirilmesi için üç özel tip pişirici sistem geliştirilmiştir [20]. Bunlar:

1. Kükürt oranı az olan sistemler
2. Kükürt oranı yarım olan sistemler

3. Kükürt zengin sistemler

Kükürtçe oranı az olan sistemler, yüksek ısı ve geri dönüşüm dayanımı gereken, sülfür seviyesinin düşük ve yüksek seviyede hızlandırıcı yada sülfürsüz pişirmenin olduğu sistemlerdir. Geleneksel pişirici sistemlerinde, sülfür hacmi yüksek ve hızlandırıcı seviyesi düşüktür. Kükürtçe oranı zengin olan sistemler, daha iyi esneklik ve dinamik özellikler sağlamasına karşın daha kötü termal ve geri dönüşüm dayanımı sergiler. Orta seviyede ısı, geri dönüşüm, esnek ve dinamik özelliklerle en iyi mekanik özellikleri elde etmek için orta seviyede hızlandırıcı ve sülfür olan sistemler kullanılır. Kükürtçe oranı az, yarım ve zengin olan sistemlerdeki hızlandırıcı ve sülfür seviyeleri Çizelge 4.1’de, yapısal özellikleri ise Çizelge 4.2’de gösterilmiştir [20].

Çizelge 4.1. Pişirici sistemler

Tip	Sülfür (S,phr)	Hızlandırıcı (A, phr)	A/S Oranı
Kükürt Oranı Zengin Sistemler	2,0-3,5	1,2-0,4	0,1-0,6
Kükürt Oranı Yarım Sistemler	1,0-1,7	2,4-1,2	0,7-2,5
Kükürt Oranı Az Sistemler	0,4-0,8	5,0-2,0	2,5-1,2

Pişirici sistemlerin belirlenmesinde, kauçuk karışımına katılan hızlandırıcının (A) sülfüre (S) olan oranı etkilidir. Örneğin A/S oranı 1 olan karışımın pişirici sistemi kükürtçe oranı yarım olan sistemdir.

Çizelge 4.2. Pişirici sistem yapıları ve özellikleri

ÖZELLİKLER	Sistemler		
	Kükürt Oranı Zengin Sistemler	Kükürt Oranı Yarım Sistemler	Kükürt Oranı Az Sistemler
Poli ve disülfidic çapraz bağ (%)	95	50	20
Mono sülfidic çapraz bağ (%)	5	50	80
Cyclic sülfide (kons)	Yüksek	Orta	Düşük
Non-sülfidic (kons)	Yüksek	Orta	Düşük
Geri dönüşüm dayanımı	Düşük	Orta	Yüksek
Isıda yaşlandırma dayanımı	Düşük	Orta	Yüksek
Yorulma dayanımı	Yüksek	Orta	Düşük
Isı oluşumu	Yüksek	Orta	Düşük
Yırtılma dayanımı	Yüksek	Orta	Düşük
Sıkıştırma set (%)	Yüksek	Orta	Düşük

Çizelge 4.2’de, pişirici sistemlere göre karışımın özellikleri gösterilmektedir. Örneğin, kükürtçe oranı yarım olan pişirici sistemin yorulma dayanımı orta değerdeyken, kükürtçe oranı zengin olan sisteminki yüksek, kükürtçe oranı az olan sisteminin ki ise düşüktür.

4.3. Pişirme Öncesi ve Sonrası Yapılan Testler

Kauçuk karışımı, pişirme işlemine tabi tutulmadan önce ve sonra kendisinden beklenen fonksiyonları karşılayıp karşılamadığını doğrulamak için birçok teste sokulur. Özellikle pişirme öncesi testler, doğru ürünün üretilebilirliğini görmek adına çok önemlidir. Örneğin pişme eğrisine bakılarak karışımın akışkanlığı, pişmeye başlama zamanı ve pişme süresi yada çekme mukavemeti testi ile malzemenin dayanımı, sertlik testi ile Shore A (Sh A) biriminden malzemenin ne kadar sert olduğu öğrenilmektedir. Ayrıca, malzemenin uzama durumu, ozon dayanımı yada yaşlanma durumu hakkındaki bilgilerde bu testler neticesinde öğrenilebilmektedir. Genel olarak, kauçuk karışımına aşağıda belirtilen testler yapılmaktadır.

- Pişme Testi
- Sertlik Ölçümü
- Çekme Dayanımı (Kaşık) Testi

- Yaşlandırma Testi
- Sertlik Tayini (SHORE HARDNESS A/D)
- Çekme Mukavemeti (Tensile Strength N/mm²)
- Uzama Tayini %100-%300 (Elongation)
- Yapısal Mukavemet
- Yaşlandırma Testleri (Heat Ageing)
- Ozon Mukavemeti (Ozon Resistance)
- Çarpma Elastikiyeti (Impact Resilience)
- Kalıcı Biçim Değiştirme (Comps-Set)
- Aşınma Testi, mm³ (Abrasion Loss)
- Yırtılma Mukavemet Testi, kN/m (Tear Resistance Grades)
- Yoğunluk, gr/cm³ (Density)

4.4. Metal Yüzey Hazırlama İşlemi

Metal Yüzey Hazırlama (MYH) işlemi, yapıştırıcının parçaların üzerine uygulanmasını içermektedir. Kullanılan yapıştırıcı, metallerin kauçukla birleşimini sağlamaktadır. Yapıştırıcı iki tabakadan oluşmaktadır. Bunlar I. Kat ve II. Kat tabakalarıdır. Her tabakanın kalınlıkları farklıdır. MYH'deki operasyon sırası aşağıda belirtilmiştir.

- a) Perkloretillen banyosu (Buhar banyosu) veya alkali yağ alma
- b) Kumlama
- c) Yapıştırıcı uygulama (I ve II. kat uygulama)

Buhar banyosu, parça yüzeyini yağdan arındırmak için yapılır. 110 derece sıcaklıktaki perkloretillen kimyasalının bulunduğu banyo içine konulan parçalar, istenilen süre bekletilerek yağdan arındırılır. Kumlama işlemi ise parça yüzeyini yapıştırıcıya uygun hale getirmek için yapılır. Resim 4.1'de gösterilen kumlama makinesi içine konulan parçalar istenilen süre boyunca makine içerisinde kum taneciklerinin darbelerine maruz bırakılır ve parça yüzeylerinde girinti çıkıntılar

oluşturulur. Bu oluşturulan girinti çıkıntılar uygulanacak yapıştırıcının parça yüzeyine daha kuvvetli tutunmasını sağlar. (Parçanın kaplama işlemine göre bu iki aşama uygulanmayabilir. Eğer parça yüzeyinde yapıştırıcıya uygun kaplama türü mevcutsa doğrudan yapıştırıcı uygulama işlemine geçilir).



Resim 4.1. Kumlama makinesi

Yapıştırıcı uygulama işlemi ise iki kat şeklinde yapılmaktadır. Önce I. Kat, sonra ise II. Kat uygulanır. Resim 4.2’de yapıştırıcı uygulama makinesi gösterilmiştir.

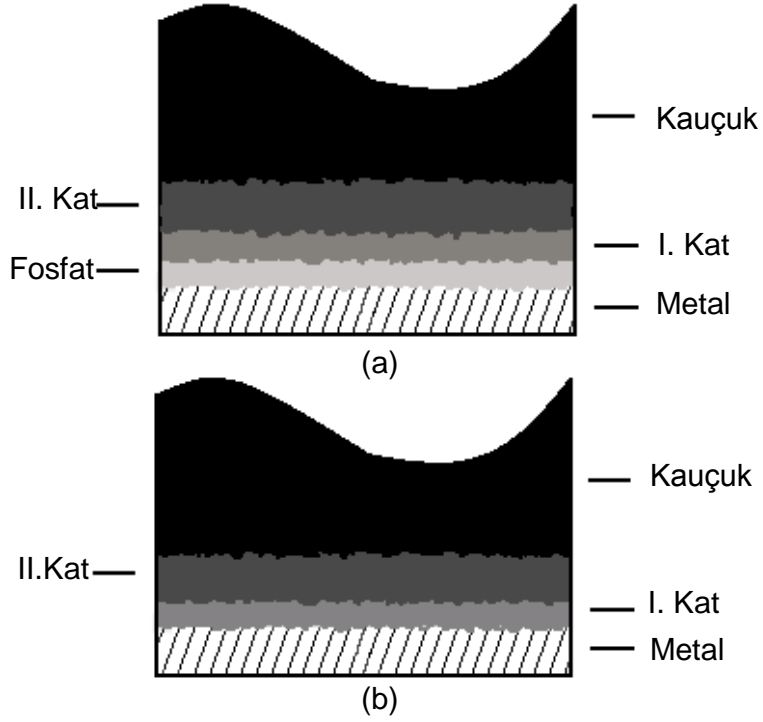


Resim 4.2. Yapıştırıcı uygulama makinesi

Yapıştırıcı uygulama işlemi için makineye konulan parçalara, Sprimag adı verilen ve boya püskürten tabancalarla istenilen boya, parça yüzeylerine püskürtülür. Makine içerisinde 2 adet tabanca bulunmaktadır. Birinci tabanca birinci katmanı boyarken, ikinci tabanca ikinci katmanı boyamaktadır. Boyanan parçalar, makine içerisinde bulunan kurutma fırınlarının önünden geçerken ise boyaların kuruması sağlanır.

Genel olarak kullanılan yapıştırıcı çeşitleri ise, Chemosil 211, Chemosil 411 NL, Megum 3271, Megum 128, Thixon 814.2, Thxon OSN2'dir.

Şekil 4.3'de ise hem kaplamalı hem de kuşlamalı MYH işlemi gösterilmiştir.

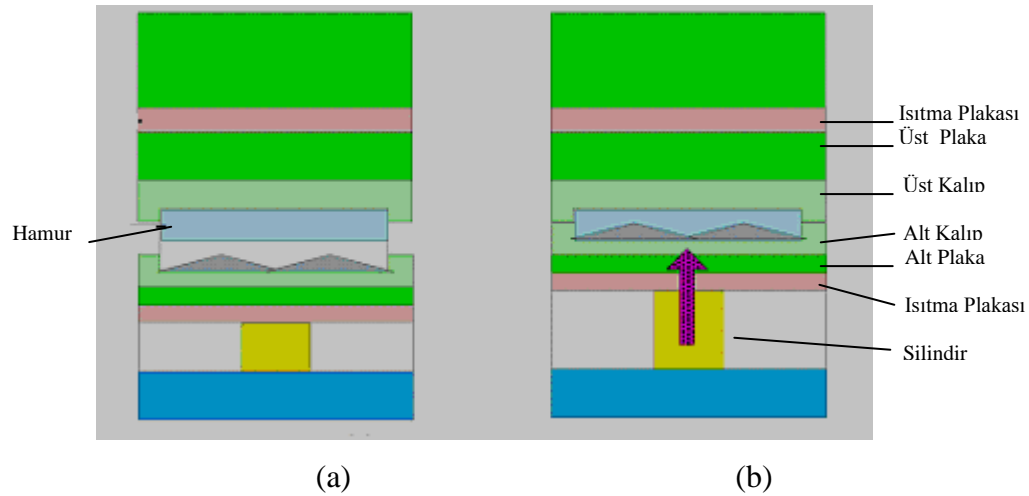


Şekil 4.3. MYH işlemi
(a) Kaplamalı , (b) Kuşlamalı

5. GELENEKSEL PİŞİRME ÜRETİM YÖNTEMLERİ

5.1. Sıkıştırma Yöntemi

Kalıp boşluğu hacmini doldurmak için hazırlanan kauçuk hamuru, kalıp boşluğuna düzenli bir şekilde yerleştirilir. Sonra, Şekil 5.1’de gösterildiği gibi ısıtılmış alt ve üst kalıpla hidrolik preste sıkıştırılır. Kauçuk hamuru, kalıp gözlerini doldurur ve hamur fazlalığı, artık malzeme olarak, kalıp gözlerinin dış kısımlarına çıkar. Kalıp bu pozisyonda belli bir süre, sıcaklık ve basınçta kalarak kauçuğun tam pişmesi sağlanır. İhtiyaca göre pime esnasında ortaya çıkan gazların atılması için kalıbın açılıp tekrar kapatılmasıyla havalandırma işlemi de yapılır. Pişme gerçekleştikten sonra, pres açılır ve kalıptan kauçuk parça, el yordamı veya itici plakalar yardımı ile dışarı alınır, sonra kalıp temizlenir.



Şekil 5.1. Sıkıştırma yöntemi

(a) Kalıp açık iken, (b) Kalıp kapalı iken

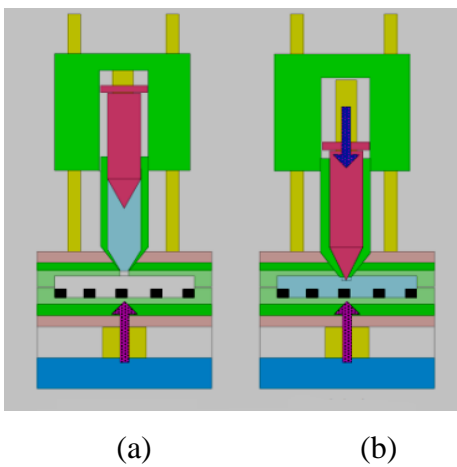
- *Olumlu yönleri*

- Hamurun sürtünme zorlanmasına maruz kalmaması.
- Daha ekonomik kalıp maliyeti.
- Daha kısa sürede kalıp yapımı.

- *Olumsuz yönleri*
 - Ön şekil verilmiş hamur hazırlama süresinin uzun olması.
 - Hamur taslağının kalıp gözlerine yerleştirme süresinin fazla olması.
 - Hamur taslağının kalıp gözlerine yerleştirmenin tam merkezlemeli yapılamaması.
 - Bitmiş parçanın kalıptan çıkartılmasında zorlukların bulunması, elle yapılması veya kalıba yaptırılması.

5.2. Püskürtme Yöntemi

Bu imalat yönteminde, hassas sıcaklık kontrolü, akışkan ve ön ısınma süresince pişmeyen kauçuk formülasyonları ile çalışma yapmak gereklidir. Diğer taraftan, imalatta kullanılan hidrolik presler geliştirilmiş ekipmanlara sahip olup, presin üzerinde bir sonsuz vida bulunur. Kauçuk hamuru, şerit halinde besleme ağzına verilir. Hamur, ayrı bir hidrolik piston vasıtasıyla sonsuz vida içine basılır. Sonsuz vida içinde ısınarak ilerleyen hamur, püskürtme dozaj haznesine dolar. Burada hamur sıcaklığı kontrollü olarak muhafaza edilir. Daha sonra, hamur ana hidrolik piston tarafından kapalı kalıbın içerisine meme vasıtasıyla püskürtülür ve istenilen süre, sıcaklık ve basınçta kalarak Şekil 5.2’de gösterildiği gibi kauçuğun tam pişmesi sağlanır.



Şekil 5.2. Püskürtme yöntemi
(a) Kalıp kapatma, (b) Hamurun püskürtülmesi

Daha sonra, pres açılır ve kendinden parça çıkartıcı kalıptan kauçuk parça el yordamı ile dışarı alınır, sonra kalıp temizlenir. Bu yöntemde, eğer kalıpta birden fazla göz varsa, sıcak veya soğuk yolluk kullanılabilir.

- *Olumlu yönleri*

- Hamur şeritleri hazırlamak, tartma ve ön şekillendirme yapmaktan daha kolaydır.
- Kalıp içindeki hamur pişerken, bir sonraki kalıba girecek olan hamur sonsuz vidada ısıtıldığı için, kauçuğun kısa sürede pişmesi sağlanmış olur.
- Kalıp kapalı halde iken püskürtme yapıldığı için, fire oranı daha az olur.
- Otomatik olarak eşit ısıtılan, eşit pişirilen, eşit basınçta pişen parçaların fiziki yapıları eşit olur.

- *Olumsuz yönleri*

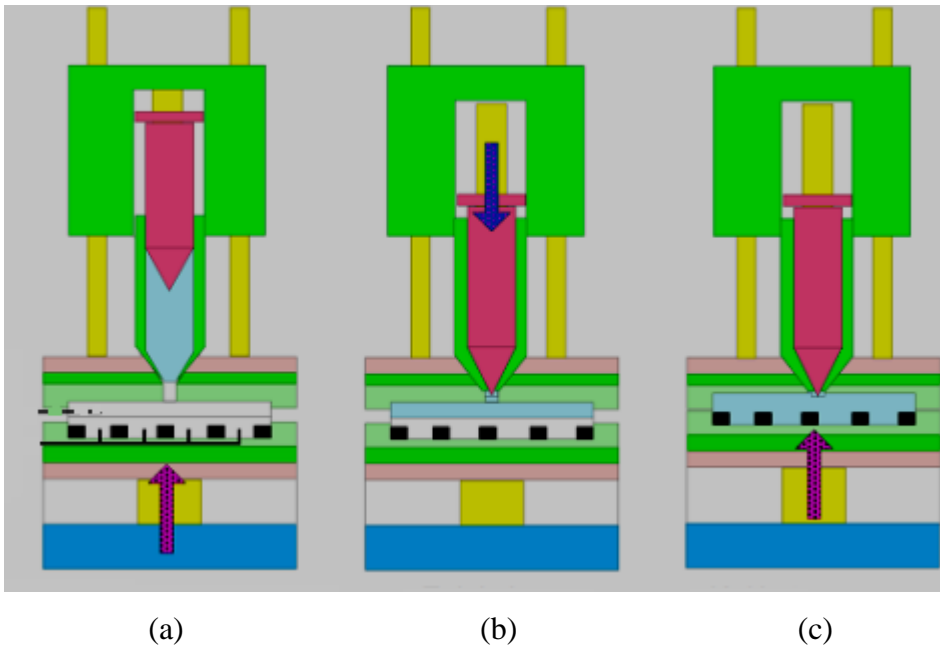
- Pres ve kalıpların hassas olması nedeniyle, yatırım maliyetinin yüksek olması.
- Hamur ön pişme riskinin olması ve kalıpta uygun parça oluşmaması.
- Kısa süreli ve üretim miktarları az olan parçaların üretimlerinde birim maliyetlerinin çok yüksek olması.
- Kauçuğun pişmesi esnasında oluşan atık gazların dışarı alınmasında zorlukların yaşanması.
- Hamur besleme sisteminin tek yönden yapılması.
- Bitmiş parçanın kalıptan çıkartılmasında zorlukların bulunması,

5.3. İletme Yöntemi

Bu yöntemde, püskürtme ünitesi olmadan gerçekleşir. Hammadde, kalıp açıkken iletme çanağına elle veya kumanda cihazı ile yerleştirilir ve kalıp kapatılır. Hammadde, bu sayede iletme pistonu tarafından kalıba püskürtülür ve kalıp basınç altında kapalı tutulur. Kapama silindiri, önceden ayarlanmış zamana bağlı bir baskı profiline ilerler (Şekil 5.3). Pişme süresi dolduğunda kalıp tekrar açılır.

5.4. Püskürtme Sıkıştırma Yöntemi

Bu imalat yöntemi, doğrudan püskürtme yönteminin ve sıcak yolluklu iletme püskürtme yönteminin kısmi geliştirilmiş halidir. Kalıp içersinde sıkışmış durumdaki atık gazları dışarı atmak için kalıp, istenilen sayıda ve sürede hidrolik pres tarafından PLC program vasıtasıyla otomatik olarak açılır ve kapatılır. Bunun yanında, ana hidrolik pistonu ekstra bir kapama kuvveti uygulama imkanı ilave edilmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Püskürtme sıkıştırma yöntemi

(a) Kalıp boşluklu kapatılır, (b) Hamur püskürtülür, (c) Kalıp tamamen kapatılır

Ayrıca, besleme sistemleri de mevcut olup, alttan beslemeli dikey çalışan hidrolik pres, üstten beslemeli dikey çalışan hidrolik pres ve üstten beslemeli yatay çalışan hidrolik pres çeşitleri bulunmaktadır.

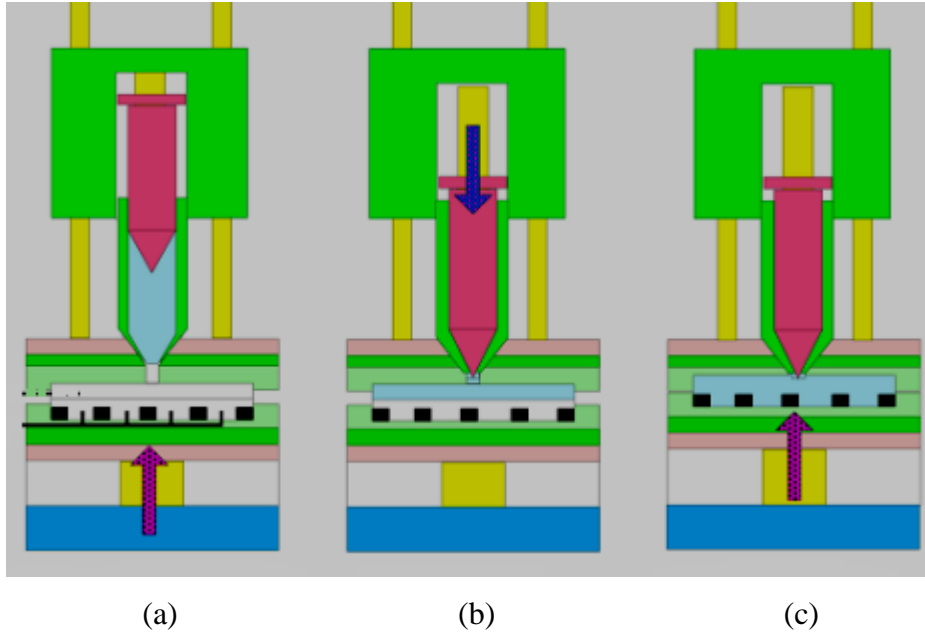
- *Olumlu yönleri*

- Hamur şeritleri hazırlamak, tartma ve ön şekillendirme yapmaktan daha kolaydır.

- Kalıp içindeki hamur pişerken, bir sonraki kalıba girecek olan hamur sonsuz vidada ısıtıldığı için, kauçuğun kısa sürede pişmesi sağlanmış olur.
 - Kalıp kapalı halde iken püskürtme yapıldığı için, fire oranı daha az olur.
 - Otomatik olarak eşit ısıtılan, eşit pişirilen, eşit basınçta pişirilen parçaların fiziki yapıları eşit olur.
 - Hamur besleme sistemin parça imalatına uygun konumda yapılabilmesi.
- *Olumsuz yönleri*
 - Pres ve kalıpların hassas olması nedeniyle, yatırım tutarlarının yüksek olması.
 - Hamur ön pişme riskinin olması ve kalıpta uygun parça oluşmaması.
 - Kısa süreli ve üretim miktarları az olan parçaların üretimlerinde birim maliyetlerinin çok yüksek olması.
 - Bitmiş parçanın kalıptan çıkartılmasında zorlukların bulunması, elle yapılması veya kalıba yaptırılması.
 - Ön akışın meydana gelip, sistemin kilitlemesine neden olması.

5.5. Püskürtme İletme Yöntemi

Bu yöntemde de, hassas sıcaklık kontrolü, akışkan ve ön ısınma süresince pişmeyen kauçuk formülasyonları ile çalışma yapmak gereklidir. Diğer taraftan, imalatta kullanılan hidrolik preslerin üzerinde bir sonsuz vida bulunur. Kauçuk hamuru, şerit halinde besleme ağzına verilir. Hamur ayrı bir hidrolik piston vasıtasıyla sonsuz vida içine basılır. Sonsuz vida içinde ısınarak ilerleyen hamur, püskürtme haznesine dolar. Burada hamur sıcaklığı kontrollü olarak muhafaza edilir. Daha sonra, hamur ana hidrolik piston tarafından kapalı kalıbın iletme haznesine meme vasıtasıyla püskürtülür. Buradan sıcak yolluklar (kalıp içindeki ısıtıcılar tarafından ısıtılmış olan) sistemiyle kalıbın içersindeki, kalıp gözlerine gelir ve boşlukları doldurur. Belli bir süre, sıcaklık ve basınçta kalarak kauçuğun tam pişmesi sağlanır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Püskürtme iletme yöntemi

(a) Kalıp boşluklu kapatılır, (b) Hamur püskürtülür, (c) Kalıp tamamen kapatılır

Daha sonra, pres açılır ve kendinden parça çıkartıcı kalıptan kauçuk parça el yordamı ile dışarı alınır, sonra kalıp temizlenir.

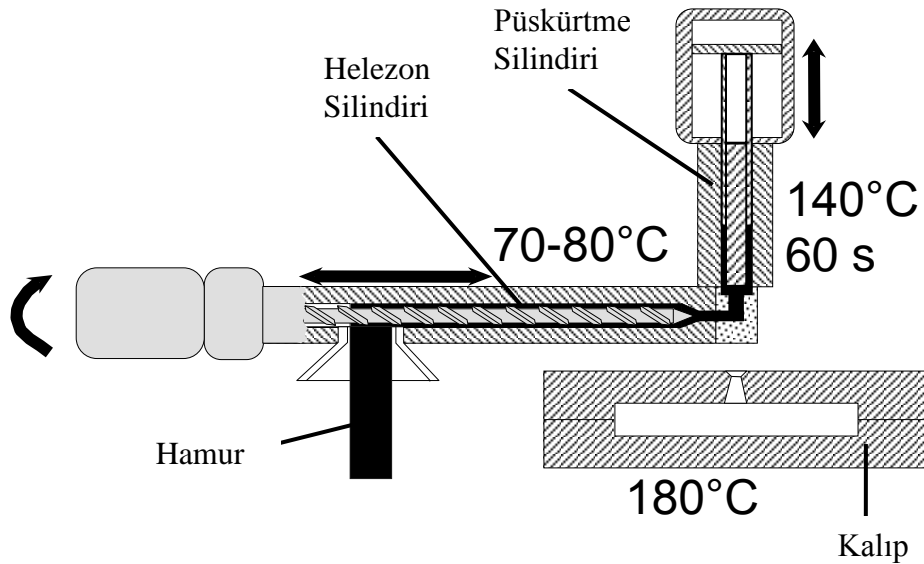
- *Olumlu yönleri*

- Kalıp boş olarak sıkıştırıldığı için, kalıptan çıkan parçaların ölçüleri kontrol altına alınabilir ve hamur fitesi oldukça azdır.
- Tek iletme haznesinden, yolluklar vasıtasıyla bir kaç kalıp aynı anda beslenebilir.
- İletme yolluklarından gelen taze ve temiz hamur, yapıştırıcı sürülmüş metale daha kolay yapışır.
- Pişme süresi kısadır.

- *Olumsuz yönleri*
 - İletme sırasında akışkanlık sağlayacak, 100 °C civarında ısıtma, ön pişirme riskini arttırır ve et kalınlığı yüksek olan parçaların kalıp gözlerini doldurmak için uzun zaman ihtiyaç gösterir.
 - İletme haznesi ve yolluk sisteminde fazla çapak ve fire oluşur, kauçuk artıkları kalmaktadır.
 - Uzun iletme zamanında pişme riskinin bulunması.
 - Ön akış meydana gelebilir ve sistemin kilitlemesine neden olur.

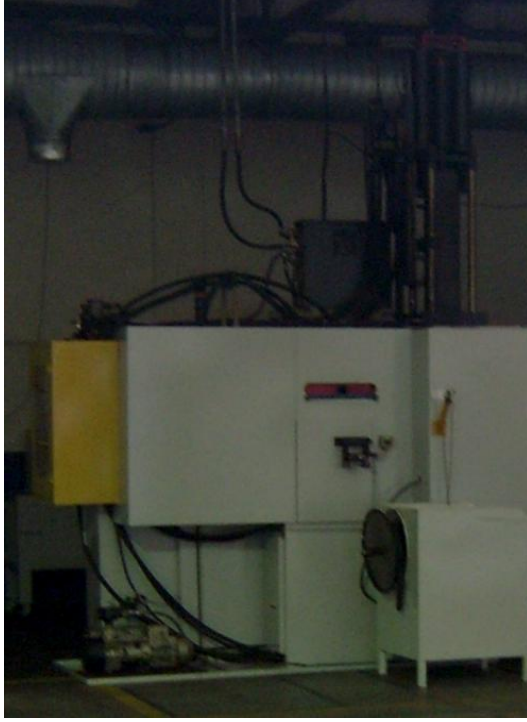
6. ULTRA HIZLI PİŞİRME (UHP) ÜRETİM YÖNTEMİ

Ultra Hızlı Pişirme (UHP) yöntemiyle, kauçuk hamurunun kalıp içerisinde en kısa zamanda pişmesini sağlayarak daha kısa süre içerisinde daha fazla parça üreterek maliyetlerin azaltılması esas alınmıştır. Temelde bir UHP presi üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, kauçuk hamurunu içindeki sonsuz vida aracılığıyla alıp karışımı sağlayan vida silindiri, ikinci bölüm, hamurun kalıbın içine püskürtülmeden önce ön ısıtmaya tabi tutulmak için aktarıldığı daha sıcak bölüm olan püskürtme silindiri ve son bölüm de hamurun pişirildiği ve son halini aldığı kalıptır. Buradaki her bir bölümün sıcaklıkları ayrı ayrı ayarlanabilmektedir. Bu yöntemde, kauçuk karışımı, geleneksel yöntemlerin aksine doğrudan püskürtme silindirinden kalıbın içine iletilmez. Vida silindirinden ($70-80^{\circ}\text{C}$), sıcaklığı 140°C olan ikinci bir silindire aktarılır. Daha sonra, bu sıcaklıkta kalıbın içine püskürtülür (Şekil 6.1).

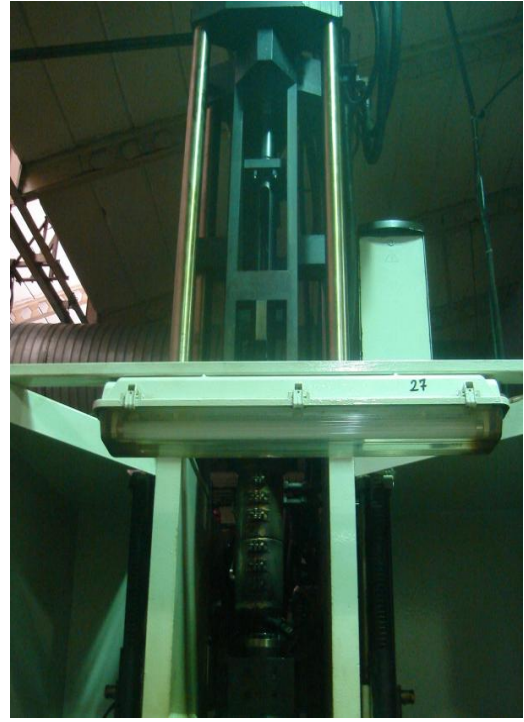


Şekil 6.1. UHP üretim yöntemi

Geleneksel yöntemlerde ise kauçuk karışımı, 70-80 °C de kalıbın içine püskürtüldüğünden daha geç tepkimeye girmekte, dolayısıyla pişme zamanı da daha uzun olmaktadır. Resim 6.1 ve Resim 6.2’de UHP presi gösterilmiştir.



Resim 6.1. UHP presi



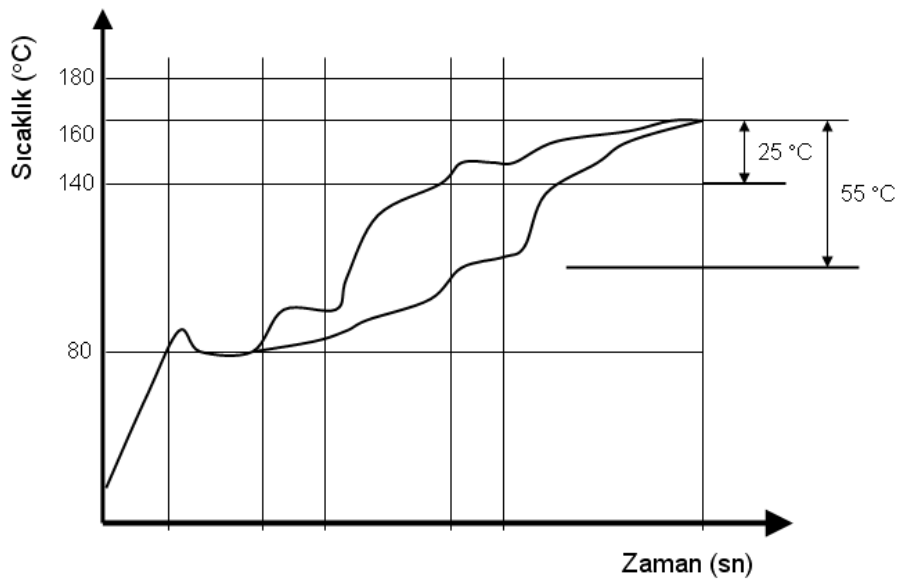
Resim 6.2. UHP presi

- *Olumlu yönleri*

- Numune kalıbı seri kalıpla aynıdır.
- Kalıp içerisinde daha iyi bir sıcaklık kontrolü yapılmaktadır.
- Göz içerisine en uygun püskürtme işlemidir.
- Otomatik olanak vardır.
- Üretilen parçada eski haline dönüş en azdır.
- Tek parça akışı için denemelere yatkındır.
- Üretim esnasında kalıp kontrolü kolaydır.
- Tamamen aynı üretim teknolojisiyle evrensel yükleme yapılabilir.
- Malzeme değişiminde püskürtme ünitesi temizliği kolaydır.
- Flaşlama miktarını sınırlayan kalıp yüzey alanları daha kolay tesis edilebilir.

- Hatalı parçalarda azalma mümkündür.
 - Hızlı ve kolay kalıp değiştirme imkanı vardır.
 - Kalıp maliyetleri azdır.
 - Ucuz, kolay kalıp temizleme ve bakımı yapılabilmektedir.
 - Otomatik sistem olduğundan kaza riski daha azdır.
- *Olumsuz yönleri*
 - Geleneksel pişirme presine göre nispeten daha yüksek maliyet yatırımı vardır.
 - Yüksek personel gideri olmaktadır.
 - Geleneksel pişirme presine kıyasla nispeten daha yüksek enerji maliyeti olmaktadır.
 - Gerekli alan nispeten yüksektir.
 - Üretilen parçalar için değişmez sınırlar bulunmaktadır.
 - Kısa işlem süresinde pişirici sistemine ve yapıştırıcı maddelerle tepkimeye uyum göstermeleri gerekir.

Şekil 6.2.'de hamurun, hem geleneksel hem de UHP presindeki davranışına ilişkin sıcaklık davranışı gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Kauçuk karışım sıcaklığının davranışı

UHP presinde hamur, ikinci bir silindire aktarılıp ön ısıtmaya tabi tutulduğundan daha çabuk pişmekte ve zaman kısalmaktadır. Yani hamurun, enjeksiyona başladığı andaki sıcaklığı 140 °C'dir. 165°C ideal sıcaklık olduğundan aradaki Δ sıcaklık farkı 25 °C'dir. Bu pişmeye yakın bir sıcaklık değeri olduğundan avantajdır. Oysa geleneksel yöntemde hamurun, püskürtmeye başladığı andaki sıcaklığı 110 °C'dir. Dolayısıyla uygun sıcaklıkla arasındaki farkı 55 °C'dir. Bu da daha geç pişme demektir.

Geleneksel yöntemler arasında UHP yöntemi kadar parametrelere müdahale edilebilen yöntem püskürtme yöntemidir. Sıkıştırma yada iletme yöntemlerinde hamur ısıtılmayıp soğuk şekilde kalıba yerleştirildiğinden (bazı üretim şekillerinde hamur dış bir fırında önceden ısıtılabilir ancak bu hem az rastlanan hem de maliyeti artıran bir seçenektir) hamur için bir sıcaklık ayarı yada karıştırma işlemi söz konusu değildir. Sadece basınç altında kalıbın kendi sıcaklığı çerçevesinde maruz kaldığı enerjiyle bağ yapmaktadır. Diğer püskürtme yöntemlerinde ise hamur, vida silindirine alınmakta, dolayısıyla buradaki sıcaklığa ve buna ilave olarak vida dönmesinden kaynaklanan sürtünme enerjisine de maruz kalmaktadır. Yine aynı şekilde yolluklu kalıplarda, iletme deliklerinden geçerken de enerji almaktadır. Hamurun kalıp içerisine ulaşım son halini alıncaya kadar geçen tüm bu süreçlerde almış olduğu enerji iyi ayarlandığı takdirde bağ yapması daha iyi olmaktadır. UHP yöntemini tüm diğer yöntemlerden ayıran özellikte burada ortaya çıkmaktadır. Diğer yöntemlerde olmayan ikinci bir silindir bu yönetime eklenmiş ve pişme sürelerinden önemli kazançlar sağlanmıştır.

7. MATERYAL VE METOT

7.1. Deney Malzemeleri

7.1.1. Metaller

Bu çalışmada, hem geleneksel hem de UHP yöntemi için parçalar üretilmiştir. Bu parçalar, titreşim takozlarıdır ve TP1, TP2, TP3 olarak isimlendirilmiştir. TP harfleri parçaların test parçası olduğunu ifade eder. Tüm bu parçalar metal ve kauçuk birleşimi parçalardır. Metaller, parçanın özelliğine, çalışma yerine göre farklı türdedir. Bu çalışmada kullanılan metaller, St 37 çelik malzemedendir (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1. St 37 çeliğinin kimyasal özellikleri

	C	Si	Mn	P	S	N
St 37	0,1 0,17	0,4	0,2 0,5	0,04	0,05	0,007

7.1.2. Kauçuk karışımı (hamur)

Kauçuk cinsi olarak, tüm parçalarda doğal kauçuk (NR) kullanılmıştır. TP1, TP2 ve TP3 parçaları için kullanılan kimyasallar Çizelge 7.2’de gösterilmiştir. TP1, TP2 ve TP3 parçalarında kullanılan kauçuğun sertliği 65 Sh A’dır. Kauçuk sertlikleri, tamamen parçanın çalışma şartlarına bağlıdır.

Çizelge 7.2. TP1, TP2 ve TP3 hamur kimyasalları

TP1, TP2 ve TP3 Hamurunun Kimyasalları	% Oran
Doğal Kauçuk (Polimer)	56,8
Isoprophyl phenil (Hızlandırıcı)	2,3
Trimethylequinoline	2,3
Karbon siyahı (Dolgu maddesi)	26
Parafin wax ve hidrokarbon	2,3
Stearik asit (Yağ)	2,3
Çinko oksit (Aktive edici)	2,3
Sülfür (Bağ yapıcı)	1
Cyclohexilbenzothiazole	2,3
Mineral yağ	2,3

Hamurda kullanılan kimyasallardan çinko oksit aktive edici kimyasal, stearik asit yağ, kükürt bağ yapıcı, karbon siyahı dolgu maddesi, Isoprophyl phenil hızlandırıcı olarak kullanılırken diğer kimyasallar ise işlem kolaylaştırma amaçlı kullanılmıştır.

7.1.3. Metal yüzey hazırlama işlemi

Metal parçalar, üretime girmeden önce Metal Yüzey Hazırlama (MYH) işlemine, yapıştırıcı uygulanarak kauçukla etkileşime hazır hale getirilmiştir. Bu hazırlık aşamasında metal parçalar önce yağ alma, ardından kumlama ve en son olarak I. ve II. kat yapıştırıcı uygulama işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Yağ alma işlemi, perkloretilen banyosunda yapılmıştır. Yağ alma işleminin amacı, yapıştırıcı uygulamadan önce metallerin yüzeyindeki yağları ve kirliliği ortadan kaldırmaktır. Çünkü bu yağlılık, yapıştırıcının metal yüzeyine tutunmasına engel olmaktadır. Kumlama işlemi için orta tane büyüklüğündeki kumlar metal yüzeyine püskürtülmüştür. Kumlama işleminin amacı ise, yapıştırıcının metal yüzeyine daha iyi tutunabilmesi için yüzeyi aktifleştirmektir. Metal yüzeyinde girinti ve çıkıntılar oluşturarak yapıştırıcıya uygun zemin sağlanmıştır. I. kat yapıştırıcı için Chemosil 211 kodlu yapıştırıcı 7-15 mikron seviyesinde, II. kat içinse Chemosil 411NL kodlu

yapıştırıcı 17-25 mikron seviyesinde uygulanmıştır. Chemosil yapıştırıcıların uygulanmasının sebebi, doğal kauçuklar ile çok iyi reaksiyona girmesi ve güçlü bağ oluşturmalarıdır. Genel yapıştırıcı çiftleri Çizelge 7.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.3. Genel yapıştırıcı çiftleri

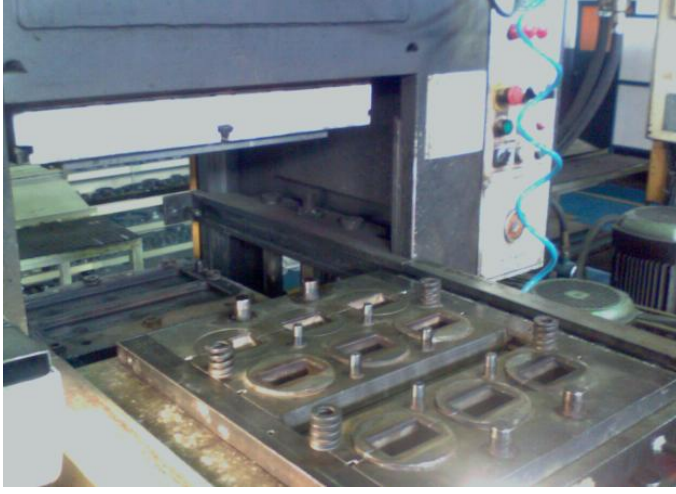
No	Yapıştırıcı Çiftler
1	Cil 12E / 80E
2	Chemosil 211 / 411NL
3	Chemosil 211 / 425V
4	Megum 3271 / 128
5	Thixon OSN2 ef
6	Thixon OSN2 ef / 425V
7	Thixon OSN2 ef / Cil R6693
8	Thixon OSN2 ef / Chemosil 6070
9	Thixon OSN2 / Thixon 814.2
10	Chemosil 360

Yapıştırıcı kalınlıklarının toplamda 10-30 mikron seviyesinde uygulanması, bu kalınlıkların uygun tabaka kalınlıkları olmasındandır. Bu hazırlıklardan sonra metal parçalar, pişirme işlemine hazır hale getirilmiştir.

7.2. Deney Ekipmanları (Makine – Pres - Kalıp)

7.2.1. Geleneksel yöntem

Bu çalışmada, geleneksel yöntem için iletme presi (Resim 7.1) ve sıkıştırma presi kullanılmıştır (Resim 7.2).



Resim 7.1. İletme presi



Resim 7.2. Sıkıştırma presi

İletme ve sıkıştırma presleri, hidrolik olup zaman kontrollüdür. İstenilen basınca ve zamana ayarlanarak çalıştırılır. Parça ve hamur yükleme-boşaltma işlemi el ile yapılmaktadır. İletme ve sıkıştırma presleri, istenilen kapama basıncı ile kapatılır ve istenilen pişme süresini sayar. Tam otomatik bir pres değildir. Açılma kapanma mesafeleri, kalıplara göre ayarlanıp switch kontrollüdür.

Geleneksel yöntemde, hem TP1 hem de TP2 parçalarının üretimi, iletme presine bağlanan dokuz gözlü ortak bir iletme kalıbında gerçekleştirilmiştir (Resim 7.3).



Resim 7.3. TP1-TP2 iletme ortak üretim kalıbı

TP3 parçası ise, sıkıştırma prese bağlanan iki gözlü bir kalıpta üretilmiştir (Resim 7.4).



Resim 7.4. TP3 geleneksel yöntem kalıbı

Kalıpların gözlerine önce metal parçalar yüklenir. Sıkıştırma yönteminde metal parçaların üstüne, iletme yönteminde ise iletme haznesine hamurlar konulur ve kalıp basınç ile kapatılır. Basınç altındaki hamur kalıp boşluğunu doldurarak metal üzerine uygulanmış yapıştırıcı ile tepkimeye girer ve metal ile kauçuk birleştirilmiş olur.

7.2.2. Ultra hızlı pişirme yöntemi

UHP yöntemi için, UHP püskürtme presi kullanılmıştır (Resim 7.5).



Resim 7.5. UHP püskürtme presi

Üretimi yapılan TP1, TP2 ve TP3 parçalarının hepside bu preste ve tek gözlü kalıpla gerçekleştirilmiştir (Resim 7.6).



Resim 7.6. TP3'ün UHP presi kalıbı

UHP püskürtme presi, tam otomatik bir prestir. Püskürtme presi, hamuru önce vida silindirine alarak istenilen sıcaklığa ısıtır. Vida silindirinde ısıtılan hamur, ikinci silindire aktarılır ve burada da istenilen sıcaklığa ısıtılır. Son adım olarak hamur kalıp boşluğu içine otomatik olarak püskürtülür ve pişmeye bırakılır. İstenilen pişme

süresi dolunca kalıp otomatik olarak açılır. Kalıptan parça alma ve yükleme işlemi el ile yapılır.

7.3. Test Yöntemleri

7.3.1. Esneme testi

Üretimi gerçekleştirilen parçaların esneme testleri Zwick test makinesinde (Resim 7.7) gerçekleştirilmiştir.



Resim 7.7. Zwick test makinesi

Esneme testi, soğumuş parçaya yapılmaktadır. Test makinesine yerleştirilen parçaya istenen değerlerde kuvvet uygulanır. Durağan olarak yapılan bu testlerde parça üç kez bas bırak şeklinde şartlandırıldıktan sonra bir defa gerçek teste tabi tutulur ve parçanın esnemesi elde edilmiş olur.

Bu çalışmada kullanılan Zwick test makinesi, azami 200 kN kuvvet uygulama kapasitesine sahiptir. Azami hızı 250 mm/dk dır. Azami kat edebileceği yol ise 500 mm dir. 200 kN'a kadar değer ölçebilen yük ölçme donanımına sahiptir.

7.3.2. Dinamik (ömür) test

Üretimi gerçekleştirilen parçaların dinamik (ömür) testleri MTS test makinesinde (Resim 7.8) gerçekleştirilmiştir.



Resim 7.8. MTS test makinesi

Dinamik (ömür) teste başlamadan önce normal şartlarda esneme testi yapılır. Esneme testinin ardından istenilen çevrimde parça dinamik olarak teste tabi tutulur. Dinamik test sonlanınca parça tekrar esneme testine alınır. Dinamik test öncesi esneme testi sonucu ile dinamik test sonrası yapılan esneme testi sonuçları karşılaştırılır. Dinamik test sonrası parçanın esnemesinde oluşan kayıp bir önceki sonuçtan en fazla % 15 düşük olabilir. Eğer daha düşük sonuç çıkarsa yada parçada görsel olarak tahribat tespit edilirse sonuç ret olarak değerlendirilir.

Bu çalışmada kullanılan MTS test makinesi, 0,1 – 100 Hz arasında çalışmaktadır. ± 60 mm yol içerisinde hareket edebilme kapasitesine sahiptir. Azami 25 kN'a kadar değer ölçebilen yük ölçme donanımı mevcuttur.

7.3.3. Pişme testi

Pişme testinde pişmiş kauçuktaki bağ yapmış sülfür oranına analitik bakıldığından bu işlem için tasarlanmış özel test düzeneği kullanılmıştır (Resim 7.9).



Resim 7.9. Pişme test düzeneği

Pişme testi için önce parçanın pişirici sistemi belirlenir. Pişirici sistem belirlendikten sonra istenilen sıcaklık ve sürelerde plakalar pişirilir. 2 mm ve 6 mm olarak hazırlanan plakalar kopma, kopma anı uzama, sertlik, pişme ve kalıcı deformasyon testlerine tabi tutulur. Bu testler için plakalardan numuneler kesilir. Testler sonuçlanınca elde edilen değerler incelenip parçanın pişmesinin yorumlanacağı referanslar elde edilmiş olur. Bu çalışmalar esnasında pişme eğrilerine de bakılmaktadır. Tüm bu testler, değerlendirme referans çizelgesi için yapılması gereken çok adımlı ve karışık işlemlerden oluşmaktadır. Referans çizelgesi hazırlandıktan sonra, preste basılan kauçuk numuneleri pişme testine alınarak sülfür bağları analiz edilir ve bulunan değerler, referans çizelgesiyle karşılaştırılarak parçanın pişip pişmediğine karar verilir.

7.3.4. Kalıcı deformasyon testi

Eğer hamurun özelliği gereği içerisindeki bağ durumu analitik olarak incelenemiyorsa ki TP1 ve TP2 parçalarının hamurunda da analitik yöntem kullanılamamaktadır, parçanın pişmesi kalıcı deformasyon testi ile değerlendirilir. Kalıcı deformasyon testinde, pişmiş kauçuk test parçası Resim 7.10'da gösterildiği gibi iki baskı plakası arasında sıkıştırılarak yapılmaktadır. Test öncesi ve sonrası parça kalınlıkları ölçülerek karşılaştırılmakta ve deformasyon miktarı değerlendirilmektedir. Sertliği 80 Sh A olan hamurlar % 25 oranında sıkıştırılmaktadır. Normal test süresi 24 saattir. Kalıcı deformasyon testi, DIN 53517 şartnamesine göre yapılmaktadır.



Resim 7.10. Kalıcı deformasyon test aparatı

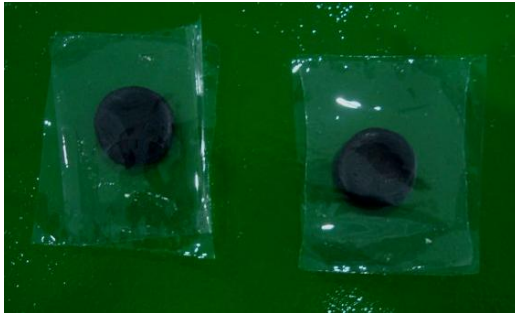
7.3.5. Rheometre testi

Parçaların üretiminden önce laboratuvar ortamında hamurların pişme eğrileri analiz edilmektedir. Yapılan bu analiz neticesinde gerçek üretimdeki pişme sıcaklıkları ve süreleri için yorum yapılmaktadır. Pişme eğrisi testleri, DIN 53529 şartnamesine göre yapılmaktadır. Hamurdan, Resim 7.11'de gösterilen cihazla alınan numuneler, Resim 7.13'de gösterilen rheometre test cihazına konularak teste alınmaktadır. Numune kesme cihazı, pnomatik bir pistonun ucundaki bıçağın pistonun ileri

hareketiyle kauçuk hamuru üzerinden parça koparması şeklinde çalışmaktadır. Resim 7.12’de hamurdan alınan numuneler gösterilmiştir.



Resim 7.11. Numune kesme cihazı



Resim 7.12. Hamurdan alınan numuneler



Resim 7.13. Rheometre test cihazı



Resim 7.15. Laboratuvar presi



Resim 7.16. Kopma testi plakası ve numunesi



Resim 7.17. Tensometre test cihazı

7.3.7. Yapışma testi

Parçaların yapışma testi ya Zwick test makinesinde (Resim 7.7) koparılarak yada el ile kesilerek yapılmaktadır. Bu çalışmada üretilen parçalar test makinesinde koparılmaya uygun olmadığından yapışma kontrolleri hamurun metal kısımdan kesilmesi suretiyle yapılmıştır. Parça, metal kısımdan kesilir ve kauçuğun metale yapışması incelenir. Eğer yapıştırıcı üzerinde kauçuk varsa, hiç metal yada yapıştırıcı görünmüyorsa yapışma uygundur. Eğer bu sıyırma işlemi sonunda metal ortaya çıkıyorsa yada hamur yapıştırıcı ile tepkimeye girmemişse, kolayca ayrılabiliriyorsa parçanın yapışması uygun değildir. Test makinesinde yapılan yapışma testlerinde ise bu görselliğin yanı sıra kopma kuvvetleri de elde edilebilmektedir.

7.3.8. Sertlik testi

Hamurun sertliği, Shoremetre (Resim 7.18) cihazıyla yapılmaktadır. Test aparatına konulan numune üzerine, serbest olarak bırakılan test kolunun uyguladığı kuvvet neticesinde hamurun sertliği tespit edilmektedir. Sertlik testi, DIN 53505 şartnamesine göre yapılmaktadır.



Resim 7.18. Shoremetre test cihazı

7.4. Deney Parametreleri

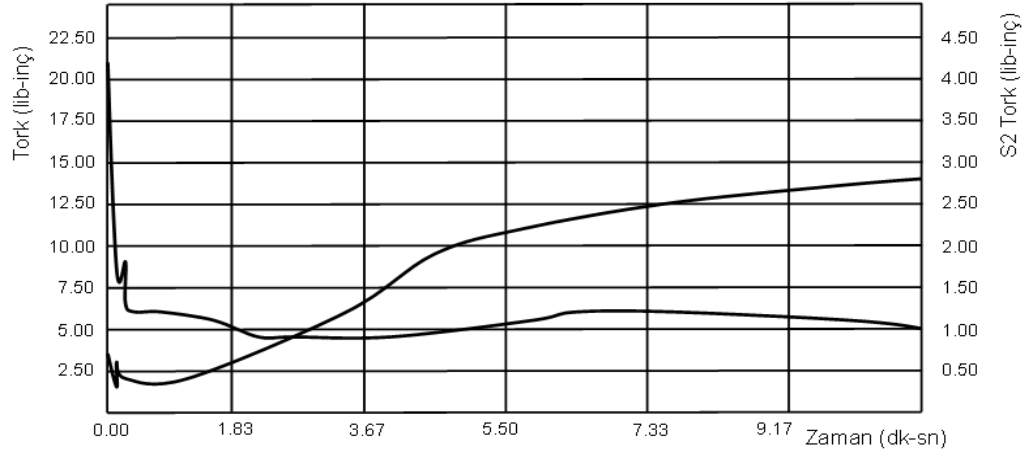
7.4.1. Hazırlık testleri

Piştirme preslerinde TP1, TP2 ve TP3 parçalarını üretmeden önce bu denemelerin yapılacağı deney parametrelerini belirlemek için ön çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, hamurun farklı sıcaklık ve sürelerdeki rheometre eğrilerine, kopma ve uzama değerlerine, sertliğine bakılmış ve benzer çalışma piştirme preslerinde de farklı sıcaklık ve süre olarak tekrar edilmiştir.

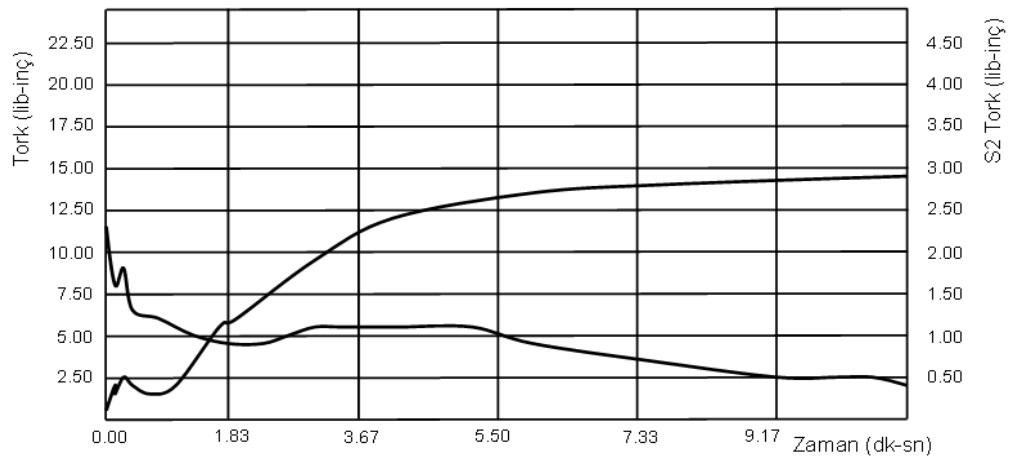
Öncelikle, hamurdan alınan numunelerin rheometre cihazında teste alınmıştır (Resim 7.19). Testlerde, 150, 160, 170 ve 180 °C, 11 dakika süredeki piştirme eğrilerine (Şekil 7.1, Şekil 7.2, Şekil 7.3 ve Şekil 7.4) bakılmış ve elde edilen değerler Çizelge 7.4'de gösterilmiştir.



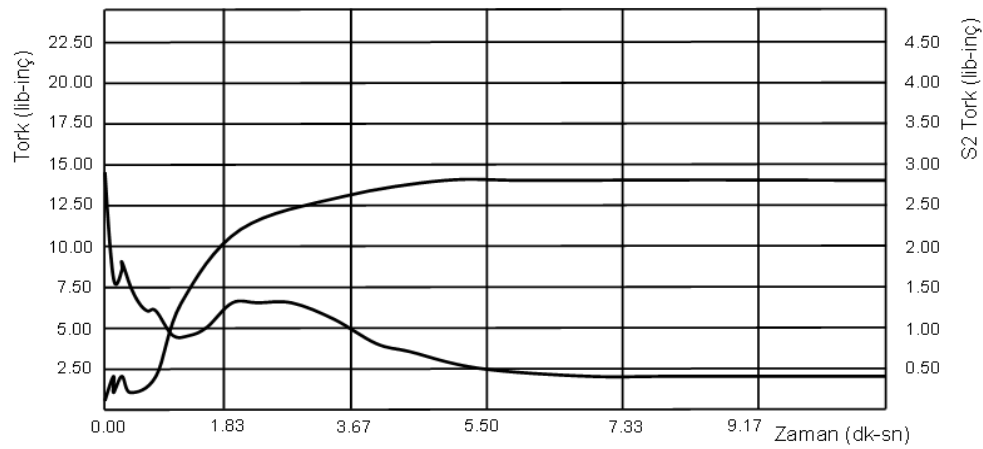
Resim 7.19. Rheometre cihazında testin yapılması



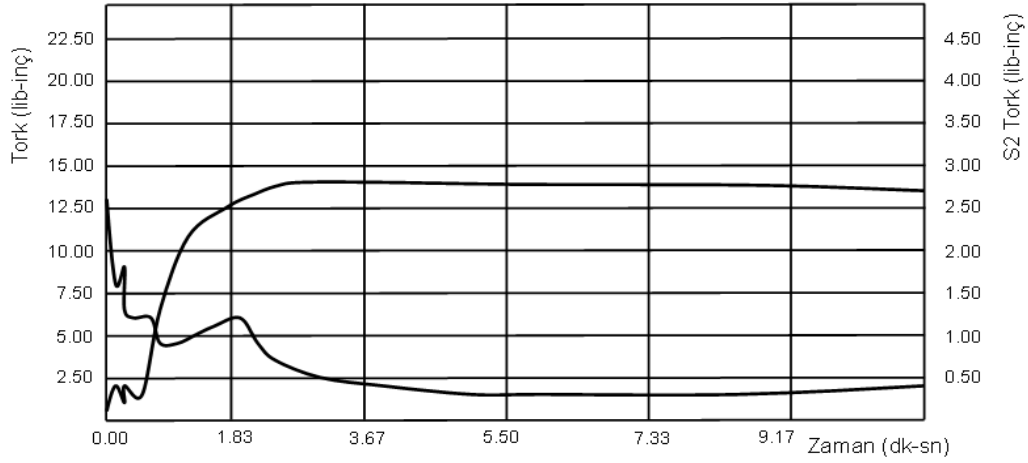
Şekil 7.1. 150 °C, 11 dakika pişme eğrisi



Şekil 7.2. 160 °C, 11 dakika pişme eğrisi



Şekil 7.3. 170 °C, 11 dakika pişme eğrisi



Şekil 7.4. 180 °C, 11 dakika pişme eğrisi

Çizelge 7.4. Rheometre testi değerleri

	150 °C	160 °C	170 °C	180 °C	Test Süresi (dk)
TS2 (dk-sn)	2,18	1,20	0,48	0,34	11
T90 (dk-sn)	7,47	5,18	3,11	1,56	11
ML (lb-in)	1,59	1,58	1,42	1,48	11
MH (lb-in)	13,93	14,39	14,27	13,89	11

Elde edilen pişme eğrileri ve çizelge incelendiğinde, hamurun test sıcaklığı arttıkça pişme süresinin azaldığı görülmüştür. 150 °C'deki testte, pişme 2.dk'dan sonra başlamış ve % 90 oranında uygun olan pişme değeri 7,5 dk sonra elde edilmiştir. 160 °C'deki testte, pişme 1,2 dk sonra başlamış ve 5,18 dk sonra uygun pişme elde edilmiştir. 170 °C'deki testte, pişme 0,48 dk sonra başlamış ve 3,1 dk sonra uygun pişme elde edilmiştir. 180 °C'deki testte ise pişme 0,34 dk sonra başlamış ve 1,56 dk sonra uygun pişme elde edilmiştir. Düşük tork-yüksek tork (ML-MH) değerleri de bütün testlerde birbirine paralel bir seyir izlemiştir. Rheometre testinden elde edilen değerler, parçaların preslerdeki gerçek üretimi hakkında bilgi vermektedir. Ancak, preslerdeki üretimde hamurun akışı, tüm gözleri eşit doldurması da önemli olduğundan uygun pişme sıcaklığının ve süresinin elde edilmesi için kopma, kopma anı uzama, pişme, esneme gibi testlerinde yapılması gerekmektedir. Referans olarak

ise 180 °C ve 7 dk pişme süresi esas alınmıştır. Çünkü 150 160 ve 170 °C'deki testlerin pişme süreleri uzundur. Sürenin 7 dk olarak alınması eğriyi daha rahat incelemek içindir.

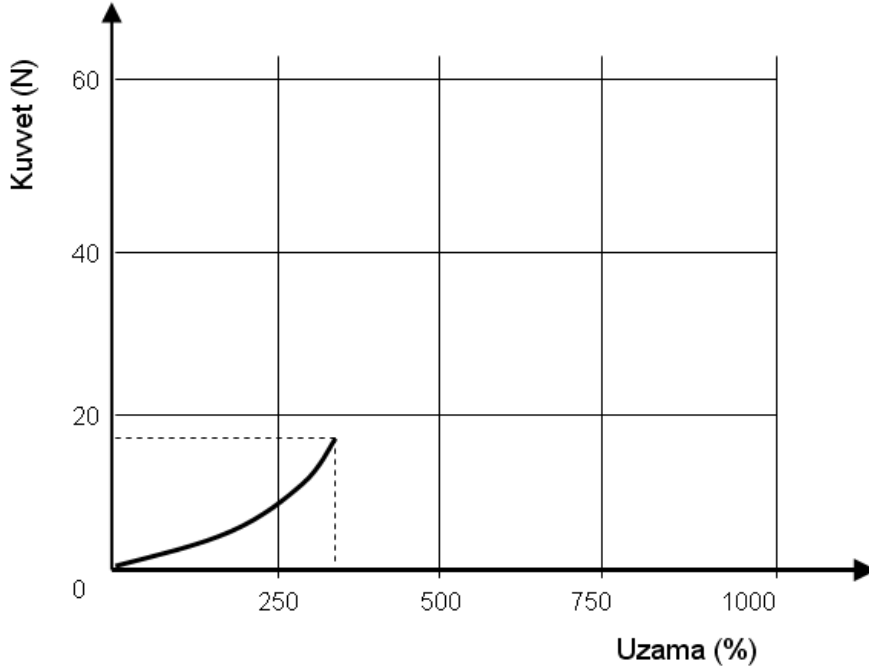
Rheometre testin ardından, laboratuvar presinde 180 °C ve 7 dk süresinde, 2 mm ve 6 mm kalınlığında plakalar pişirilmiş (Resim 7.16) ve 2 mm kalınlığındaki plakadan alınan numune Tensometre cihazında (Resim 7.17) test edilmiştir (Resim 7.20). Test numunesi Resim 7.21'de, test grafiği ise Şekil 7.5'de gösterilmiştir.



Resim 7.20. Kopma - kopma anı uzama testi



Resim 7.21. Kopma - kopma anı uzama testi numunesi



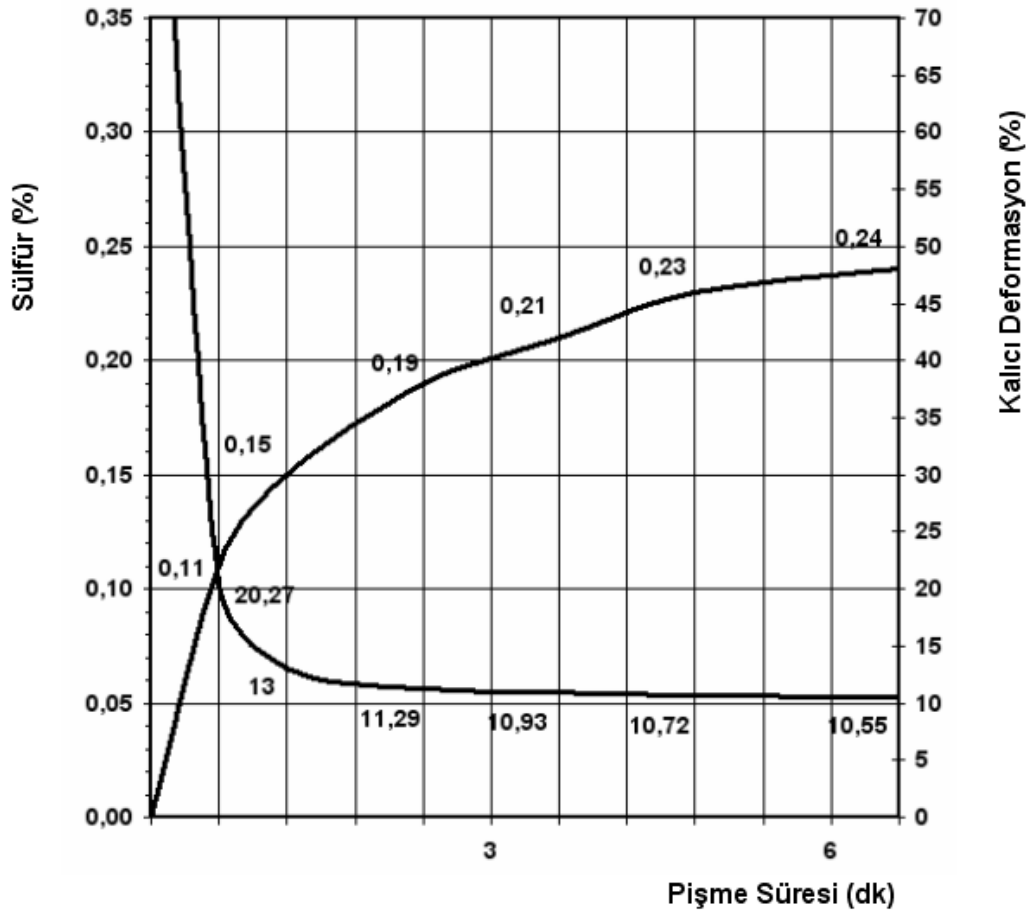
Şekil 7.5. Kopma - kopma anı uzama testi grafiği

Kopma testi sonucunda kopma kuvveti 18,6 N, kopma anı uzaması ise % 300,7 olarak gerçekleşmiştir. Kopma kuvvetinin yüksek olması ve uzamanın orta seviyeden az çıkması numunenin pişmesinin fazla olduğunu göstermektedir. Bu grafiğe göre 7 dakikalık pişme süresinin uzun olduğu ve aşırı pişmeye neden olduğu anlaşılmıştır. Pişmemiş numunelerde uzama değeri daha yüksek, buna paralel olarak kopma değeri düşük çıkmaktadır. Aşırı pişmiş numunelerde ise kopma değeri çok yüksek çıkarken uzama değeri çok düşük çıkmaktadır. Çiğ numune yumuşak olacağından az kuvvetle daha fazla uzayacak, aşırı pişip sertleşen numune ise daha kırılmalılaşıp yüksek kopma kuvvetinde düşük uzama değerlerinde kopacaktır. Grafikte de görülebileceği gibi pişmemiş parçalarda uzama artacağından eğri mevcut eğrinin sağında, aşırı pişmiş parçalarda ise uzama düşeceğinden eğri mevcut eğriden daha solda gerçekleşecektir. Buna bağlı olarak kuvvet değerleri de artacak yada azalacaktır.

Kopma testinin ardından 6 mm kalınlığındaki plakadan alınan numuneye (Resim 7.12) Shoremetre cihazında (Resim 7.18) sertlik testi yapılmış ve numunenin sertliği 65 Sh A olarak elde edilmiştir.

6 mm kalınlığındaki plakadan alınan numune pişme ve kalıcı deformasyon testine sokulmuştur. Hamurun pişirici sistemi için hızlandırıcının sülfüre oranı hesaplanarak pişirici sistem tespit edilmiş ve pişme testi bu pişirici sisteme göre yapılmıştır. Çizelge 7.2'deki hamurun kimyasalları incelendiğinde hızlandırıcının oranı % 2,3, sülfürün oranı ise % 1'dir. Çizelge 4.1'e göre A/S (hızlandırıcı/sülfür) oranı 2,3/1 dir. Bu sonuca göre hamurun pişirici sistemi sülfürü yarı olan pişirici sistemdir. Bu durumda numuneye pişme testi yapılırken bağ yapan sülfürlerin yüzdesi hesaplanacaktır. Sülfürü az olan sistemle yarı olan sistemde pişme testi yapılırken bağ yapan sülfürlere, sülfür oranı zengin olan pişirici sistemlerde ise pişme testinde bağ yapmayıp açıkta kalan sülfürlerin yüzdesine bakılmaktadır.

Yapılan pişme ve kalıcı deformasyon testinde Şekil 7.6'da gösterilen eğriler elde edilmiştir.



Şekil 7.6. Pişme ve kalıcı deformasyon testi grafiği

Şekil 7.6'da gösterilen grafikte, soldaki ölçek, bağ yapan sülfür yüzdesini, sağdaki ölçek ise kalıcı deformasyon oranını göstermektedir. Sağa doğru yükselen eğri pişme eğrisi, sağa doğru alçalan eğri ise kalıcı deformasyon eğrisidir. Kalıcı deformasyon eğrisi yorumlandığında, test öncesinde normal boyutta olan numune % 25 oranında kalıcı deformasyon test aparatında (Resim 7.10) sıkıştırıldığında ölçüsü küçülmüş ve 24 saat sonrasında testten alındığında grafikteki yüzdece değerler kadar deforme olmuştur. İlk hali % 100 olan numune test sonrası % 10,55'e kadar deforme olmuş ve eğri artık düzleşmeye başlamıştır. Eğrinin düzleşmesi artık pişmenin tamamlandığını göstermektedir. Eğri % 10,93 oranından sonra iyice düzleşmeye başlamıştır. % 11,29 – 10,93 aralığı uygun pişme aralığını göstermektedir. % 13 – 11,29 aralığında numune uygun pişmeye yaklaşmıştır. % 13 ten büyük oranlarda numune çiğ, % 10,55 ten küçük oranlarda ise numune aşırı pişmiştir.

Aynı şekilde pişme eğrisi de yorumlandığında, test öncesi bağ yapan sülfür oranı az iken test süresince artmış ve % 23 oranından itibaren de pişme tamamlanmaya başlamıştır. % 11 oranından itibaren numune pişmeye başlamış ve % 19 – 23 aralığında ideal pişmeye ulaşmıştır. Her iki eğrideki keskin kıvrımlar hamurun pişmeye olan tepkisini göstermektedir. Her iki eğri ortak olarak yorumlandığında 3. dakika numunenin uygun pişme aralığıdır. Numune % 19 – 23 aralığında uygun pişmiş, % 15 – 19 aralığında uygun pişmeye yaklaşmıştır. % 15 ten küçük oranlar çiğ, % 23 ten büyük oranlar ise aşırı pişmiş olarak yorumlanmıştır. Pres pişirmelerinde elde edilecek numunelerde bu referans grafiği dikkate alınarak yorumlanacaktır.

7.4.2. Deney parametrelerinin tespiti

Yapılan hazırlık testleri toplu olarak değerlendirilmiştir. Buna göre;

- a) Rheometre eğrilerine bakıldığında 150, 160 ve 170 °C de pişme süreleri uzundur.
- b) 180 °C'de 7 dakikada pişirilen numunenin kopma kuvveti yüksek, kopma anı uzaması düşüktür. Dolayısıyla 7 dakikalık pişme süresi uzundur.
- c) Numune sertliği 65 Sh A'dır.

d) 7 dakikada pişirilen numunenin pişme ve kalıcı deformasyon eğrileri analiz edildiğinde uygun pişme aralığının 160 – 200 sn aralığı olduğu görülmüştür.

Yapılan tespitler doğrultusunda, pres denemelerinde UHP presi için 180 °C de 3 dakikalık pişme süresi denenmesi kararlaştırılmıştır. Ayrıca, yapılacak denemenin sağlaması için 10 °C ve 30 sn daha düşük değerlerde ve aynı şekilde 10 °C ve 30 sn daha yüksek değerlerde de numune üretilmesi kararlaştırılmıştır.

Geleneksel yöntemle pres denemelerinde, TP1 ve TP2 parçaları için 160, 170 ve 180 °C’de 10, 11 ve 12 dakikalık pişme sürelerinin, TP3 parçası için ise 14, 15 ve 16 dakikalık pişme sürelerinin denenmesi kararlaştırılmıştır.

Bu tespitlerin yapılmasında çalışılacak preslerin ve kalıpların özelliği ile parça ebatları belirleyici olmuştur. TP1 ve TP2 parçaları, geleneksel yöntemde 9 gözlü kalıpta iletme yöntemiyle üretilmektedir. UHP yönteminde ise üretim tek gözlü bir kalıpta yapılacaktır. Aynı şekilde TP3 parçası, geleneksel yöntemde 2 gözlü sıkıştırma kalıbında üretilmektedir. TP3 parçası, TP1 ve TP2 parçalarına oranla daha hacimli parça olduğundan geleneksel yöntem pişirme sürelerinin daha uzun tutulmasına karar verilmiştir. UHP presinde ise yine tek gözlü kalıpla üretilmektedir. UHP presinin özelliği gereği, hamuru kalıba püskürtmeden önce 140 °C kritik sıcaklığa ısıtması pişme süresini düşüreceğinden 2,5 – 3 – 3,5 dakikalık pişme sürelerinin denenmesi kararlaştırılmıştır.

Deney parametrelerinin bir diğeri ise basınçtır. Geleneksel yöntemle yapılan denemelerde iletme ve sıkıştırma yöntemi için kullanılan presin ana silindir basıncı referans alınmıştır ve 190 Bar olarak çalışılmıştır. İletme ve sıkıştırma yöntemlerinde amaç hamurun kalıp boşluğunu doldurması olduğundan yetersiz basınç yüzünden kalıbın tam kapanmaması üretim hatalarına neden olabilir. Bu yüzden tam kapanmayı temin etmek için pres azami basıncıyla kapatılmıştır. UHP presi ise, özelliği gereği kapama ayarı kN birimi üzerinden ayarlanmaktadır. Aynı şekilde, UHP presinde deneme yaparken hamurun püskürtülmesi esnasında püskürtme

basıncının kalıbın kapanma kuvvetini yenmemesi ve kalıbın açılmaması için azami kuvvet değeri olan 500 kN ile kalıp kapatılmıştır.

Parçaların üretimi esnasında kalıp boşluğu içinde sıkışabilecek yada tepkime sonucu oluşabilecek istenmeyen gazların kalıp dışına atılması için tüm denemelerde kalıbın hamurla doldurulması tamamlanıp pişmeye geçerken ikişer defa havalandırma yapılmıştır.

Yapılacak denemelerin doğruluğu ise esneme, dinamik, yapışma ve pişme testleriyle kontrol edilecektir. Yapılacak denemelerin deney parametreleri Çizelge 7.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.5. Deney parametreleri

	Geleneksel Yöntem			UHP Yöntemi		
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3
	160 °C	170 °C	180 °C	170 °C	180 °C	190 °C
TP1	10 dk	11 dk	12 dk	2,5 dk	3 dk	3,5 dk
	190 Bar	190 Bar	190 Bar	500 kN	500 kN	500 kN
	2 hav.	2 hav.	2 hav.	2 hav.	2 hav.	2 hav.
TP2	10 dk	11 dk	12 dk	2,5 dk	3 dk	3,5 dk
	190 Bar	190 Bar	190 Bar	500 kN	500 kN	500 kN
	2 hav.	2 hav.	2 hav.	2 hav.	2 hav.	2 hav.
TP3	14 dk	15 dk	16 dk	2,5 dk	3 dk	3,5 dk
	190 Bar	190 Bar	190 Bar	500 kN	500 kN	500 kN
	2 hav.	2 hav.	2 hav.	2 hav.	2 hav.	2 hav.

8. DENEYLER VE YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

8.1. Deneyler

8.1.1. Geleneksel yöntem ile üretim

Deneylere TP1 parçasının geleneksel yöntemlerden iletme uygulamasıyla başlanmıştır. Uygulama öncesi makine parametrelerinden kalıp sıcaklığı 160 °C, pişme süresi 10 dk olarak ayarlanmıştır (Çizelge 7.5). Kullanılan kalıp, dokuz gözlü bir kalıptır. Kalıbın her bir gözüne önceden hazırlanan TP1 parçasına ait metal parçalar yerleştirilmiştir. Yine her bir göze ait iletme haznelere TP1 parçasında kullanılacak olan 65 Sh A sertliğindeki doğal kauçuk (NR) yerleştirilmiştir. Pres, 190 Bar ile kapatılarak kauçuk parçalarının basıncın etkisiyle iletme deliklerinden geçerek kalıp gözü ile metaller arasındaki boşluğu doldurması sağlanmıştır. Kapama basıncı altında parçalar pişmeye bırakılmış, pişmeye geçmeden önce istenmeyen gazların kalıp dışına atılması için iki defa havalandırma yapılmıştır (Resim 7.1).

Makineye girilen 10 dk süresi sona erdiğinde pres açılmış ve pişen parçalar kalıptan alınmıştır. Benzer işlem 170 °C – 11 dk ve 180 °C – 12 dk için de yapılmıştır.

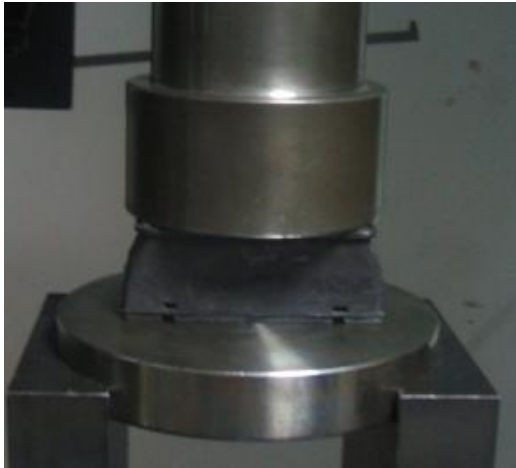
TP1 için yapılan tüm bu çalışmalar aynı parametreler ile TP2 ve TP3 parçaları için de gerçekleştirilmiştir. Ancak TP3 parçasında, sıkıştırma presi ve kalıbı kullanılmış, pişme süreleri her testte 14, 15 ve 16 dk olarak ayarlanmıştır (Resim 7.4).

Geleneksel yöntemlerle üretilen TP1, TP2 ve TP3 parçaları uygunluklarının tespiti için esneme, dinamik, yapışma ve pişme testine sokulmuştur (Resim 8.1, Resim 8.2,.Resim 8.3, Resim 8.4, Resim 8.5 ve Resim 8.6).

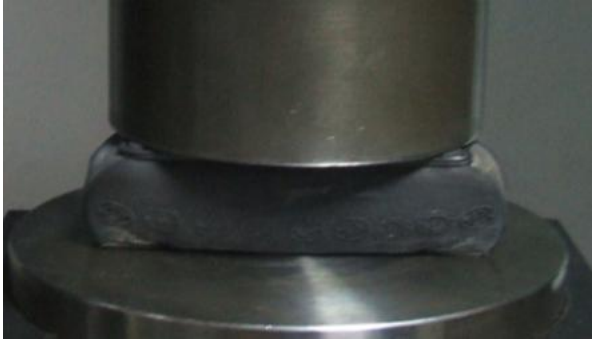
8.1.2. UHP yöntem ile üretim

UHP yöntemiyle numune üretimine TP1 parçasıyla başlanmıştır. Kalıp sıcaklığı 170 °C' ye, pişme süresi ise 2,5'dk ya ayarlanmıştır (Çizelge 7.5). TP1 metali kalıp boşluğuna yerleştirilip kalıp 500 kN ile kapatılmıştır. Hamur, pres tarafından otomatik olarak önce vida silindirine, sonra sıcaklığı 140 °C olan ikinci silindire aktarılmıştır. İkinci silindirde ısıtılan hamur kalıp boşluğuna 200 Bar ile püskürtülmüştür. Püskürtme işlemi tamamlanıp pişmeye geçmeden önce kalıp içerisindeki istenmeyen gazların dışarı atılması için iki defa havalandırma yapılmış ve parça pişmeye bırakılmıştır. 2,5 dk sonra kalıp, pres tarafından otomatik olarak açılmış ve pişmiş olan parça el ile kalıptan alınmıştır. Aynı işlemler 180 °C – 3 dk ve 190 °C – 3,5 dk için de tekrarlanmıştır (Resim 7.5 ve Resim 7.6). Aynı işlemler TP2 ve TP3 parçaları için de tekrarlanmıştır.

UHP yöntemle üretilen TP1, TP2 ve TP3 parçaları uygunluklarının tespiti için esneme, dinamik, yapışma ve pişme testine sokulmuştur (Resim 8.1, Resim 8.2, Resim 8.3, Resim 8.4, Resim 8.5 ve Resim 8.6).



Resim 8.1. TP1 ve TP2 parçası esneme testi



Resim 8.2. TP1 ve TP2 parçası dinamik testi



Resim 8.3. TP3 parçası esneme testi



Resim 8.4. TP3 parçası dinamik testi



Resim 8.5. TP1 ve TP2 parçası yapışma testi



Resim 8.6. TP3 parçası yapışma testi

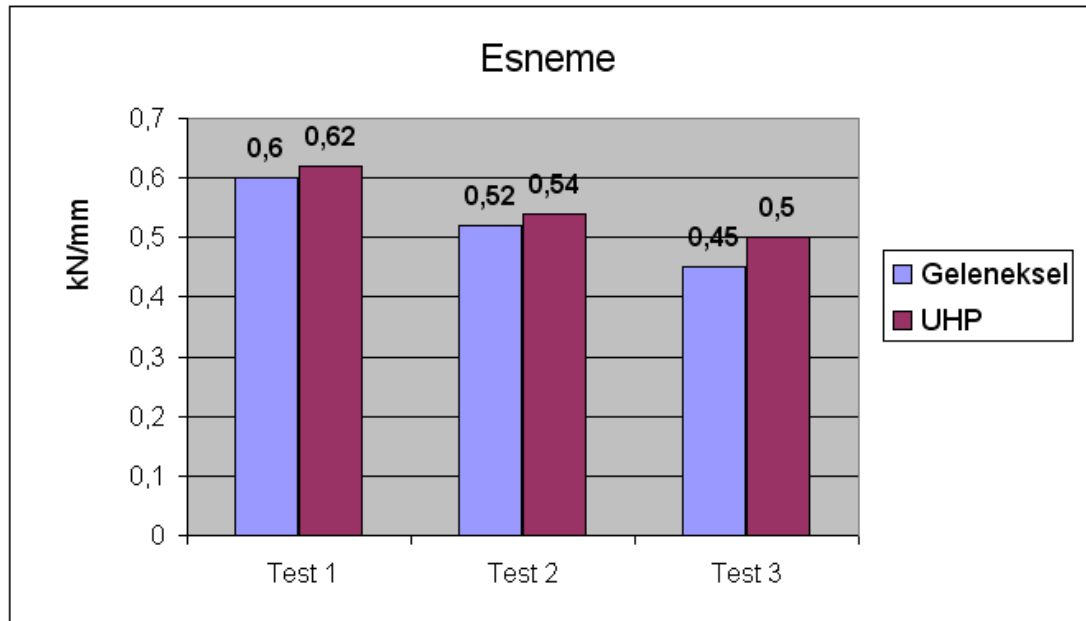
8.2. Deneylerin Test Sonuçları

8.2.1. Esneme testi sonuçları

Yapılan denemelerde üretilen TP1, TP2 ve TP3 parçaları esneme testlerine sokularak uygunlukları kontrol edilmiştir. Esneme testi sonuçları Çizelge 8.1, Şekil 8.1, Şekil 8.2 ve Şekil 8.3'de gösterilmiştir.

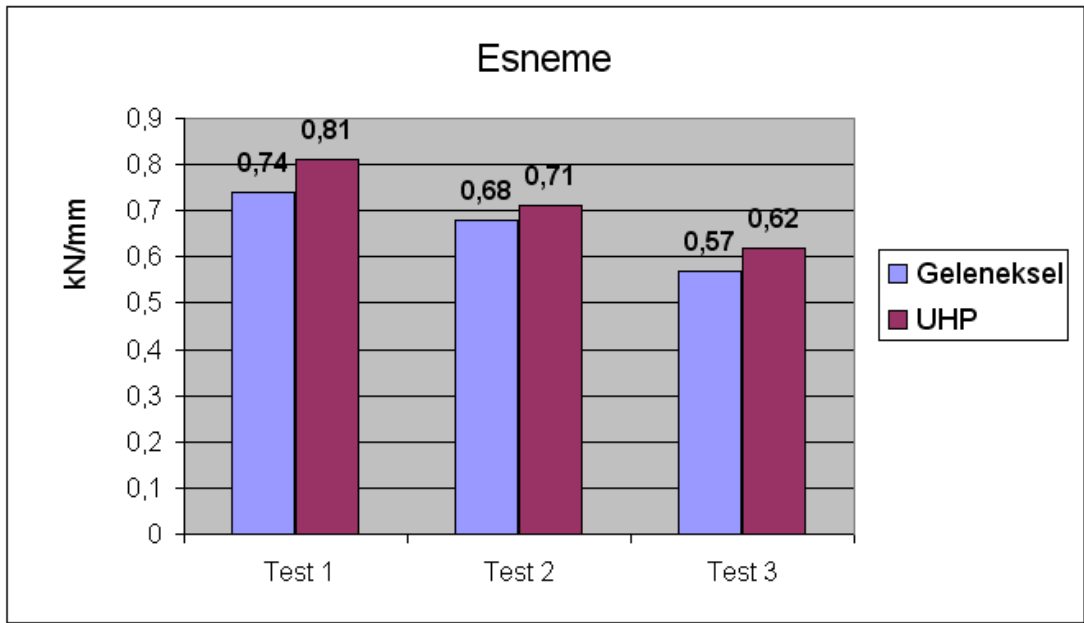
Çizelge 8.1. Esneme testi sonuçları

	Geleneksel Yöntem			UHP Yöntemi		
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3
	160 °C	170 °C	180 °C	170 °C	180 °C	190 °C
	10 dk 190 Bar 2 hav.	11 dk 190 Bar 2 hav.	12 dk 190 Bar 2 hav.	2,5 dk 500 kN 2 hav.	3 dk 500 kN 2 hav.	3,5 dk 500 kN 2 hav.
TP1	0,60 kN/mm	0,52 kN/mm	0,45 kN/mm	0,62 kN/mm	0,54 kN/mm	0,50 kN/mm
TP2	0,74 kN/mm	0,68 kN/mm	0,57 kN/mm	0,81 kN/mm	0,71 kN/mm	0,62 kN/mm
	14 dk 190 Bar 2 hav.	15 dk 190 Bar 2 hav.	16 dk 190 Bar 2 hav.	2,5 dk 500 kN 2 hav.	3 dk 500 kN 2 hav.	3,5 dk 500 kN 2 hav.
TP3	0,41 kN/mm	0,34 kN/mm	0,22 kN/mm	0,38 kN/mm	0,33 kN/mm	0,26 kN/mm



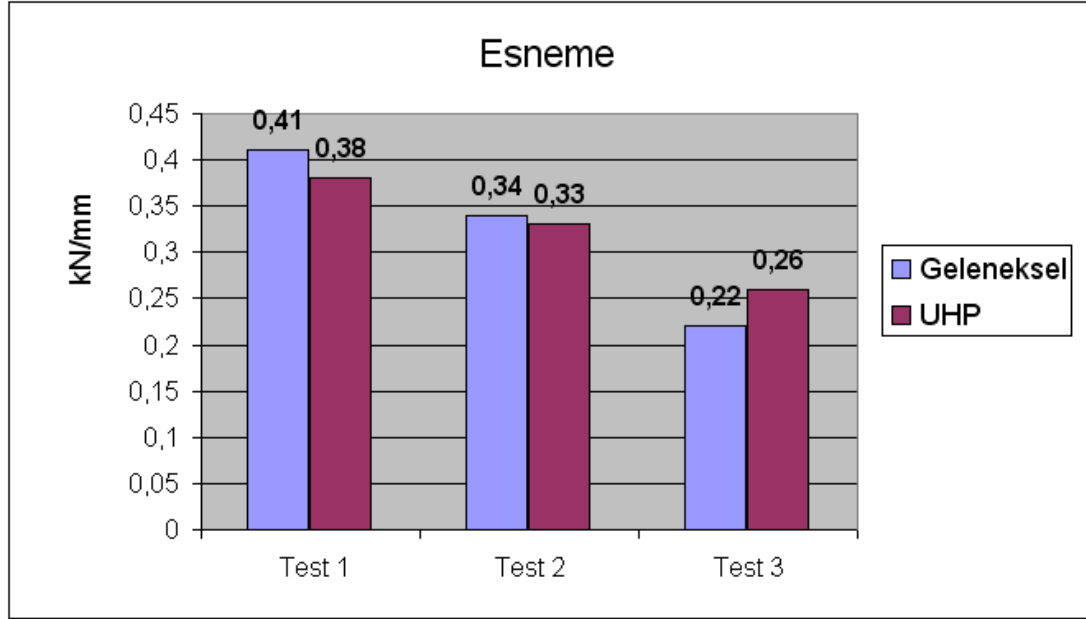
Şekil 8.1. TP1 parçası esneme testi sonuçları

TP1 parçasının esneme testleri incelendiğinde geleneksel ile UHP üretimin esneme değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. Her testte sıcaklık ve süre arttığı için parça fazla enerji almış, dolayısıyla esneme değerleri düzgün bir düşüş çizgisi oluşmuştur. Yukarıdaki şekil incelendiğinde geleneksel ve UHP yöntem için ikinci deneme değerleri uygun görünmektedir. Geleneksel yöntem için 170 °C – 11 dk, UHP yöntemi için ise 180 °C – 3 dk parametreleri esneme için uygundur.



Şekil 8.2. TP2 parçası esneme testi sonuçları

TP2 parçasının esneme testleri incelendiğinde geleneksel ile UHP üretimin esneme değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. Her testte sıcaklık ve süre arttığı için parça fazla enerji almış, dolayısıyla esneme değerleri düzgün bir düşüş çizgisi oluşmuştur. Yukarıdaki şekil incelendiğinde geleneksel ve UHP yöntem için ikinci deneme değerleri uygun görünmektedir. Geleneksel yöntem için 170 °C – 11 dk, UHP yöntemi için ise 180 °C – 3 dk parametreleri esneme için uygundur.



Şekil 8.3. TP3 parçası esneme testi sonuçları

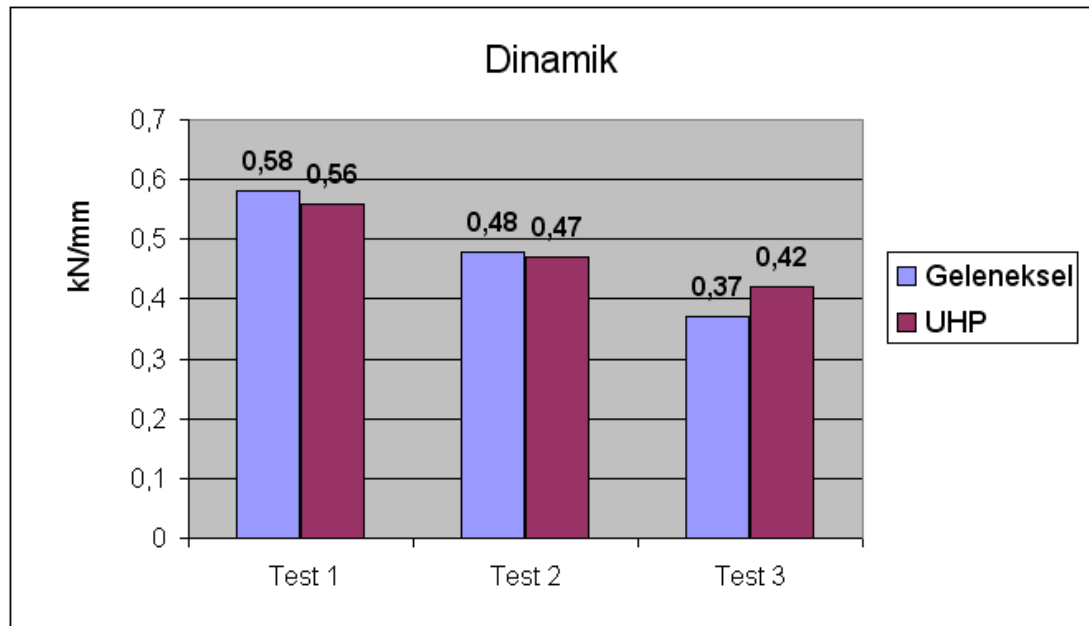
TP3 parçasının esneme testleri incelendiğinde geleneksel ile UHP üretimin esneme değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. Her testte sıcaklık ve süre arttığı için parça fazla enerji almış, dolayısıyla esneme değerleri düzgün bir düşüş çizgisi oluşmuştur. Yukarıdaki şekil incelendiğinde geleneksel ve UHP yöntem için ikinci deneme değerleri uygun görünmektedir. Geleneksel yöntem için 170 °C – 15 dk, UHP yöntemi için ise 180 °C – 3 dk parametreleri esneme için uygundur.

8.2.2. Dinamik testi sonuçları

Yapılan denemelerde üretilen TP1, TP2 ve TP3 parçaları esneme testlerinden sonra dinamik teste sokularak uygunlukları kontrol edilmiştir. Dinamik test sonrası elde edilen değerlerin esneme testi sonuçlarından çok fazla düşük olmadığı ve \pm % 15 arasında seyrettiği görülmüştür. Normal şartlarda dinamik test sonuçlarının esneme testinden en fazla \pm % 15 arasında seyretmesi beklenir. Ayrıca parçalar görsel olarak ta incelenip herhangi bir tahribat olup olmadığı kontrol edilir. Yapılan dinamik testi sonrası parçalarda herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir. Dinamik test sonuçları Çizelge 8.2, Şekil 8.4, Şekil 8.5 ve Şekil 8.6’da gösterilmiştir.

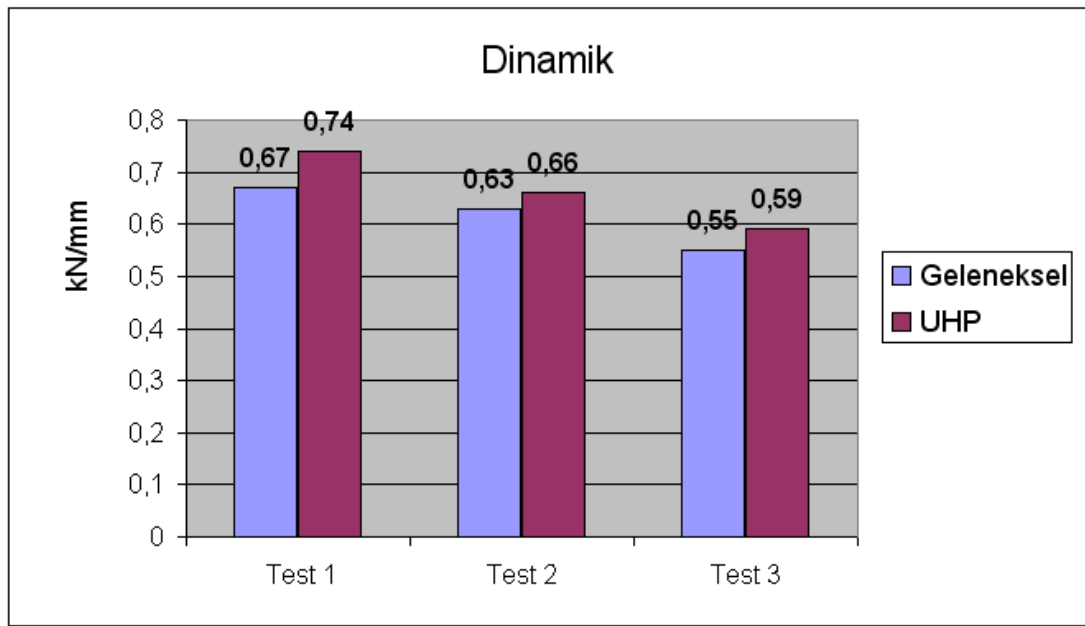
Çizelge 8.2. Dinamik test sonuçları

	Geleneksel Yöntem			UHP Yöntemi		
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3
	160 °C	170 °C	180 °C	170 °C	180 °C	190 °C
	10 dk 190 Bar 2 hav.	11 dk 190 Bar 2 hav.	12 dk 190 Bar 2 hav.	2,5 dk 500 kN 2 hav.	3 dk 500 kN 2 hav.	3,5 dk 500 kN 2 hav.
TP1	0,58 kN/mm	0,48 kN/mm	0,37 kN/mm	0,56 kN/mm	0,47 kN/mm	0,42 kN/mm
TP2	0,67 kN/mm	0,63 kN/mm	0,55 kN/mm	0,74 kN/mm	0,66 kN/mm	0,59 kN/mm
	14 dk 190 Bar 2 hav.	15 dk 190 Bar 2 hav.	16 dk 190 Bar 2 hav.	2,5 dk 500 kN 2 hav.	3 dk 500 kN 2 hav.	3,5 dk 500 kN 2 hav.
TP3	0,37 kN/mm	0,30 kN/mm	0,19 kN/mm	0,33 kN/mm	0,28 kN/mm	0,24 kN/mm



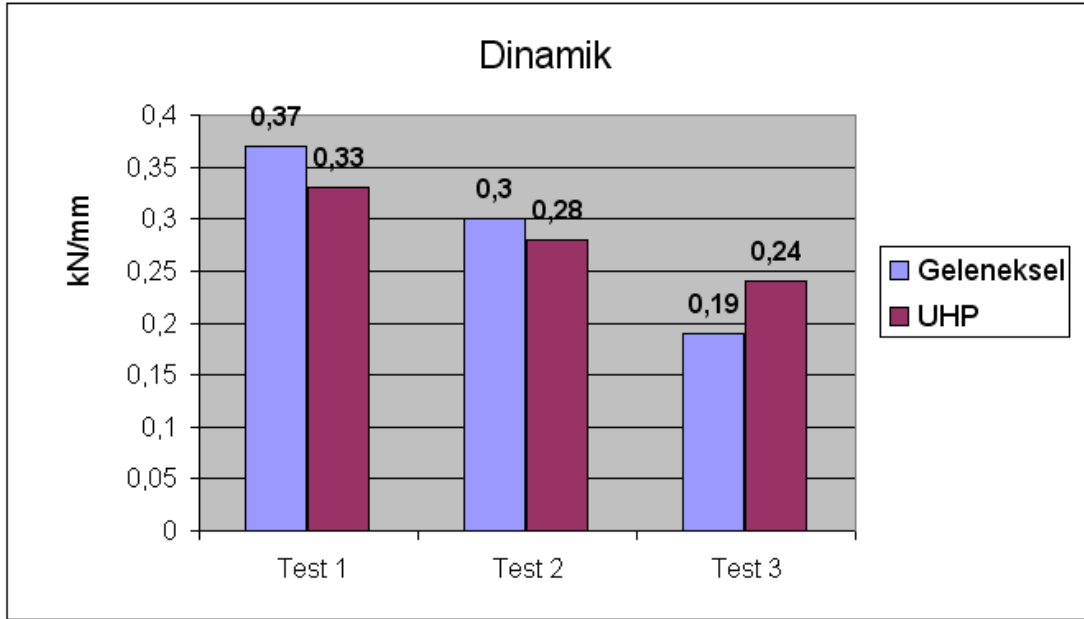
Şekil 8.4. TP1 parçası dinamik testi sonuçları

TP1 parçasının dinamik testleri incelendiğinde geleneksel ile UHP üretimin dinamik değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. Her testte sıcaklık ve süre arttığı için parça fazla enerji almış, dolayısıyla dinamik değerleri düzgün bir düşüş çizgisi oluşmuştur. Yukarıdaki şekil incelendiğinde geleneksel ve UHP yöntem için ikinci deneme değerleri uygun görünmektedir. Geleneksel yöntem için 170 °C – 11 dk, UHP yöntemi için ise 180 °C – 3 dk parametreleri dinamik test için uygundur.



Şekil 8.5. TP2 parçası dinamik testi sonuçları

TP2 parçasının dinamik testleri incelendiğinde geleneksel ile UHP üretimin dinamik değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. Her testte sıcaklık ve süre arttığı için parça fazla enerji almış, dolayısıyla dinamik değerleri düzgün bir düşüş çizgisi oluşmuştur. Yukarıdaki şekil incelendiğinde geleneksel ve UHP yöntem için ikinci deneme değerleri uygun görünmektedir. Geleneksel yöntem için 170 °C – 11 dk, UHP yöntemi için ise 180 °C – 3 dk parametreleri dinamik test için uygundur.



Şekil 8.6. TP3 parçası dinamik testi sonuçları

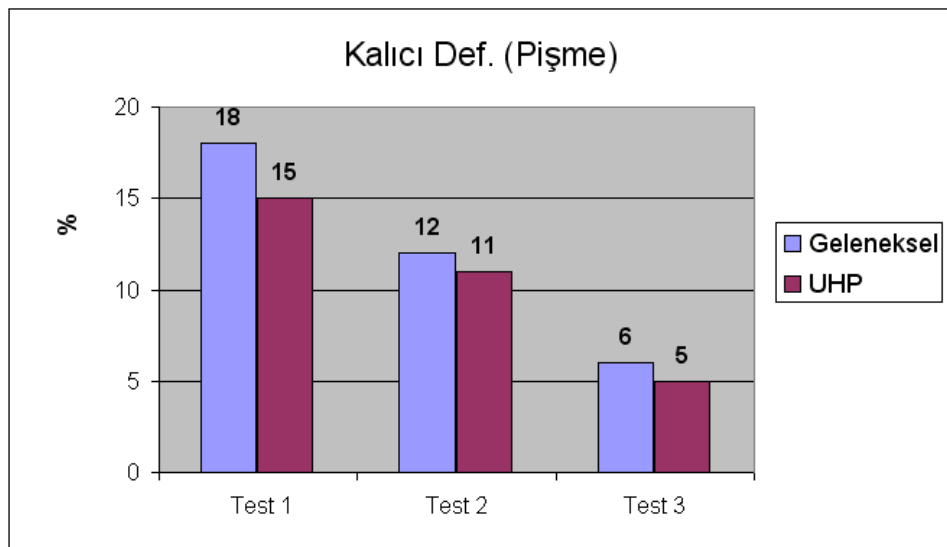
TP3 parçasının dinamik testleri incelendiğinde geleneksel ile UHP üretimin dinamik değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. Her testte sıcaklık ve süre arttığı için parça fazla enerji almış, dolayısıyla dinamik değerleri düzgün bir düşüş çizgisi oluşmuştur. Yukarıdaki şekil incelendiğinde geleneksel ve UHP yöntem için ikinci deneme değerleri uygun görünmektedir. Geleneksel yöntem için 170 °C – 15 dk, UHP yöntemi için ise 180 °C – 3 dk parametreleri dinamik test için uygundur.

8.2.3. Pişme testi sonuçları

Yapılan denemelerde üretilen TP1, TP2 ve TP3 parçaları pişme testine sokularak uygunlukları kontrol edilmiştir. Uygunluk kontrolü, önceden hazırlanan ve Şekil 7.6'da gösterilmiş olan pişme ve kalıcı deformasyon grafiği baz alınarak yapılmıştır. Yapılan pişme testi sonuçları Çizelge 8.3, Şekil 8.7, Şekil 8.8 ve Şekil 8.9'da gösterilmiştir.

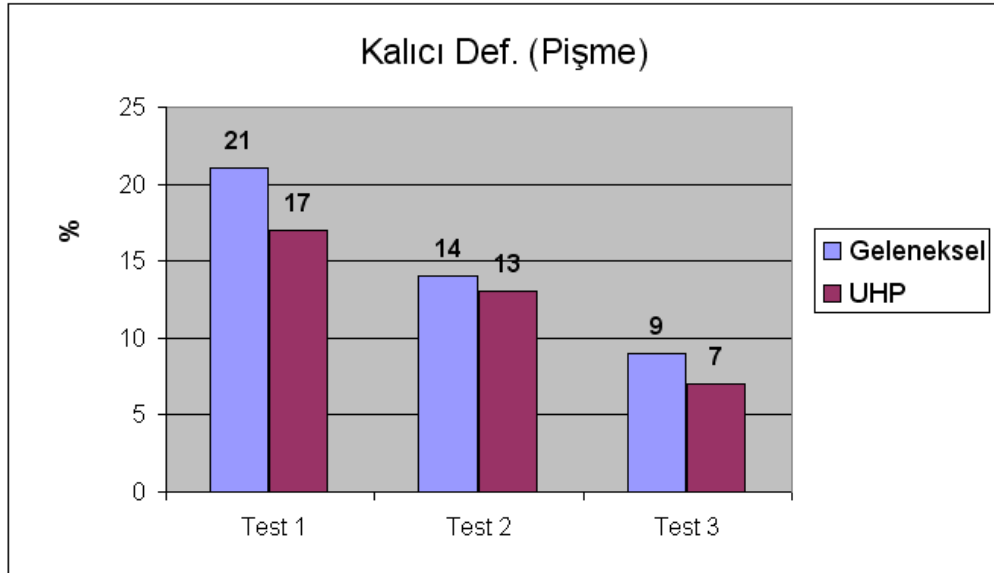
Çizelge 8.3. Pişme testi sonuçları

	Geleneksel Yöntem			UHP Yöntemi		
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 1	Test 2	Test 3
	160 °C	170 °C	180 °C	170 °C	180 °C	190 °C
	10 dk 190 Bar 2 hav.	11 dk 190 Bar 2 hav.	12 dk 190 Bar 2 hav.	2,5 dk 500 kN 2 hav.	3 dk 500 kN 2 hav.	3,5 dk 500 kN 2 hav.
TP1 Kalıcı Def.	18 %	12 %	6 %	15 %	11 %	5 %
TP2 Kalıcı Def.	21 %	14 %	9 %	17 %	13 %	7 %
	14 dk 190 Bar 2 hav.	15 dk 190 Bar 2 hav.	16 dk 190 Bar 2 hav.	2,5 dk 500 kN 2 hav.	3 dk 500 kN 2 hav.	3,5 dk 500 kN 2 hav.
TP3 Sülfür	11 %	20 %	26 %	15 %	21 %	28 %



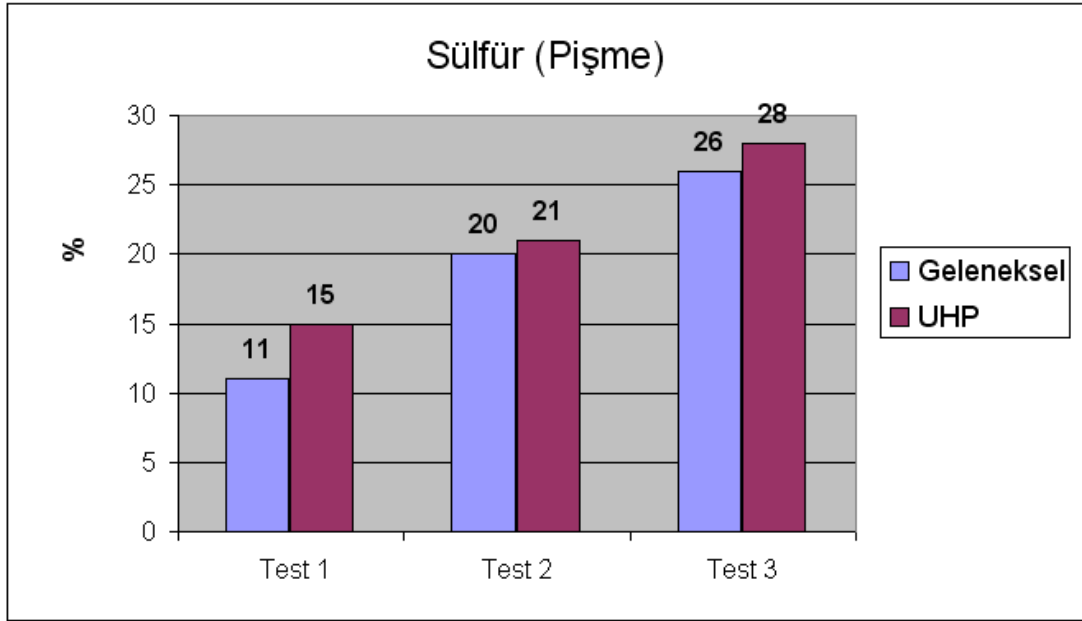
Şekil 8.7. TP1 parçası kalıcı deformasyon testi sonuçları

TP1 parçasının kalıcı deformasyon testleri incelendiğinde geleneksel ile UHP üretimin pişme değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. Her testte sıcaklık ve süre arttığı için parça fazla enerji almış, dolayısıyla pişme değerleri düzgün bir düşüş sergilemiştir. Parça enerji alıp piştikçe, uygulanan kuvvete direnç göstermiş ve daha az deforme olmuştur. Az pişmiş olan parça ise kuvvete daha az direnç gösterdiğinden daha fazla deformasyona uğramıştır. Bu yüzden grafik azalan bir eğri göstermiştir. Yukarıdaki şekil incelendiğinde geleneksel ve UHP yöntem için ikinci deneme değerleri uygun görünmektedir. Geleneksel yöntem için 170 °C – 11 dk, UHP yöntemi için ise 180 °C – 3 dk parametreleri kalıcı deformasyon testi için uygundur.



Şekil 8.8. TP2 parçası kalıcı deformasyon testi sonuçları

TP2 parçasının kalıcı deformasyon testleri incelendiğinde geleneksel ile UHP üretimin pişme değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. Her testte sıcaklık ve süre arttığı için parça fazla enerji almış, dolayısıyla pişme değerleri düzgün bir düşüş sergilemiştir. Parça enerji alıp piştikçe, uygulanan kuvvete direnç göstermiş ve daha az deforme olmuştur. Az pişmiş olan parça ise kuvvete daha az direnç gösterdiğinden daha fazla deformasyona uğramıştır. Bu yüzden grafik azalan bir eğri göstermiştir. Yukarıdaki şekil incelendiğinde geleneksel ve UHP yöntem için ikinci deneme değerleri uygun görünmektedir. Geleneksel yöntem için 170 °C – 11 dk, UHP yöntemi için ise 180 °C – 3 dk parametreleri kalıcı deformasyon testi için uygundur.



Şekil 8.9. TP3 parçası sülfür testi sonuçları

TP3 parçasının sülfür testleri incelendiğinde geleneksel ile UHP üretimin pişme değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. Her testte sıcaklık ve süre arttığı için parça fazla enerji almış, dolayısıyla bağ yapma değerleri düzgün bir artış sergilemiştir. Parça enerji alıp piştikçe, hamur içerisindeki bağ yapan sülfür oranı artmıştır. Yukarıdaki şekil incelendiğinde geleneksel ve UHP yöntem için ikinci deneme değerleri uygun görünmektedir. Geleneksel yöntem için 170 °C – 15 dk, UHP yöntemi için ise 180 °C – 3 dk parametreleri pişme testi için uygundur. Test 1 ve Test 3 pişme sonuçları Şekil 7.6'daki grafik baz alındığında uygun değildir. Test 1 ile üretilen parçalar çiğ iken, Test 3 ile üretilen parçalar aşırı pişmiş ve sınırların dışına çıkmıştır.

8.3. Deney Sonuçlarının Özeti ve Karşılaştırılması

Farklı sıcaklık ve pişme sürelerinde üretilen TP1, TP2 ve TP3 parçalarının test sonuçları genel olarak yorumlandığında parçaların test sonuçları birbirine paralel seyrete de en uygun görünen sonuçlar Test 2'ye aittir. Ayrıca TP3 parçasının 1. ve 3. testleri pişme sınırlarının dışında geldiğinden başarısız kabul edilmiştir. Dolayısıyla uygun görünen esneme ve dinamik test sonuçları da dikkate alınmamış

ve başarısız kabul edilmiştir. Tüm bu sonuçlar neticesinde en uygun çalışma Test 2'dir.

Test 2'de TP1 ve TP2 parçaları, geleneksel yöntemde 170 °C – 11 dk'da pişirilirken, UHP yönteminde 180 °C – 3 dk'da pişirilmiştir. Aynı şekilde TP3 parçası Test 2'de, 170 °C – 15 dk'da pişirilirken UHP yönteminde 180 °C – 3 dk'da pişirilmiştir.

Ayrıca, geleneksel yöntemde TP1 ve TP2 parçalarının bir çevrimlik üretim süresi, yükleme ve boşaltma işlemleri ile birlikte 18 dk, TP3 parçasının çevrim süresi ise 24 dk olarak gerçekleşmiştir. UHP yönteminde ise TP1, TP2 ve TP3 parçaları için bir çevrim 3,5 dk olarak gerçekleşmiştir.

Buna göre, çevrim sürelerinden kazanç Çizelge 8.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 8.4. Çevrim süresi kazançları

	Çevrim Süresi		
	Geleneksel Yöntem	UHP Yöntemi	Kazanç
TP1	18	3,5	5,1 kat
TP2	18	3,5	5,1 kat
TP3	24	3,5	6,8 kat

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen çalışmada, geleneksel yöntemler ve UHP yöntemi karşılaştırılmıştır. TP1, TP2 ve TP3 parçaları hem geleneksel hem de UHP yöntemi ile üretilmiştir. Yapılan deneylerin sonuçları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- TP1 ve TP2 parçaları için geleneksel yöntemde harcanan işçilik 420 sn iken UHP yönteminde 20 sn dir.
- Uygun sonuçlara göre TP1 ve TP2 parçaları, geleneksel yöntemde 660 sn de, UHP yönteminde ise 180 sn de pişmiştir. Çevrim sürelerine bakıldığında ise geleneksel yöntemde 18 dk iken UHP yönteminde 3 dk olarak gerçekleşmiştir.
- TP3 parçası, geleneksel yöntemde 900 sn de pişerken UHP yönteminde 180 sn de pişmiştir.
- TP3 parçasının çevrim sürelerine bakıldığında ise geleneksel yöntemde 24 dk iken UHP yönteminde 3,5 dk olarak gerçekleşmiştir.
- TP3 parçasının UHP yöntemi ile üretiminde kullanılan pres ve kalıp geleneksel yöntemle kıyasla daha modern ve kullanışlıdır.
- UHP yönteminde kalıp, geleneksel yöntemdeki gibi 500 sn değil 20 sn açık kalmıştır. Kalıbın soğuması daha az olduğundan parçalar daha az etkilenmiştir.
- Hem TP1, TP2 parçaları hem de TP3 parçası için geleneksel yöntemde hamurun Barwell makinesinde şekillendirilmeleri gerekmiş, fazladan işçilik yapılmıştır. Ancak UHP yönteminde bu işleme gerek kalmadığından ek işçilik maliyeti ve zamanı da kazanılmıştır.

UHP yönteminin teknolojisi çok yenidir ve henüz yeterince yaygınlaşmamıştır. UHP presinin maliyetinin yüksek olması bu yöntemin yaygınlaşmasında sorun teşkil etmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmada iki farklı terimin çokça vurgulandığı görülmektedir. Bunlardan ilki, literatür çalışmasında vurgulanan kauçuk hamuru üretim yöntemi, diğeri ise parça üretim yöntemidir. Her ikisi de aslında pişirme sürecini iyileştirme

adına yapılırsa da çalışma alanları birbirinden farklıdır. Kauçuk hamuru üzerinde yapılan çalışmalar girdi üzerinde, bu çalışmadaki yöntemde ise üretim prosesi üzerinde odaklanılmıştır.

Bu çalışmada, iki farklı yöntem karşılaştırılmıştır. İlki, geleneksel üretim yöntemidir ki bunun alt başlıkları püskürtme, iletme, sıkıştırma, püskürtme sıkıştırma, püskürtme iletme ve soğuk yolluklu üretim şeklinde sıralanabilir. Bu yöntemde, pişme süresi genelde uzun olmaktadır. Buda üretim kapasitesinin düşük, maliyetlerin yüksek seyretmesine neden olmaktadır.

İkinci yöntem olan UHP yönteminde ise, pişme süresinden kazanç sağlayarak yukarıda bahsedilen olumsuzluklardan kurtulabilmek adına kauçuk hamuru iki aşamada püskürtülerek üretim gerçekleştirilmiştir.

Rekabet edebilme mecburiyeti, firmaların ar-ge çalışmalarını sürekli olarak tetikleyecektir. Bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması adına, bu yeni yöntemin geliştirilmesi önerilmektedir. Henüz yaygın olmayan bu yöntem, daha da geliştirilip yaygınlaştırıldığında, tamamen geleneksel yöntemlerin yerini alacak ve daha çok teknolojik gelişmelere ilham kaynağı olacaktır. Yeni yapılacak çalışmalarda, kauçuk hamuru kimyasalları üzerinde durulmasında da fayda olacaktır. Çünkü, UHP yönteminin çalışma mantığı olan hamurun kritik sıcaklığa yani bağ yapmaya en yakın bölgeye ulaştırılması, yeni kimyasallarla daha da yukarı çekilebilir ve böylece pişme süresinden daha fazla kazanç sağlanabilir. Tabi bunun için eriyik kauçuk hamurunun kalıp içini doldurması esnasındaki akışkanlığının korunması çok önemli olacaktır.

Üzerinde çalışılabilecek ve geliştirilebilecek bir diğer nokta ise UHP yönteminde kullanılan kalıplardaki göz adedinin artırılması olacaktır. Çünkü teknoloji yeni olduğundan şimdilik sadece tek gözlü kalıplarla çalışma yapılabilmekte, bu da üretim kapasitesinin artmasına engel olmaktadır. Pişme süresinden kazanılan zamana ilave olarak göz sayısı da artırılabilirse geleneksel yöntemler tamamen yerini UHP yöntemine bırakacaktır.

KAYNAKLAR

1. Data, R.N., Helt, W.F., Flexsys, B.V., "Optimizing tire compound reversion resistance without sacrificing performance characteristics", *Rubber India*, India, 11: 5-11 (1997).
2. Levin, V.Y., Kim, S.H., Isayev, A.I., "Vulcanisation of ultrasonically devulcanised SBR elastomers", *Rubber Chemistry and Technology*, Russia, 1:8-120 (1997).
3. Olkhov, Y., Kurkowski, B., "Thermomechanical study of molecular and topological structure of different kinds of sulfur", *Journal of Applied Polymer Science*, Russia, 3:499-505 (1997).
4. Data, R.N., Tamla, A.G., Wagenmakers, J.C., "Revisiting conventional cure", *Kautchuk und Gummi Kunststoffe*, India, 4:81-274 (1997).
5. Chun, H., Gent, A.N., "Strenght of sulfur-linked elastomers", *Rubber Chemistry and Technology*, Russia, 4:90-577 (1996).
6. Barbe, G., Karnatak, A., Gomez, E., "Determining the free sulphur content of vulcanised rubbers", *Revue Generale des Caoutchoucs et Plastiques*, 744:87-90 (1995).
7. Data, R.N., De Haag, A.J., Wilbrink, J.H., Flexsys, B.V., "Reversion resistance through crosslink compensation", *Industria della Gomma*, India, 7:16-20 (1995).
8. Travas-Sejdic, J., Jelencic, J., Bravar, M., Frobe, Z., "Characterisation of the natural rubber vulcanisates obtained by different accelerators", *European Polymer Journal*, 12:401-1395 (1996).
9. Graf, H-J., Johansson, A.H., "Resistance to reversion of natural rubber with the help of thiophosphate cure systems", *International Rubber Conference*, 1:37-40 (1996).
10. Costin, R., Nagel, W.R., "Coagents for rubber to metal adhesion", *Rubber and Plastics News*, 17:7-14 (1996).
11. Shilov, I.B., Khlebov, G.A., Baranov, L.A., "Vulcanisation of butyl rubber at moderate temperature", *Kauchuk i Rezina*, Russia, 3:4-13 (1995).
12. Data, R.N., Helt, W.F., "Approaches to improve reversion resistance", *Rubber and Plastics News*, India, 13:12-14 (1997).
13. Kosar, K., "Sulphenimide vulcanisation accelerator", *International Polymer Science and Technology*, 1:8-11 (1999).

14. McElwee, C.B., Lohr J.E., “Comparing curing systems: peroxide – coagent versus sulphur – accelerator in polyisoprene”, *Rubber World*, 1:4-41 (2001).
15. Oliveira, M.G., Soares B.G., “Effect of the vulcanising system of cure and mechanical properties of NBR/EPDM blends”, *Polymers & Polymer Composites*, 1:459-468 (2001).
16. Duchacek, V., Duskova M., “Cure curve with two plateaus: the result of individual vulcanisation reactions”, *Journal of PolymerEngineering*, Russia, 1:7-341 (2001).
17. Akiba, M., Ishida T., Tagami T., “Studies of vulcanising agents and accelerators.IX. sulphylimines as prevulcanisation inhibitors”, *Nippon Gomu Kyokaishi*, Japonya, 1:9-105 (2001).
18. Savran, H. Ö., “Elastomer Teknolojisi I”, *Kauçuk Derneği Yayınları*, İstanbul, 1-60 (2001).
19. Savran, H. Ö., “Elastomer Teknolojisi II”, *Kauçuk Derneği Yayınları*, İstanbul, 1-30 (2001).
20. Data, R.N., “Rubber Curing Systems”, *Rapra Review Reports*, India, 12:3-20 (2002).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KERVAN, Fatihhan
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 01.01.1981 Karasu
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 546 294 75 51
e-mail : fhkervan@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üni. /Makine Eğitimi Bölümü	-
Lisans	Gazi Üni./ Makine Eğitimi Bölümü	2003
Lise	Sak. Anadolu Meslek Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-	Beltan Vibracoustic A.Ş.	Proses Gel. Sor.
2005-2007	Ar Makine San. Tic. Ltd. Şti.	Tasarım Sor.
2005-2005	Rasim Çelik Makine San. Tic. Ltd. Şti.	CNC Sor.

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar, İnternet, Futbol, Masa tenisi