

HASSAS DÖKÜM MODEL MUMLARININ ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ

93635

Neşet AKAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
METAL EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Ocak 2000

ANKARA



Neşet AKAR tarafından hazırlanan HASSAS DÖKÜM MODEL MUMLARININ ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Senay TAŞCIOĞLU

Doç. Dr. Burhanettin İNEM
Tez Yöneticileri

Bu çalışma, jürimiz tarafından Metal Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Muzaffer Tulu M. Tulu

Üye

Doç. Dr. Senay TAŞCIOĞLU

Üye

Doç. Dr. Burhanettin İNEM

Üye

Doç. Dr. A. Tamer ÖZDEMİR

Üye

Yrd. Doç. Dr. Süleyman TEKELİ

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

B. Atsoy

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	v
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
3. MATERYAL VE METOD	11
3. 1. Kullanılan Malzeme ve Cihazlar	11
3. 2. Çalışma Yöntemleri	14
3.2.1. Dolgu maddelerinin B-97 yolluk mumuna katılması ve kalıplanmış mum örneklerinin hazırlanması	14
3.2.2. Viskozite ölçümleri	15
3.2.3. Termal genleşme ölçümleri	16
3.2.4. Temas açısı ölçümleri	16
3.2.5. Kopma dayanıklılığı ölçümleri	18
3.2.6. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri	18
3.2.7. Sertlik tayini ölçümleri	18
4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	20
4.1. Tek Katkılı B-97 Mumlarının Özellikleri	26
4.1.1. Yüzey pürüzlülüğü	26
4.1.2. Termal genleşme	26
4.1.3. Viskozite	27
4.1.4. Temas açısı	27

4.1.5.	Penetrasyon	27
4.1.6.	Kopma dayanımı	28
4.2.	İki Katkılı B-97 Mumunun Özellikleri	28
4.3.	Üç Katkılı B-97 Mumlarının Özellikleri	30
4.3.1.	Karboksimetil selüloz, NS-6 soya ve silikon katkılı B-97 mumunun özellikleri	30
4.3.2.	Karboksimetil selüloz, NS-6 ve palmitik asit katkılı B-97 mumunun özellikleri	31
4.3.3.	Karboksimetil selüloz, NS-6 soya ve tannik asit katkılı B-97 mumunun özellikleri	31
4.3.4.	Karboksimetil selüloz, NS-6 soya ve wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun özellikleri	32
4.4.	Altı Katkılı B-97 Mumunun Özellikleri	32
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR		77
EKLER		80
ÖZGEÇMİŞ.....		82

**HASSAS DÖKÜM MODEL MUMLARININ ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Neşet AKAR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2000**

ÖZET

Sunulan bu çalışmada ticari B-97 yolluk mumunun özellikleri hassas döküm model mumu olarak kullanılabilmesini sağlayacak şekilde iyileştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, katkı maddesi olarak soya fasulyesi (Wilken-3480, NS-6, RHS-6592 ve SGİ-3308) unları, bazı kolloitler (arap zamkı, pektin, agar, polivinilpirrolidon-40, çapraz bağlı polivinilpirrolidon, aljinik asit ve selüloz, karboksimetil selüloz, silikon, tannik asit ve saponin) ve bazı yüzey aktif maddeler (sodyum dodesil sülfat, sorbitan oleostearat, gliserin) ile aktif kömür ve palmitik asit kullanılmıştır. Bu katkı maddelerinin B-97 mumunun yüzey pürüzlülüğüne, katılma çekmelerine, viskozitelerine, sertliklerine, kopma dayanıklılıklarına ve ıslanabilirliklerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek B-97 mumundan ve hassas döküm model mumu olarak kullanılan ticari B-140 mumundan daha üstün özelliklere sahip olan mumlar oluşturulmuştur.

Bilim Kodu : 626.18.01

Anahtar Kelimeler : Hassas döküm, model mumu, katkı ve dolgu maddeleri

Sayfa Adedi : 93

Tez Yöneticileri : Doç. Dr. Senay TAŞCIOĞLU

Doç. Dr. Burhanettin İNEM

**MODIFICATION OF PROPERTIES OF INVESTMENT CASTING
PATTERN WAXES
(M.Sc. Thesis)**

Neşet AKAR

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
January 2000**

ABSTRACT

In this research, an attempt has been made to modify the commercial B-97 sprue wax in order to improve its properties so that it can be used as a pattern wax in investment casting. For this purpose, soybean (Wilken-3480, NS-6, RHS-6592 and SGI-3308) flours, some colloids (gum arabic, pectin, agar, polyvinylpyrrolidone-40, cross-linked polyvinylpyrrolidone, alginic acid, cellulose, carboxymethylcellulose, silicon, tannic acid, saponin), some surface active agents (sodium dodecyl sulfate, sorbitane oleostearate, glycerine), activated charcoal and palmitic acid have been used as the additives. The effects of these additives on the surface roughness, solidification shrinkage, viscosity, hardness, tensile strength and wettability of B-97 wax have been investigated. The results have been discussed and waxes having superior properties to those of B-97 and of the commercial B-140 investment casting pattern wax have been prepared.

Science Code : 626.18.01

Key Words : Investment casting, pattern wax, additives, fillers

Page Number : 93

Advisers : Doç. Dr. Senay TAŞÇIOĞLU
Doç. Dr. Burhanettin İNEM

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocalarım Doç. Dr. Senay TAŞCIOĞLU ve Doç. Dr. Burhanettin İNEM'e, bu tez çalışmasını maddi olarak destekleyen G.Ü. Araştırma Fonu Saymanlığı'na, deneyleri yapmamda yardımcı olan G.Ü.T.E.F.'den Yrd. Doç. Dr. Abdülkadir GÜLLÜ, Dr. Kadir KOCATEPE ve Uzm. Mustafa ÖZER'e, TAI'den Filiz AKSOY ve Şebnem GÜRAY'a, ROKETSAN'dan Gökçe DÂRA'ya, TÜBİTAK-MAM'dan Batu BÜTÜN ve Oya İNAN'a, bölümümüzde görevli tüm hoca ve personele, ayrıca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Emine AKAR'a teşekkürü bir borç bilirim.

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Bazı döküm yöntemlerinde yüzey pürüzlülüğü ve boyut toleransları	2
Çizelge 4.1. Katkısız B-140 ve B-97 mumlarının ve katkılı B-97 mumunun (KB97M) denemeler sırasındaki davranışlarıyla ilgili gözlemler	21
Çizelge 4.2. B-97 mumuna birden fazla katkı maddesi katılmasıyla elde edilen mumlarla gerçekleştirilen denemeler sırasındaki gözlem sonuçları	22
Çizelge 4.3. Katkısız B-140 ve B-97 mumlarının ve katkılı B-97 mumlarının (KB97M) özelliklerinin karşılaştırılması	23
Çizelge 4.4. Birden fazla katkı maddeli mum örneklerinin özelliklerinin katkısız B-140 ve B-97 mumlarının özellikleriyle karşılaştırılması	24
Çizelge 4.5. B-97 mumuna ilave edilen katkı maddelerinin kül yüzdeleri	36

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Dereceli hassas döküm yöntemi	5
Şekil 2.2. Seramik kabuk hassas döküm yöntemi	6
Şekil 3.1. Mum ergitme işleminde kullanılan su banyosunun şematik görünümü	12
Şekil 3.2. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan karıştırma düzeneğinin şematik görünümü	13
Şekil 3.3. Oluşturulan mum modelin şekil ve boyutları	15
Şekil 3.4. Katı-sıvı temas yüzeyinde temas açısının oluşması	17
Şekil 4.1. RHS-6592 soya ununun tanecik boyutu dağılımı.....	37
Şekil 4.2. SGI 3308 soya ununun tanecik boyutu dağılımı	37
Şekil 4.3. Wilken-3480 soya ununun tanecik boyutu dağılımı.....	38
Şekil 4.4. NS-6 soya ununun tanecik boyutu dağılımı.....	38
Şekil 4.5. PVP-6755'nin tanecik boyutu dağılımı.....	39
Şekil 4.6. Arap zatkının tanecik boyutu dağılımı.....	39
Şekil 4.7. Tannik asitin tanecik boyutu dağılımı.....	40
Şekil 4.8. Agarın tanecik boyutu dağılımı	40
Şekil 4.9. Selülozun tanecik boyutu dağılımı	41
Şekil 4.10. Silikonun tanecik boyutu dağılımı	41
Şekil 4.11. Aljinik asitin tanecik boyutu dağılımı	42
Şekil 4.12. Aktif kömürün tanecik boyutu dağılımı	42
Şekil 4.13. B-140 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	43
Şekil 4.14. B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	43
Şekil 4.15. RHS-6592 soya katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	44
Şekil 4.16. SGI-3308 soya katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	44
Şekil 4.17. Wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	45

Şekil 4.18.	NS-6 soya katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	45
Şekil 4.19.	Arap zambak katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	46
Şekil 4.20.	Pektin katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	46
Şekil 4.21.	Agar katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	47
Şekil 4.22.	PVP-40 katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	47
Şekil 4.23.	PVP-6755 katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	48
Şekil 4.24.	Aljinik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	48
Şekil 4.25.	Selüloz katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	49
Şekil 4.26.	Karboksimetil selüloz katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	49
Şekil 4.27.	Aktif kömür katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	50
Şekil 4.28.	Silikon katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	50
Şekil 4.29.	Tannik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	51
Şekil 4.30.	Palmitik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	51
Şekil 4.31.	Gliserin katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	52
Şekil 4.32.	Saponin katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	52

Şekil 4.33.	Sodyum dodesil sülfat katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	53
Şekil 4.34.	Arlacel 481 katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	53
Şekil 4.35.	NS-6 soya ve karboksimetil selüloz katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	54
Şekil 4.36.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve silikon katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	54
Şekil 4.37.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve palmitik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	55
Şekil 4.38.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve tannik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	55
Şekil 4.39.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve Wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	56
Şekil 4.40.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz, palmitik asit, wilken-3480 soya, silikon ve tannik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	56
Şekil 4.41.	B-140 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi	57
Şekil 4.42.	B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	57
Şekil 4.43.	RHS-6592 soya katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	58
Şekil 4.44.	SGI-3308 soya katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	58
Şekil 4.45.	Wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	59
Şekil 4.46.	NS-6 soya katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	59

Şekil 4.47.	Arap zımkı katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi.....	60
Şekil 4.48.	Pektin katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi	60
Şekil 4.49.	Agar katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi	61
Şekil 4.50.	PVP-40 katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi	61
Şekil 4.51.	PVP-6755 katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi.....	62
Şekil 4.52.	Aljinik asit katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi.....	62
Şekil 4.53.	Selüloz katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi	63
Şekil 4.54.	Karboksimetil selüloz katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi.....	63
Şekil 4.55.	Aktif kömür katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi.....	64
Şekil 4.56.	Silikon katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi	64
Şekil 4.57.	Tannik asit katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi.....	65
Şekil 4.58.	Palmitik asit katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi.....	65
Şekil 4.59.	Gliserin katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi	66
Şekil 4.60.	Saponin katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi.....	66
Şekil 4.61.	Sodyum dodesil sülfat katkılı B-97 mumunun termal genleşmesinin sıcaklığa bağlı olarak değışimi.....	67

Şekil 4.62.	Arlacel 481 katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	67
Şekil 4.63.	NS-6 soya ve karboksimetil selüloz katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	68
Şekil 4.64.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve silikon katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	68
Şekil 4.65.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve palmitik asit katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	69
Şekil 4.66.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve tannik asit katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	69
Şekil 4.67.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve Wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	70
Şekil 4.68.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz, Wilken-3480 soya, silikon, palmitik asit ve tannik asit katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.....	70
Şekil 4.69.	B-140 mumunun DSC analizi grafiği.....	71
Şekil 4.70.	B-97 mumunun DSC analizi grafiği.....	71
Şekil 4.71.	NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve silikon katkılı B-97 mumunun DSC analizi grafiği.....	72

1.GİRİŞ

Hassas döküm, günümüzden 6000 yıl kadar önce Bronz Çağı'nda kullanılmaya başlanılan bir döküm yöntemidir.

Hassas döküm yöntemi İngilizcede "Investment Casting", "Precision Casting" veya "Lost Wax" olarak adlandırılmaktadır. Türkçede ise "Kaybolan Mum Yöntemi", "Investment Döküm", "İncelikli Döküm", "Harcanan Modelli Yekpare Seramik Kalıp Döküm", "Yekpare Seramik Kalıp Döküm" ya da en çok kullanılan şekli ile "Hassas Döküm" olarak adlandırılmaktadır.

Arkeolojik araştırmalar sonucunda ortaya çıkan görüşe göre, ilk hassas döküm uygulamalarının M.Ö. 4500 yıllarında, Tayland civarında olduğu tahmin edilmektedir. Daha sonraları Mezopotamya'da, Hindistan'da, Ege Denizi çevresinde, Çin'de, Meksika'da ve Batı Avrupa'da takı, süs eşyası ve heykel dökümünde kullanılarak günümüze kadar ulaşmıştır.

Hassas dökümün kuyumculuk alanında yaygın olarak kullanımı, 1930'larda kauçuğun model malzemesi olarak geliştirilmesinden sonra olmuştur. Böylece, ziynet eşyalarının kullanıma hazır şekil ve boyutta, seri ve ucuz dökümü yapılabilmiştir. Bu tarihten itibaren en yaygın olarak diş hekimleri ve kuyumcular tarafından kullanılan yöntem, II. Dünya savaşından sonra modern bir üretim biçimi olarak yeniden keşfedilmiştir. Savaş nedeni ile orduların yedek parça talebinin artması, talaşlı imalattan daha hızlı bir teknoloji arayışına neden olmuştur. Bunun sonucunda kuyumculuk ve dişhekimliğinde kullanılan teknikler birleştirilip hızla geliştirilerek endüstriyel kullanımda hassas döküm teknolojisinin temelleri atılmıştır.

Hassas döküm yöntemiyle kuyumculuk ve dişçilikte olduğu gibi ağırlığı gram mertebesinde olan parçalar oluşturulabildiği gibi, büyük heykeller ve uçak sanayisinde olduğu gibi boyu 1 m'den fazla ve ağırlığı birkaç yüz kg olan parçalar da oluşturulabilmektedir. Silah ve uçak parçaları gibi karmaşık şekilli ve düzgün yüzeyli parçalar dar boyut toleranslarında talaşlı imalat, kaynak ve montaj kademelerinden arındırılmış olarak tek parça halinde hassas döküm yöntemi ile üretilebilmektedir. Mesela jet motoru için yaklaşık 400 kg ağırlığındaki ve 1,3 m çapındaki bir titanyum fan pervanesi başka döküm yöntemleriyle 96 ayrı parçanın ancak 3 km'lik bir kaynak dikişi ile birleştirilmesinden sonra üretilebilirken hassas döküm yöntemiyle tek parça halinde üretilebilmektedir.

Çok büyük ve karmaşık şekilli modellerin parçaları için ayrı mum modelleri oluşturulur ve bunlar sonradan sıcak sac veya spatula, havya ya da küçük gaz alevi kullanılarak birleştirilirler. Bu amaçla lazer ışını da kullanılmaktadır.

Çizelge 1.1'de bazı döküm yöntemleri üretilen parçaların yüzey pürüzlülüğü ve boyut toleransı açısından karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. 1. Bazı döküm yöntemlerinde yüzey pürüzlülüğü ve boyut toleransları

<i>Döküm Yöntemi</i>	<i>Yüzey Pürüzlülüğü (μ)</i>	<i>Boyut toleransı ($\pm\%$)</i>
Kum Döküm	25-13	3,0
Kabuk Döküm	6,4-3,2	1,5
Hassas Döküm	3,2-1,6	0,1
Pres Döküm	1,6-0,8	0,15

Hassas dökümün diğer yöntemlere nazaran bir diğer üstünlüğü de erime sıcaklığı çok yüksek metallerin de dökümlerinin yapılabilmesidir. Ayrıca, dökülen parça kalınlığı demirli alaşımlarda 1,5 mm diğer alaşımlarda ise 0,5 mm olabilmektedir.

Hassas dökümle üretilecek parçayı boyutsal açıdan tam olarak temsil edecek modeli oluşturabilecek bir model mumu henüz imal edilmemiştir. Mevcut model mumlarında gözlenen en önemli sorun katılaşma çekmesidir. Bunun yanında diğer bazı başka özelliklerinin de iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı söz konusu özellikleri iyileştirebilecek katkı maddelerinin araştırılmasıdır.

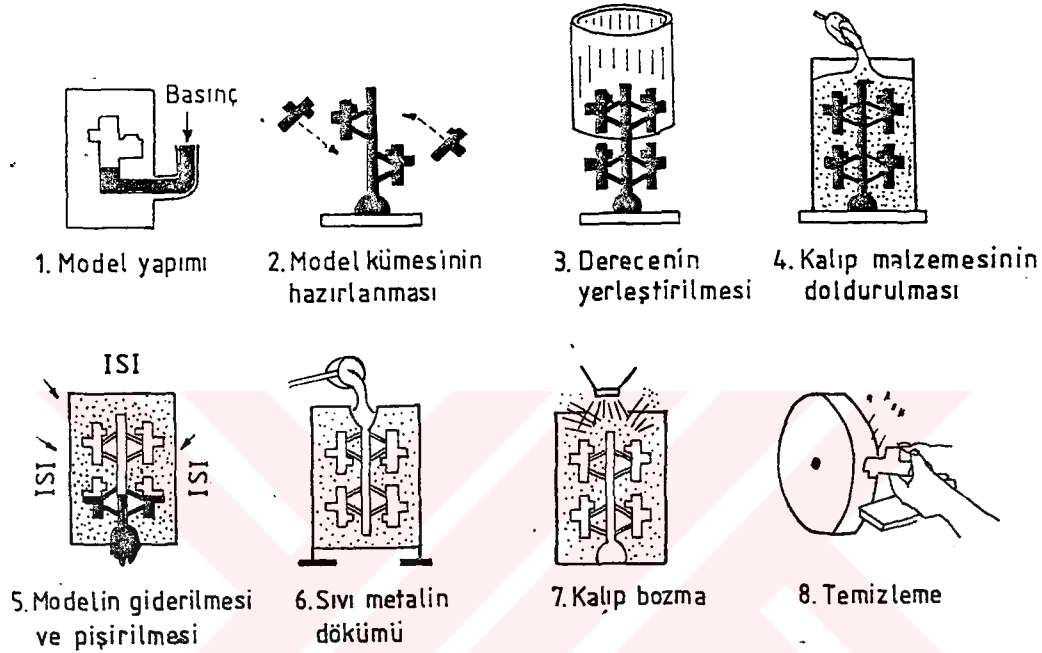
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Hassas dökümde kullanılacak model malzemesinin daha sonra model üzerinde oluşturulacak olan seramik kalıbın içinden boşaltılabilecek özellikte olması gerekir. Bu amaçla kullanılabilecek en uygun maddeler plastikler ve mumlardır. Plastiklerin büyük çapta kullanımlarının maliyeti yüksek olduğundan ve ayrıca seramik kabuktan boşaltılmaları da daha zor olduğundan bu amaçla genellikle mumlar kullanılmaktadır [1-17]. Plastikler ancak çok sayıda ve sürekli üretim söz konusu olduğunda ve montajı zor olan ince parçaların üretiminde kullanılmaktadırlar.

Hassas döküm iki şekilde uygulanabilmektedir [4,8,16]. Bunlar “blok (dereceli) kalıp” ve “seramik kabuk kalıp” yöntemleridir. Bu yöntemlerin prensipleri aynıdır. İlk olarak dökümü yapılmak istenilen parçanın kalıp mumundan bir modeli oluşturulur. Bu modelin bir seramik çamuru ile kaplanmasıyla oluşturulan seramik kabuk fırında $\approx 1000^{\circ}\text{C}$ de pişirilerek kurutulup sertleştirilirken içindeki kalıp mumu erime ve yanma sonucu boşalır. Kalıplanacak metal eriyiği seramik kabuk içinde bu şekilde oluşan boşluğa dökülerek kalıplanır. Kalıplanmış malzemenin soğuyarak katılaşmasından sonra dış kısmındaki seramik kabuk kırılır ve böylece kalıplanmış malzeme elde edilir. Seramik kabuk ve dereceli kalıp yönteminin uygulamaları Şekil 2.1. ve Şekil 2.2. de şematik olarak gösterilmiştir.

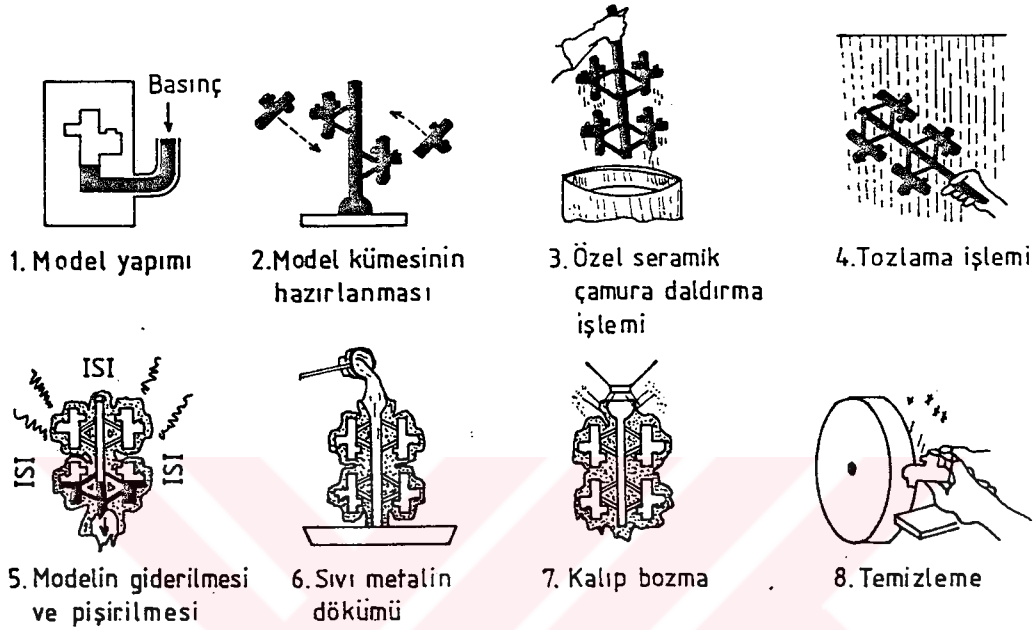
Seramik kabuğun içinde kalan kalıplanmış mumun (model mumunun) kalıptan genişlemesine imkan verilmeden hızla çıkartılması gerekir. Bu amaçla fırında yakmanın dışında otoklavda basınç altında ısıtılarak veya sıcak suya, sıcak kuma, ergimiş metale daldırılarak ya da trikloretilen buharı ile ısıtılarak da uzaklaştırma yapılabilir. Ergimiş mumun geri kazanılabilmesini sağlamak amacıyla genellikle mum öncelikle bir otoklavda eritilerek uzaklaştırılır.

Seramik kalıp üzerinde kalan mum kalıntıları ise daha sonra bir fırında 900-1100 °C sıcaklıkta bir saat süre ile tutularak buharlaştırılır ve yakılır [18].



Şekil 2. 1. Dereceli hassas döküm yöntemi [16]

Dereceli hassas döküm yönteminde model kümesi uygun bir zemine yerleştirilir, etrafına uygun bir metal derece geçirilir. Önceden hazırlanmış seramik kalıp malzemesi bu metal derecenin içine hava boşluğu bırakılmayacak şekilde doldurulur. Belirli bir süre sertleşmesi için beklenir ve dereceli kütle kalıp, mum giderme işlemine hazır hale gelir. Mum giderme ve pişirme işlemine tabi tutulan içi boşalmış seramik kalıbın içine sıvı metal dökülür, daha sonra kalıp bozma ve temizleme işlemleri uygulanır.



Şekil 2. 2. Seramik kabuk hassas döküm yöntemi [16]

Seramik kabuk hassas döküm yönteminde ise model kümesi, bağlayıcı içinde askıda tutulmuş refrakter taneciklerinden oluşmuş bulamaç kıvamındaki özel bir refrakter çamur içine daldırılıp çıkartılır. Çamurla iyice sıvanmış durumdaki küme, tane boyutu ayarlanmış refrakter toz yağmuruna tutularak tozlanır. Çamura daldırılıp-tozlanarak elde edilen ilk katman kurutulduktan sonra istenilen kabuk kalınlığı sağlanana kadar işlem tekrarlanır. Genellikle 6-9 katman yapılır. Çamur malzemelerine göre değişen bir kurutma-sertleştirme işleminden sonra içinde mum model bulunan kabuk kalıp mum giderme işlemine hazır hale gelir.

Seramik kaplama öncesinde mum modellerden oluşturulan salkımın dizaynı birleştirme kolaylığı, parça sayısı, dökülecek metalin miktarı, taşımaya dayanım, kalıbı biçimlendirme ve kurutma kolaylığı, modelin boşaltılması, sıvı metalin akıcılığı, ince kısımların doldurulması, katılaşma çekmesinin

beslenmesi, kalıbın dökümden sonra bozulması, parçaların kesilme kolaylığı, mevcut donanım, seramik kaplamanın tanecik boyutunun kontrolü ve seramik kaplamada kullanılan yöntem gibi faktörler göz önünde bulundurularak yapılır.

Model mumu kalıplanmak üzere kalıplara sıvı, yarı katı ya da katı halde enjekte edilebilir. Ancak mumun katılığı arttıkça enjeksiyon sırasında uygulanması gereken basınç ta artar.

Mum model üretme kalıpları kolay işlenebilir ve ısı iletkenliği yüksek malzemelerden yapılmalıdır. Bu amaçla kalıp malzemesi olarak en çok alüminyum kullanılır. Dökümü yapılacak malzemenin özelliğine bağlı olarak başta pirinç olmak üzere çeşitli alaşımlar ve çelik de kullanılabilir. Kalıplanmış malzemenin soğumasını çabuklaştırmak için su ile soğutma da uygulanabilir [18,19].

Bir mumun hassas döküm model mumu olarak kullanılabilmesi bakımından önem taşıyan özellikleri şunlardır [4,8,16]: Yumuşama veya erime sıcaklığı ile çeşitli sıcaklıklardaki vizkozitesi mumun kalıba enjeksiyonu bakımından önem taşır. Erime sıcaklığının ve viskozitesinin düşük olması enjeksiyon sıcaklığını ve basıncını azaltır. Buna bağlı olarak kalıpların korozyonu ve soğuma süresi azalacağından işlemin maliyeti azalır. Daha da önemlisi, mumun erime sıcaklığının düşük olması enjeksiyonun nisbeten düşük bir sıcaklıkta yapılabilmesine imkan vereceğinden kalıplanmış mumun ısınma ile termal genişlemesini ve oda sıcaklığına soğuma sırasındaki büzülmesini (katılaşma çekmesini) azaltır. Mumun yumuşama noktasının ve vizkozitesinin düşük olması seramik kabuktan mum giderilmesi işleminde de önem taşır. Çünkü mumun eriyip dışarı akmasını kolaylaştırarak ince seramik kabuğun çatlaması riskini azaltır. Hassas döküm model mumu olarak kullanılacak mum

kısa zamanda sertleşebilmeli ve kalıptan kolaylıkla çıkartılabilmelidir. Ana modelin bir kopyasını oluşturma amaçlandığından model mumunun termal genleşme katsayısı küçük olmalı, yüzey kavislenmesi ve pürüzlülüğü az olmalı, detayları kopyalama kabiliyeti yüksek olmalıdır. Oluşan mum modelin dış etkilere karşı dayanıklılığının yüksek olabilmesi için ise vurma ve burmaya karşı dayanıklı olması, sertliğinin yüksek olması fakat bununla beraber esnek olması ve kırılabilirliğinin az olması gerekir. Ayrıca, karmaşık modellerin ve mum salkımının oluşturulabilmesi bakımından kaynayarak birleşebilme özelliğine de sahip olmalıdır. Dış kısmında bir seramik kabuğun oluşturulabilmesi için ise seramik çamurundaki bağlayıcılara ve çözücülere dayanıklı olması ve çamur tarafından ıslanabilir olması gerekir. Seramik kabuktan mumun uzaklaştırılması işleminde önem taşıyan bir diğer özellik ise model mumunun kül içeriğidir. Kül içeriğinin yüksek olması seramik kabuğun iç yüzeyinde kalıntı kalmasına ve dolayısıyla kabuğun çatlamasına yol açabilir.

Hassas döküm model mumları esas olarak çeşitli doğal ya da sentetik mum ve reçinelerin başka katkı maddeleri ile birlikte istenilen bu özellikleri sağlayabilecek şekilde karıştırılması ile oluşturulurlar.

Model mumunun temel bileşenleri çeşitli kaynaklardan elde edilen dolayısı ile değişik özelliklere sahip mumlar ya da mum özelliğine sahip bileşiklerdir. Oluşturulacak mumun model mumu olarak kullanılabilmesini sağlamak amacıyla çeşitli mumların bir karışımı oluşturulur. Bu amaçla en çok kullanılan mumlar petrolden elde edilen ve erime sıcaklıkları 52-68 °C arasında olan çeşitli parafinler ve mikrokristalin mumlardır. Parafinler kaydırıcı ve viskozite azaltıcı olarak etki ederlerken, plastik özellikli olan mikrokristalin mumlar mum karışımlarına sertlik ve dayanıklılık kazandırır [4,8,16]. Bunların yanında sentetik hidrokarbon mumları olan Fisher-Tropsch

mumları, montan, serezin ve stearon mumları, bir mineral mumu olan ozoserit ve mum özelliğine sahip bileşikler olan hidrojenlendirilmiş kastor yağı, yağ asidi amidleri ile birer yağ asidi olan palmitik ve stearik asitler en çok kullanılanlardır [4,8,16,20,21]. Bir bitki mumu olan karnauba ve bir böcek mumu olan balmumu model mumunun özelliklerini iyileştirmelerine rağmen pahalı oldukları için büyük çaptaki üretimlerde kullanılamamaktadırlar.

Ancak, bu şekilde çeşitli mumların ve mum özelliği taşıyan maddelerin karıştırılması model mumu olarak kullanılabilen bir mum oluşturulabilmesini sağlayamamaktadır. Bu nedenle oluşturulan karışıma bazı katkı maddelerinin ve dolgu maddelerinin de katılması gerekmektedir [1-17,22,23]. Katkı maddeleri polimerler ve reçineler olmak üzere iki sınıfa ayrılabilirler. Polimerler çeşitli termoplastikler olup mumun kırılmazlığını arttırmak ve katılaşma çekmesi ile yüzey kavislenmesini azaltmak için katılırlar. En çok kullanılanı molekül ağırlığı 1000-3000 arasında olan polietilendir. Etilen vinil asetat ve akrilatın kullanımı son zamanlarda yaygınlaşmaktadır. Bunların yanında polisitiren, etil selüloz, polipropilen ve naylonun da kullanıldıkları bildirilmiştir. Ancak mumun vizkozitesinin artmasına neden oldukları için karışıma katılacak polimer miktarı sınırlı olmaktadır.

Model mumu formülasyonlarına katılaşma çekmesini ve yüzey kavisliliğini azaltmak için çeşitli reçineler katılmaktadır. Bu amaçla oda sıcaklığında yumuşak ve yapışkan olanlardan sert ve kırılkan olanlarına kadar değişik özellikteki reçineler kullanılmaktadır. Petrolden elde edilen hidrokarbon reçinelerinin, kömür katranı reçinelerinin, çeşitli rozin türevlerinin (esterleştirilmiş, polimerleştirilmiş, hidrojenleştirilmiş ve dehidrojenleştirilmiş), ve ağaçlardan elde edilen selüloz asetat reçinesinin, Burgundi sakızının, dammar reçinesinin ve çeşitli terpen reçinelerinin kullanıldıkları bildirilmiştir.

Mumun kalıba enjeksiyonunu kolaylaştırmak için katkı maddesi olarak bazı plastikleştiriciler ve yağlar da kullanılmaktadır.

Dolgu maddeleri kalıba dökülen mumun katılaşma çekmesini önlemek amacı ile model mumu formülasyonuna katılan genellikle toz halindeki maddelerdir. Bunlar temel mum bileşenleri içinde çözünmezler. Dolgu maddelerinin erime sıcaklıkları mum karışımındakinden yüksek olduğundan kalıba dökme sıcaklığında erimezler ve bu nedenle de mumun katılaşma çekmesine katkıda bulunmazlar, tersine çekmeyi azaltırlar. Literatürde hassas döküm model mumuna katıldığı bildirilen dolgu maddeleri izotalik asit, bisfenol, epiklorhidrin, izoftalik asit, tereftalik asit, çeşitli dikarboksamitler, pentaeritritol, hekzametilen tetramin, üre, fumarik asit, adipik asit, fitalimit, stearilbisamit, nişasta, metal tuzları, dekalorobifenil ve siyanürik asittir [1-17]. Küresel şekilli termoset plastik tanecikleri (fenol-formaldehit, üre-formaldehit, melamin-formaldehit, silikonlar, polialfa metil sitiren, çapraz bağlı polisitiren) de dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, erimiş mum içinde emülsiyonlaştırılmış suyun ve mum kütlesi içinde disperse edilmiş gazların da dolgu maddesi görevini gördükleri bildirilmiştir [2].

Dolgunsuz bir model mumunun bileşimi şu sınırlar içindedir [8]:

Mumlar	% 30 - 70
Reçineler	% 20 - 60
Plastikler	% 0 - 20
Diğer katkıları	% 0 - 5

Dolgulu mumlar benzer bileşiklerden oluşurlar, ancak bileşimlerinde %15-45 oranında dolgu maddesi içerirler.

3. MATERYAL VE METOD

3. 1. Kullanılan Malzeme ve Cihazlar

Bu çalışmada ana malzeme olarak kullanılan Dussek Compbell LTD' nin B-97 yolluk mumu ve karşılaştırma mumu olarak kullanılan B-140 hassas döküm mumu TÜBİTAK-MAM' dan temin edilmiştir.

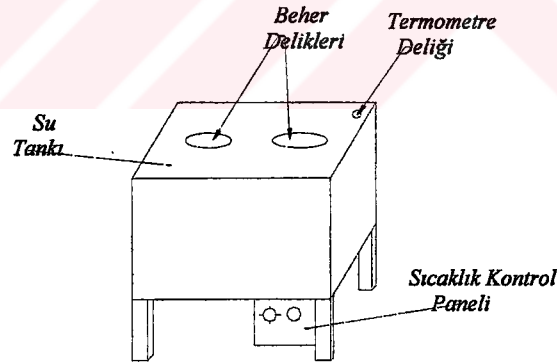
Çalışmada kullanılan soya fasulyeleri (Wilken-3480, NS-6, RHS-6592 ve SGI-3308) Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nce temin edilmiştir. Kullanılan diğer kimyasallar (arap zıncı, pektin, palmitik asit, polivinilpirrolidon (PVP-40), çapraz bağlı polivinilpirrolidon (PVP-6755), aljinik asit, saponin, karboksimetil selüloz, selüloz, silikon, agar, tannik asit, gliserin, sodyum dodesil sülfat (SDS), sorbitan oleostearat (Arlacel 481)) çeşitli firmalardan temin edilmiş olup analitik saflıktadırlar. Kullanılan soya fasulyelerinin protein ve yağ içerikleri şöyledir:

<u>Çeşitler</u>	<u>Protein (%)</u>	<u>Yağ (%)</u>
Wilken-3480	38,5	24,5
NS-6	30,6	25,3
RHS-6592	34,1	26,9
SGI-3308	34,6	21,2

Katı kimyasalların mümkün olan en küçük tanecik boyutuna öğütülmesi amacı ile Fripsch Pulverisette 14.702 model değirmen kullanılmıştır. Öğütülen örnekler bir elek sisteminde elendikten sonra kullanılmışlardır.

Mum dolgu maddesi olarak kullanılan toz halindeki kimyasal maddelerin tanecik boyut dağılımları Molvern Mastersizer X marka tanecik boyut analizörü ile belirlenmiştir.

Mum örneklerinin ergitilmesinde yararlanılacak düzeneğe Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi (G.Ü.T.E.F.) Metal Eğitimi Bölümü'nde oluşturulmuştur (Şekil 3.1.). Su banyosunun tankı paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Banyonun üstünü örten kapağa 150 ml'lik beherlerin yerleştirilebileceği çapta iki delik ve ayrıca bir termometre deliği açılmıştır. Tankın dip kısmına 1000 W'lık bir rezistans ile 0-120 °C arasında çalışan bir termostat yerleştirilmiş ve böylece ± 0.5 °C hassasiyetle ısıtma imkanı sağlanmıştır. Su banyosunun sıcaklığı ergitme işlemi süresince bir termometre yardımı ile sürekli olarak kontrol edilmiştir.



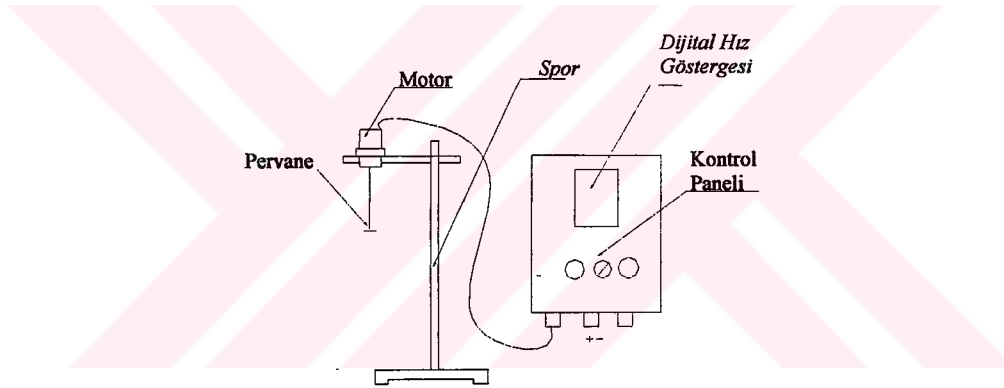
Şekil 3. 1. Mum ergitme işleminde kullanılan su banyosunun şematik görünümü

Kimyasal maddelerin ergitilmiş muma karıştırılması işlemi G.Ü.T.E.F. Metal Eğitimi Bölümü'nde geliştirilen bir mekanik karıştırıcı düzeneği ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2.). Bu karıştırma ünitesinde Telemecanique Altivar 18 hız kontrol cihazı ve Bodine marka 7500 dev/dak hızla çalışabilen bir motor kullanılmıştır. Oluşturulan düzeneğe 300-9000 dev/dak arasında 15

dev/dak hassasiyetle hız ayarlanmasına imkan vermektedir. Motorun devri hız kontrol cihazının dijital göstergesinden otomatik olarak okunabilmektedir.

Katkı maddelerinin ilavesi ile hazırlanan mum örnekleri George Fischer marka örnek hazırlama cihazında kalıplanmışlardır.

Mum örneklerinin 0.63 rad/s'lik bir kaydırma hızı etkisi altındaki viskoziteleri sıcaklığa bağlı olarak Türkiye Havacılık ve Uzay Sanayii (TAI)'nde bulunan Rheometric Scientific-ARES model döner viskozimetre ile belirlenmiştir.



Şekil 3. 2. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan karıştırma düzeneğinin şematik görünümü

Hazırlanan mum örneklerinin termal genleşmeleri TAI'de bulunan Rheometric Scientific marka Thermomechanical Analyzer 1500 (TMA/1500) ve Roketsan'da bulunan TMA/500 model termal genleşme cihazları ile gerçekleştirilmiştir.

Mum örneklerinin su ile ıslanabilirliğinin ölçüsü olan temas açısı ölçümleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde bulunan Kerco Instruments CO-G III model temas açısı ölçüm cihazı ile elde edilmiştir.

Mum örneklerinin kopma dayanıklılığını ölçmek amacı ile yapılan çekme deneyleri G.Ü.T.E.F. Metal Eğitimi Bölümü'nde bulunan George Fischer marka universal dayanım ölçme cihazında yapılmıştır.

Kalıba dökülerek şekillendirilmiş olan mum örneklerinin kalıba temas eden yüzeyinin pürüzlülüğü G.Ü.T.E.F. Makina Eğitimi Bölümü'nde bulunan Mitutoyo Surftest 211 model yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı ile belirlenmiştir.

Oluşturulan mum örneklerinin sertliklerinin belirlenmesi için G.Ü.T.E.F. Yapı Eğitimi Bölümü'nde bulunan Petrotest-Penetrometer marka dijital göstergeli iğne penetrasyon cihazı kullanılmıştır.

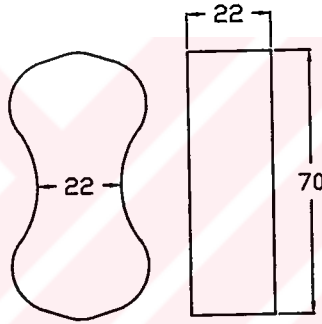
3. 2. Çalışma Yöntemleri

Katı kimyasallar kullanımdan önce 45 °C'lik etüvde 4 saat süre ile tutulduktan sonra bir vakum desikatöründe gece boyu vakumda bekletilerek kurutulmuşlardır.

3. 2. 1. Dolgu maddelerinin B-97 yolluk mumuna katılması ve kalıplanmış mum örneklerinin hazırlanması

60 g B-97 mumu tartılarak 150 ml'lik bir behere konuldu. Beher Şekil 3.1.'de görülen 70 °C'ye ısıtılmış su banyosuna yerleştirildi. 12 g (ağırlıkça % 20 oranında) katkı maddesi 70 °C'ye ısıtılan ergimiş mum içine bir cam baget ile karıştırılarak azar azar ilave edildi. Birden fazla katkı maddesinin katıldığı denemelerde katkı maddeleri eşit miktarlarda ve toplam ağırlıkları 12 g olacak şekilde katıldılar. İlave işlemi tamamlandıktan sonra karışım mekanik

dev/dak hızla 60 s süre ile karıştırıldı. Hazırlanan karışım önceden su banyosu üzerine konularak 70 °C'ye ısıtılmış bulunan bir camın üzerindeki vizkozite ve termal genleşme numune kalıplarına döküldü ve kalıplar banyo üzerinden alınarak soğumaya bırakıldı. Geride kalan karışım oda sıcaklığındaki şekil ve boyutları Şekil 3.3.'te gösterilen çekme kalıbına döküldü. Çekme kalıbı numune hazırlama çekicine yerleştirilerek 30 dakika süreyle 14 lb ağırlık altında soğumaya bırakıldı. Numuneler kalıplardan çıkarıldılar ve deneylerin yapılmasına kadar alt yüzeyleri bir yere temas etmeyecek şekilde kapalı cam şişeler içinde muhafaza edildiler.



Şekil 3.3. Oluşturulan mum modelin şekil ve boyutları

3. 2. 2. Viskozite ölçümleri

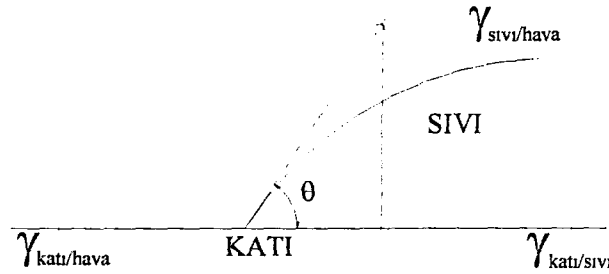
Viskozite ölçümlerinde kullanılacak ölçümler için 40 mm çapında ve 3 mm derinliğinde iki tarafı açık bir prinç kalıp hazırlanmıştır. Ergimiş haldeki mum örneği temiz bir cam üzerine yerleştirilmiş olan bu kalıba dökülmüştür. Viskozite ölçümleri 25-70 °C arasındaki sıcaklıklarda, 1 °C/dak'lık bir ısıtma hızı ile 0.63 rad/s'lik kaydırma hızı ile çalışan bir 25 mm çaplı paralel düzlem döner viskozimetresi ile yapılmıştır.

3. 2. 3. Termal genleşme ölçümleri

Termal genleşme ölçümlerinde kullanılacak örneklerin hazırlanabilmesi için bir prinç levhaya matkapla 7 mm çapında, 3 mm derinliğinde delik delinerek iki tarafı açık bir kalıp hazırlanmıştır. Ergimiş haldeki mum örneği temiz bir cam üzerine yerleştirilmiş olan bu kalıba dökülmüştür. Ölçümler esnasında prob 10 g ağırlık etkisi altında tutulmuş ve sıcaklık 25-60 °C arasında 1 °C/dak hızla arttırılmıştır. Sıcaklık değişimine bağlı olarak oluşan boyutsal değişim verileri otomatik olarak bilgisayara kaydedilmiştir. Doğrusal yükselmenin gözlemlendiği sıcaklık aralığındaki termal genleşme katsayısı (CTE) değerleri otomatik olarak hesaplanmıştır.

3. 2. 4. Temas açısı ölçümleri

Temas açısı ölçümlerinin yapılacağı yüzeyleri oluşturmak üzere 45 mm çapında ve 3 mm derinliğinde iki tarafı açık bir alüminyum kalıp hazırlanarak temiz bir cam üzerine yerleştirildikten sonra mum örneği bu kalıba dökülmüştür. Temas açısı ölçümleri cama temas eden yüzeyden yapılmıştır. Bu yüzey üzerine bir otomatik sistem yardımı ile belli hacimde su damlatılmak suretiyle oluşturulan su damlacıklarının yüzeye temas açıları optik sistemler yardımıyla ölçülmüştür. Islatma, temas açısının (θ) küçüklüğü ölçüsünde artmaktadır (Şekil 3.4.).



Şekil 3. 4. Katı-sıvı temas yüzeyinde temas açısının oluşması

Bir sıvının bir katı yüzeyde yayılıp yayılmaması yani katı yüzeyi ıslatıp ıslatmaması arayüzey gerilimlerine bağlıdır. Şekilde 3.4.'den şu bağıntı çıkarılabilir.

$$\gamma_{katı/hava} = \gamma_{katı/sıvı} + \gamma_{sıvı/hava} \times \cos \theta \quad (1)$$

Diğer taraftan, Dupre bağıntısı'na göre A ve B maddeleri arasındaki adezyon enerjisi (tutunma serbest enerjisi) $W_{AB} = \gamma_A + \gamma_B - \gamma_{AB}$ olduğundan bir katı ile

bir sıvı arasındaki adezyon enerjisi $W_{katı/sıvı} = \gamma_{sıvı/hava} + \gamma_{katı/hava} - \gamma_{katı/sıvı}$ dir.

$\gamma_{katı/hava}$ 'nın (1) bağıntısındaki değeri bu bağıntıda yerine konulursa Young Eşitliği bulunur:

$$W_{katı/sıvı} = \gamma_{sıvı/hava} (1 + \cos \theta) \quad (2)$$

Bu bağıntıya göre θ açısı 180° olduğunda adezyon enerjisi 0 olur ve bu nedenle katı sıvı tarafından ıslatılmaz. Diğer taraftan, θ açısı 0 ise ıslatma tamdır. $0 < \theta < 180^\circ$ olduğunda ise kısmi ıslatmalar oluşur.

3.2. 5. Kopma dayanıklılığı ölçümleri

Kopma dayanıklılığı testine tabi tutulacak mum örnekleri George Fischer standart çekme kalıbına dökülerek hazırlanmıştır. Ergimiş mumun kalıba dökülmesini takiben sertleşme tamamlanmadan önce numune hazırlama çekici 14 libre ağırlıkla kalıptaki mumun üzerine düşürülmüş ve mum kalıptan çıkarılmadan önce bu durumda 30 dakika bekletilmiştir.

Örnekler kalıplama işleminden yarım saat sonra kalıptan çıkarılmışlardır. Cihaza yüksek basınç göstergesi ve çekme dayanım başlığı takıldıktan sonra kalıplanmış örnek cihazın çekme çeneleri arasına yerleştirilmiştir. Piston kolu saniyede bir devir yapacak şekilde çevirilerek örnek kopana kadar kuvvet uygulanmıştır. Örneğin kopmasını sağlayan kuvvet göstergeden okunmuştur.

3. 2. 6. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri kopma dayanıklılığı testine tabii tutulmak üzere hazırlanmış olan mum kalıplarının kalıba temas eden yüzeylerinden kalıplanmış muma kopma testi uygulanmadan önce yapılmıştır. Ölçümler yüzey üzerindeki üç ayrı yerden yapılmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır.

3. 2. 7. Sertlik tayini ölçümleri

Örneklerin sertliklerinin belirlenebilmesi amacı ile iğneli penetrasyon cihazı kullanılmış ve ASTM D-1321-95 standart işlemi uygulanmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün ölçüldüğü kalıplanmış mum örnekleri öncelikle 25 ± 1 °C'deki bir su banyosunda termal dengeye gelinmesi için 1 saat süre ile

tutulmuşlardır. Daha sonra örnek, örnek taşıma kabına konulmuş ve kap örneğin 1 cm üzerine kadar 25 ± 1 °C sıcaklıktaki su ile doldurularak cihazın tablasına yerleştirilmiştir. Önce kaba, sonra ince ayar ile cihazın iğnesinin örneğin yüzeyine değmesi sağlanmıştır. Toplam ağırlılığı 100 g olan iğne örneğin üzerine bırakılarak 5 s süre ile örneğe penetrasyonu sağlanmıştır. Penetrasyon miktarı göstergeden okunmuştur. Bu işlem 4 defa tekrarlanarak elde edilen değerlerin ortalamaları alınmıştır.



4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

B-97 yolluk mumuna dolgu maddesi olarak katılan katı kimyasalların tanecik boyutu dağılımları Şekil 4.1-12’de gösterilmiştir.

Katkısız B-97 ve B-140 mumlarının kalıba dökülme ve kalıptan çıkarılma sonrasındaki davranışları ve kalıplanma sonrasındaki görünüşleri ile B-97 mumuna Wilken-3480 soya, NS-6 soya, RHS-6592 soya, SGI-3380 soya, arap zamkı, pektin, agar, PVP-40, PVP-6755, aljinik asit, selüloz, karboksimetil selüloz, aktif karbon, silikon, tannik asit, palmitik asit, gliserin, saponin, SDS ve Arlacel 481’in katılmaları sırasında ve sonrasında yapılan gözlemlerin sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Birden fazla dolgu maddesinin katıldığı denemeler sırasında yapılan gözlem sonuçları ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Mum örneklerinin viskozitelerinin ve termal genişmelerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimini gösteren grafikler sırasıyla Şekil 4.13-40 ve Şekil 4.41-68’de verilmiştir.

Katkısız B-97 ve B-140 mumlarının ve B-97 mumuna çeşitli katkı maddelerinin katılmasıyla oluşturulan mumların (KB97M) kalıplanma esnasındaki katılma çekmelerinin ve dolayısı ile oluşturulacak mum modelinin hassas dökümle üretilmek istenilen metal parçasının şekline ve boyutlarına tam olarak sahip olabilmesinin bir ölçüsü olan termal genişme değerleri, mumun kalıba düşük sıcaklıklarda ve düşük basıçlarda enjekte edilebilmesi ve kalıbın en ince detaylı kısımlarına nüfuz edebilmesi yani modeli tam olarak kopyalayabilmesi bakımından önem taşıyan çeşitli sıcaklıklardaki viskoziteleri, sağlamlıklarının bir ölçüsü olan kopma dayanıklılıkları, sertliklerinin bir ölçüsü olan penetrasyon değerleri, su ile ve dolayısı ile hidrofilik sıvılarla ıslanabilirliklerinin ölçüsü olan temas açısı

Çizelge 4.1. Katkısız B-140 ve B-97 mumlarının ve katkılı B-97 mumunun (KB97M) denemeler sırasındaki davranışlarıyla ilgili gözlemler

Deney No	Matzeme	70 °C'deki Özellikleri	Kalıba Dökülme Özelliği	Kalıptan Ayrılma Özelliği	Yüzey Görünümü
1	Katkısız B-140	Erimesi uzun zaman alıyor, akışkanlığı çok az	Kötü	Kolay ayrıldı	Yüzey çok parlak, çok az miktarda çökme ve çatlak var
2	Katkısız B-97	Akışkanlığı kalıba kolay dökülecek kadar iyi	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey mat, çok az çökme var
3	RHS-6592 Soya KB97M	Akışkanlığı arttırdı	Çok iyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok
4	SGI-3308 Soya KB97M	Akışkanlığı arttırdı	Çok iyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok
5	Wilken-3480 Soya KB97M	Akışkanlığı arttırdı	Çok iyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok
6	NS-6 Soya KB97M	Akışkanlığı arttırdı	Çok iyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok
7	Arap Zankı KB97M	Akışkanlığı arttırdı	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok, çok miktarda çatlak var
8	Pektin KB97M	Akışkanlığı azalttı	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çok az miktarda çökme var
9	Agar KB97M	Akışkanlığı çok azalttı	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey pürüzlü, çökme yok
10	PVP-40 KB97M	Akışkanlığı azalttı	Kötü, basınç altında akışkan hale geldi	Kolay ayrıldı	Yüzeyde çökme yok, çok az çatlak var
11	PVP-6755 KB97M	Akışkanlığı azalttı	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey pürüzlü, çökme yok fakat çok az miktarda çatlak var
12	Aljinik Asit KB97M	Akışkanlığı azalttı	Çok iyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme ve çatlak var
13	Selüloz KB97M	Akışkanlığı azalttı	Çok iyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, fazla miktarda çökme ve çatlak var
14	Karboksümetil Selüloz KB97M	Akışkanlığı azalttı	Çok iyi	Kolay ayrıldı	Yüzey pürüzlü, çökme yok
15	Aktif Kömür KB97M	Karıştırma sırasında hava kabarcıkları oluştu	Kötü	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok
16	Silikon KB97M	Akışkanlığı arttırdı	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey çok parlak, çökme yok
17	Tannik Asit KB97M	Ortamda zor dağıldı, akışkanlığı arttırdı	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey az parlak, az miktarda çatlak ve çok az çökme var
18	Palmitik Asit KB97M	Akışkanlığı çok arttırdı	Çok iyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme var
19	Gliserin KB97M	Akışkanlığı arttırdı	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, yüzeyde katman ve çatlak var
20	Saponin KB97M	Akışkanlığı çok azalttı	Kötü, basınç altında akışkan hale geldi	Çok kolay ayrıldı	Yüzey çok parlak, az miktarda çatlak var
21	Sodyum Dodesil Sülfat KB97M	Akışkanlığı çok azalttı	Kötü, karıştırıcı ve bagele yapıştı	Çok kolay ayrıldı	Yüzey çok parlak, az miktarda çatlak var
22	Arlacel 481 KB97M	Ortamda zor dağıldı, akışkanlığı arttı	Çok iyi	Kötü, kalıba yapıştı	Yüzey çok parlak, çökme yok

Çizelge 4.2.B-97 mumuna birden fazla katkı maddesi katılmasıyla elde edilen mumlarla gerçekleştirilen denemeler sırasındaki gözlem sonuçları

Deney No	Malzeme	70 °C'deki Özellikleri	Kalıba Dökülme Özelliği	Kalıptan Ayrılma Özelliği	Yüzey Görünümü
1	Katkısız B-140	Erimesi uzun zaman alıyor, akışkanlığı çok az	Kötü	Kolay ayrıldı	Yüzey çok parlak, çok az miktarda çökme ve çatlak var
2	Katkısız B-97	Akışkanlığı kalıba rahat dökülecek kadar iyi	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey mat, çok az çökme var
23	NS-6 Soya ve Karboksimetil Seltüloz KB97M	Akışkanlığı arttı,	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok
24	NS-6 Soya, Karboksimetil Seltüloz ve Silikon KB97M	Akışkanlığı arttı,	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey çok parlak, çökme yok
25	NS-6 Soya, Karboksimetil Seltüloz ve Palmitik Asit KB97M	Akışkanlığı arttı,	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok
26	NS-6 Soya, Karboksimetil Seltüloz ve Tannik Asit KB97M	Akışkanlığı arttı,	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok
27	NS-6 Soya, Karboksimetil Seltüloz ve Wilken-3480 Soya KB97M	Akışkanlık değişmedi	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çok az çatlak var
28	NS-6 Soya, Karboksimetil Seltüloz, Silikon, Palmitik Asit, Wilken-3480 Soya ve Tannik Asit KB97M	Akışkanlığı arttı,	İyi	Kolay ayrıldı	Yüzey parlak, çökme yok

dolayısı ile hidrofilik sıvılarla ıslanabilirliklerinin ölçüsü olan temas açısı değerleri ve oluşturulacak kalıplanmış mum modelin yüzeyinin, dolayısıyla bunun etrafında oluşturulacak olan seramik kabuğun iç yüzeyinin ve sonuçta bu kabuğun içinde şekillendirilecek olan metal parçanın yüzeyinin düzgünlüğünün ölçüsü olan yüzey pürüzlülüğü değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Birden fazla kimyasalın katılmasıyla oluşturulan mum örneklerinin yüzey pürüzlülükleri, termal genleşmeleri, değişik sıcaklıklardaki viskozite değerleri ile temas açısı, penetrasyon ve kopma dayanıklılığı değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. ve 4.4.'te verilen yüzey pürüzlülüğü, penetrasyon ve kopma dayanımı ölçümleri için standart sapma ve güven aralığı hesaplamaları yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü değerlerinde en fazla standart sapma ve % 90 ihtimaliyetle güven aralığı değerleri PVP-6755 katkılı mum örneğinde (sırasıyla 0.744 ve 2.84 ± 1.25) en düşük değerler ise PVP-40 katkılı mum örneğinde (sırasıyla 0.007 ve 1.28 ± 0.011) gözlenmiştir. Penetrasyon değerlerinde en fazla standart sapma ve % 90 ihtimaliyetle güven aralığı değerleri Arlacel 481 katkılı mum örneğinde (sırasıyla 1.18 ve 10.3 ± 1.38) en küçük değerler ise tannik asit örneğinde (sırasıyla 0.14 ve 0.4 ± 0.16) gözlenmiştir. Kopma dayanımı ölçümlerinde ise en fazla standart sapma ve % 90 ihtimaliyetle güven aralığı değerleri agar katkılı mum örneğinde (sırasıyla 1.63 ve 13.16 ± 2.7) en küçük değerler ise Wilken-3480 soya katkılı mum örneğinde gözlenmiş olup 0'dır.

Çizelge 4.3. Katkısız B-140 ve B-97 mumlarının ve katkı B-97 mumlarının (KB97M) özelliklerinin karşılaştırılması

Deney No	Malzeme	Yüzey Pürüzlülüğü (µm)	CTE (µm/m °C)	Viskozite (cp)			Tenas Açısı	Penetrasyon (mmH10)	Kopma Dayanımı (Kg/cm ²)
				55 °C	60 °C	65 °C			
1	Katkısız B-140	0,24	348,65	90110	45835	17066		2,0	10,00
2	Katkısız B-97	1,35	867,70	532	70	24	98	5,9	11,66
3	RHS-6592 soya KB97M	0,97	146,31	502	119	37	94	7,2	13,83
4	SGI-3308 Soya KB97M	0,66	111,99	750	117	36	94	14,2	15,30
5	Wilken-3480 Soya KB97M	0,75	81,936	837	128	32	94	5,0	15,00
6	NS-6 Soya KB97M	0,63	60,80	790	729	40	94	4,5	14,16
7	Arap Zamkı KB97M	0,41	186,35	800	118	28	99	2,8	12,66
8	Pektin KB97M	0,65	288,47	1381	206	31	94	3,8	12,66
9	Agar KB97M	1,06	224,64	1914	211	55	102	3,3	13,16
10	PVP-40 KB97M	1,28	160,01	1896	301	85	104	2,2	13,83
11	PVP-6755 KB97M	2,84	197,74	1801	352	100	104	3,8	13,83
12	Aljinik Asit KB97M	0,77	81,92	1500	200	65	104	5,1	14,33
13	Selüloz KB97M	0,57	101,97	1586	243	79	96	2,6	13,66
14	Karboksümetil Selüloz KB97M	1,27	186,31	1694	339	102	75	3,8	13,66
15	Aktif kömür KB97M	0,57	161,28	1281	167	52	105	0,7	12,66
16	Silikon KB97M	0,31	373,81	1021	123	33	102	5,3	11,66
17	Tannik Asit KB97M	0,52	203,17	1697	184	45	102	0,4	14,00
18	Palmitik Asit KB97M	1,02	1061,40	138	30	8	102	4,2	14,66
19	Gliserin KB97M	0,56	128,41	1343	166	42	102	0,7	7,83
20	Saponin KB97M	0,70	545,05	1107	159	50	102	0,8	13,66
21	Sodyum Dodesil Sulfat KB97M	0,92	462,93	2396	250	76	102	8,4	7,33
22	Arlacel 481 KB97M	0,55	441,73	1360	124	32	102	10,3	16,33

Çizelge 4.4. Birden fazla katkı maddeli mum örneklerinin özelliklerinin katkısız B-140 ve B-97 mumlarının özellikleriyle karşılaştırılması

Deney No	Madde	Yüzey Pürüzlülüğü (μm)	CTE ($\mu\text{m}/\text{m } ^\circ\text{C}$)	Viskozite (cp)			Temas Açısı	Penetrasyon (mmH10)	Kopma Dayanımı (Kg/cm^2)
				55 $^\circ\text{C}$	60 $^\circ\text{C}$	65 $^\circ\text{C}$			
1	Katkısız B-140	0,24	348,65	90110	45835	17066		2,0	10,00
2	Katkısız B-97	1,35	867,70	532	70	24	98	5,9	11,66
23	Karboksimetil Seltüloz, NS-6 Soya KB97M	1,04	125,03	2542	280	65	87	3,5	14,33
24	Karboksimetil Seltüloz, NS-6 Soya, Silikon KB97M	0,28	122,95	1785	400	54	90	2,2	13,66
25	Karboksimetil Seltüloz, NS-6 Soya, Palmitik Asit KB97M	0,47	278,21	902	107	22	90	4,6	15,00
26	Karboksimetil Seltüloz, NS-6 Soya, Tannik Asit KB97M	0,73	147,27	647	110	36	90	0,6	13,33
27	Karboksimetil Seltüloz, NS-6 Soya, Wilken-3480 Soya KB97M	0,48	178,64	645	97	32	89	5,0	14,00
28	Karboksimetil Seltüloz, NS-6 Soya, Silikon, Palmitik Asit, Wilken-3480 Soya, Tannik Asit KB97M	0,30	270,51	2262	180	38	90	5,8	13,33

4.1. Tek Katkılı B-97 Mumlarının Özellikleri

4.1.1. Yüzey pürüzlülüğü

Çizelge 4.3’de verilen ve 3-22 nolu denemelerde elde edilmiş olan sonuçlar katkısız mum örneklerinin sonuçları ile (Deney 1 ve 2) karşılaştırıldığında PVP-6755 (Deney 11) dışında çalışmamızda kullandığımız diğer bütün katkı maddelerinin B-97 mumunun yüzey pürüzlülüğünü azalttıkları görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğünü azaltma bakımından en etkili madde silikondur (Deney 16) ve B-140 mumunununkine yakın bir değer sağlamıştır. Silikonu arap zankı (Deney 7), tannik asit (Deney 17), Arlacel 481 (Deney 22), gliserin (Deney 19), aktif kömür (Deney 15), selüloz (Deney 13), NS-6 soya (Deney 6), pektin (Deney 8) ve SGI-3308 soya (Deney 4) izlemektedir.

4.1.2. Termal genleşme

Termal genleşme sonuçları karşılaştırıldığında palmitik asit (Şekil 4.58) hariç kullanılan diğer bütün katkı maddelerinin hepsinin B-97 mumunun termal genleşmesini azaltma bakımından olumlu etki yaptıkları görülmektedir. B-140 mumunun termal genleşmesi (Şekil 4.41) ile karşılaştırıldığında ise palmitik asit, saponin (Şekil 4.60), SDS (Şekil 4.61), ve Arlacel 481’in (Şekil 4.62) termal genleşmeyi artırıcı etkilerinin olduğu görülmektedir. Termal genleşmeyi en fazla azaltan madde NS-6 soyadır (Şekil 4.46). Bunu aljinik asit (Şekil 4.52), Wilken-3480 soya (Şekil 4.45), selüloz (Şekil 4.53), SGI-3308 soya (Şekil 4.44), gliserin (Şekil 4.59), RHS-6592 soya (Şekil 4.43), PVP-40 (Şekil 4.50), aktif kömür (Şekil 4.55), karboksimetil selüloz (Şekil 4.54) ve arap zankı (Şekil 4.47) izlemektedir.

4.1.3. Viskozite

Mum örneklerinin B-97 ve B-140 mumlarının kalıplanma sıcaklık aralığı olan 62-67 °C ye yakın olduğu için seçilen 55 °C, 60 °C ve 65 °C deki viskoziteleri karşılaştırıldığında katkı maddelerinin hepsinin B-97 mumunun viskozitesinin artmasına neden oldukları görülmektedir (Çizelge 4.3.). Yalnızca RHS-6592 soya'nın (Şekil 4.15) 55 °C deki viskozitesinin daha düşük olduğu gözlenmiştir. Sıcaklık arttıkça viskoziteler arasındaki fark azalmaktadır. En fazla viskozite artışına neden olan maddeler karboksimetil selüloz (Şekil 4.26), polivinilpirrolidonlar (Şekil 4.22, 4.23), selüloz (Şekil 4.25), SDS (Şekil 4.33) ve aljinik asittir (Şekil 4.24). Yine de, Çizelge 4.2'deki gözlemlere bakıldığında katkılı mumların viskozite artışlarına rağmen genellikle kalıba kolaylıkla dökülebildikleri görülmektedir. Katkılı mumların viskozitelerinin B-140 mumunun viskozitesine nazaran çok daha düşük oldukları da görülmektedir.

4.1.4. Temas açısı

Kullanılan katkı maddelerinin çoğunlukla çok fazla miktarlarda olmasa bile B-97 mumunun su ile temas açısını arttırdıkları belirlenmiştir. Ancak karboksimetil selüloz (Deney 14) temas açısını önemli derecede azaltmaktadır. RHS-6592 soya (Deney 3), SGI-3308 soya (Deney 4), Wilken-3480 soya (Deney 5) ve NS-6 soya (Deney 6) ile pektin (Deney 8) ve selüloz (Deney 13) da o kadar çok olmamakla birlikte temas açısını azaltmıştır (Çizelge 4.3.).

4.1.5. Penetrasyon

Penetrasyon ölçüm sonuçları yalnızca dört maddenin (SGI-3308 soya (Deney 4), Arlacel 481 (Deney 22), SDS (Deney 21) ve RHS-6592 soya (Deney 3))

B-97 mumunun penetrasyon değerini arttırdığını, denenen diğer katkı maddelerinin ise azalttığını yani mumun sertliğini arttırdığını göstermektedir. Sertliğin artırılması açısından en etkili madde tannik asittir (Deney 17). Aktif kömür (Deney 15), gliserin (Deney 19) ve saponin (Deney 20) de tannik asidinkine yakın bir sertlik sağlamaktadırlar. Bu maddelerle oluşturulan mumların sertlikleri B-140 mumununkinden daha yüksektir (Çizelge 4.3.).

4.1.6. Kopma dayanımı

Gliserin (Deney 19) ve SDS (Deney 21) hariç diğer bütün katkı maddeleri B-97 mumunun kopma dayanıklılığını arttırmıştır. Bu hususta en etkili madde Arlacel 481 (Deney 12) olarak görülmekle beraber, Arlacel 481 katkısı ile elde edilen mumun koparılma kuvvetinin yüksek oluşu bu mumun kopma cihazının çenelerinin uyguladığı basınçla yumuşaması ve dolayısı ile cihazın uyguladığı kuvvetin muma yansıtılamaması nedeniyledir. Bu nedenle kopma dayanıklılığının artırılması bakımından en etkili maddelerin SGI-3308 soya (Deney 4) ve Wilken 3480 soya (Deney 5) oldukları görülmektedir. Bu maddeleri palmitik asit (Deney 18), NS-6 soya (Deney 6), aljinik asit (Deney 12) ve tannik asit (Deney 17) izlemektedir. Gliserin ve SDS ile oluşturulan mumlar hariç diğer bütün mumların kopma dayanımlarının B-140 mumununkinden yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3.).

4.2. İki Katkılı B-97 Mumunun Özellikleri

Katkısız ve katkılı B-97 mumları ile elde edilen ve Çizelge 4.3’de verilen ölçüm sonuçları bir arada değerlendirilerek B-97 mumunun bu tablodaki bütün fiziksel özelliklerinde iyileşme sağlayabilecek bir mum formülasyonunun oluşturulmasına çalışılmıştır. Bu amaçla birden fazla katkı maddesinin kullanıldığı mum örnekleri hazırlanırken katkısız mumun yüzey

pürüzlülüğünün azaltılması, termal genişmesinin azaltılması, vizkozitesinin azaltılması, temas açısının azaltılması, penetrasyon değerinin azaltılması ve kopma dayanıklılığının artırılması esas alınmıştır.

Hazırlanacak böyle bir formülasyonda kalıp mumunun özelliklerinin iyileştirilmesi bakımından en önemli özellik olan termal genişmeyi oldukça etkin bir şekilde azaltan NS-6 soyanın bulunmasının uygun olacağı düşünülmüştür. NS-6 soya'nın diğer özelliklere etkisi incelendiğinde yüzey pürüzlülüğünü azalttığı, viskoziteyi pratikte uygulamayı olumsuz etkileyemeyecek kadar arttırdığı, temas açısını azalttığı yani ıslanmayı arttırdığı, sertliği arttırdığı ve kopma dayanıklılığını arttırdığı gözlenmiştir.

Diğer taraftan, oluşturulan mum modelinin dış yüzeyinde bir seramik kabuğun oluşturulabilmesi bakımından mum modelin seramik çamuru ile ıslanabilirliğinin de büyük önem taşıdığı göz önünde tutularak ıslanma açısında oldukça büyük bir azalma sağlayan karboksimetil selülozun da kalıp mumu formülasyonunda bulunmasının yararlı olacağı düşünülmüştür. Karboksimetil selülozun diğer özelliklere etkisi incelendiğinde yüzey pürüzlülüğünü, termal genişmeyi ve penetrasyonu azalttığı, kopma dayanımını arttırdığı görülmektedir. Viskozitede neden olduğu artış ise kalıba dökülme özelliğini kötüleştirecek büyüklükte değildir (Çizelge 4.1.). Bu nedenlerle NS-6 soya ve karboksimetil selülozun oluşturulacak mum formülasyonlarının temel bileşenleri olmalarına karar verilmiştir. Bu iki maddenin katılmasıyla oluşturulan mumun özellikleri Çizelge 4.4. de görülmektedir (Deney 23). Tablodaki değerlere göre NS-6 soya ve karboksimetil selüloz katılması B-97 mumunun yüzey pürüzlülüğünü, termal genişmesini (Şekil 4.63), temas açısını azaltmakta, sertliğini ve kopma dayanıklılığını arttırmakta yani bu özelliklerini iyileştirmektedir. Yalnızca viskozite artışına neden olmaktadır (Şekil 4.35). Ancak bu artışın kalıplanma

işleminde sakınca yaratacak kadar büyük olmadığı gözlenmiştir. (Çizelge 4.2.).

4.3. Üç Katkılı B-97 Mumlarının Özellikleri

Bu olumlu sonucun alınmasını takiben B-97 mumuna bu iki maddenin yanında üçüncü bir maddenin daha katılması ile özelliklerinin ne şekilde etkileneceği de araştırılmıştır. Bu amaçla yüzey pürüzlülüğünü biraz daha azaltmak amacıyla silikon (Deney 16), vizkozitesinin düşürülmesi amacıyla palmitik asit (Deney 18), sertliğinin biraz daha artırılması amacıyla tannik asit (Deney 17) ve kopma dayanıklılığını biraz daha arttırmak amacıyla Wilken-3480 soyanın (Deney 5) eşlik ettirilmesi ile üç katkılı mum örnekleri hazırlanmıştır. Kopma dayanıklılığını arttırmak amacıyla SGI-3308 soya yerine Wilken-3480 soyanın kullanılmasının nedeni SGI-3308 soyanın penetrasyon değerinin yüksek olması yani sertliğinin az olmasıdır. Bu örneklerin özelliklerini gösteren sonuçlar Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

4.3.1. Karboksimetil selüloz, NS-6 soya ve silikon katkılı B-97 mumunun özellikleri

Bu sonuçlar incelendiğinde ortama silikon ilavesinin beklenildiği gibi yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir (Deney 24). Karışıma silikon katılması ayrıca ikili katkılı muma nazaran termal genleşmeyi (Şekil 4.64), viskoziteyi (Şekil 4.36) ve penetrasyonu da azaltmıştır. Bu olumlu gelişmelerin yanında, temas açısını bir miktar arttırdığı, kopma dayanıklılığını ise bir miktar azalttığı gözlenmektedir. Bununla beraber, temas açısı yine de B-97 mumununkinden düşük ve kopma dayanıklılığı daha yüksektir (Çizelge 4.4.).

4.3.2. Karboksimetil selüloz, NS-6 ve palmitik asit katkılı B-97 mumunun özellikleri

Palmitik asidin üçüncü bir katkı maddesi olarak ortama katılması beklenildiği gibi vizkozitenin B-97 mumununkinden daha düşük bir değere azalmasını sağlamıştır (Deney 25). Palmitik asit iki katkılı muma nazaran yüzey pürüzlülüğünde azalmaya ve kopma dayanıklılığında artmaya yol açmış ancak bu olumlu değişikliklerin yanısıra temas açısından, penetrasyonda ve termal genleşmede (Şekil 4.64) artmaya yol açmıştır. Bununla beraber bu artışlara rağmen bu değerler yine de B-97 mumununkilerden daha düşüktürler.

4.3.3. Karboksimetil selüloz, NS-6 soya ve tannik asit katkılı B-97 mumunun özellikleri

Üçüncü katkı maddesi olarak tannik asitin kullanılması da beklenen sonucu vermiş ve penetrasyonda önemli derecede bir azalma yani mumun sertliğinde önemli derecede bir artış oluşmuştur (Deney 26). Tannik asit iki katkılı muma nazaran yüzey pürüzlülüğü ve viskozitenin (Şekil 4.38) de azalmasına yol açmıştır. Ancak termal genleşme (Şekil 4.66) ile, temas açısından artma ve kopma dayanıklılığında azalma oluşturmuştur. Bununla beraber, termal genleşme değeri B-97 mumununkinden oldukça düşüktür. Ayrıca; B-97 mumununkilerle karşılaştırıldığında ıslatma açısı daha düşük, sertliği daha yüksek ve kopma dayanıklılığı daha fazladır.

4.3.4. Karboksimetil selüloz, NS-6 soya ve Wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun özellikleri

İki katkılı mumun kopma dayanıklılığını arttırabileceği düşüncesi ile karışıma katılan Wilken-3480 soya'nın bu yönde bir etki yapmadığı görülmektedir (Deney 27). Yine de varlığında oluşan mumun sertliği yüksektir. Ayrıca, bu tür soya yüzey pürüzlülüğünü ve viskoziteyi (Şekil 4.39) iki katkılı mumunkilere nazaran belirgin şekilde azaltmıştır. Termal genleşmeyi (Şekil 4.67) ve temas açısını az miktarda arttırmış, penetrasyonu B-97 mumununkine yaklaştırmıştır. Bu değerler yine de B-97 mumununkilere nazaran iyileşme sağlandığını göstermektedirler.

4.4. Altı Katkılı B-97 Mumunun Özellikleri

Son olarak NS-6 soya, karboksimetil selüloz, silikon, palmitik asit, Wilken-3480 soya ve tannik asitin B-97 mumuna bir arada katılmalarıyla bir mum örneği daha hazırlanmıştır. Bu mum örneğinin Çizelge 4.4 de verilen özellikleri incelendiğinde B-97 mumuna nazaran yüzey pürüzlülüğünün ve termal genleşmesinin (Şekil 4.68) oldukça düşük olduğu, viskozitesinin (Şekil 4.40) az miktarda yüksek olduğu, temas açısının daha düşük olduğu, sertliğinin pratikçe değişmediği ve kopma dayanıklılığının daha fazla olduğu gözlenmektedir (Deney 28). Viskozitede oluşan artışın kalıba dökme safhasında bir sorun oluşturmayacak kadar az olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.1.).

6 katkılı mumun özelliklerinin genel olarak B-97 mumununkilerden üstün olmasına rağmen, üç katkılı mumların özellikleri incelendiğinde üç katkılı mumların bazı özelliklerinin daha iyi olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, üç katkılı mumların Çizelge 4.1.- 4.'teki özellikleri karşılaştırılarak hazırladığı-

mız örnekler içinden hassas döküm kalıp mumu olarak kullanılabilme bakımından en üstün özelliklere sahip olan mum belirlenmeye çalışılmış ve bu bakımdan en üstün mumun NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve silikon içeren karışım (Çizelge 4.4., Deney 24) olduğuna karar verilmiştir. İkinci sırada NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve tannik asit içeren mum (Çizelge 4.4., Deney 26) gelmektedir. NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve Wilken-3480 soya içeren mumun (Çizelge 4.4., Deney 27) bu bakımdan üçüncü sırada olarak düşünülmesinin başlıca nedeni bu karışımın B-97 mumunun sertliğinde fazla bir iyileşme oluşturmamış olmasıdır. NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve palmitik asit katkılı mumun sıralamaya sokulmamasının nedeni ise bu karışımdan hazırlanan mumun kopma dayanıklılığı ölçümleri sırasında basınç altında yumuşaması ve çekme çeneleri arasında ezilerek kopma dayanıklılığının ölçülememesidir.

Katkısız B-140 ve B-97 mumları ile NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve silikon içeren üç katkılı B-97 mumunun DSC analizleri de yapılmıştır. Bu mumlara ait DSC grafikleri Şekil 4.69-71'de verilmiştir. Bu grafiklerden üç katkılı mumun erime sıcaklığının diğer mumlarınkinden daha düşük olduğu (55 °C) görülmektedir (Şekil 4.69-71).

Bu üç katkılı mumun seramikle kaplanma safhası öncesinde mum model kümesinin oluşturulması bakımından önem taşıyan kaynaklanabilme özelliği [24,25] de B-140 ve B-97 mumunkilerle karşılaştırılmıştır. Bu amaçla öncelikle üç mum örnek hazırlama cihazındaki kalıbın ortasına bir ince sac levha konulmak suretiyle iki parçalı olarak kalıplanmışlardır. Daha sonra 1 mm kalınlığındaki bir sac levha etüvde 100 °C ye ısıtılarak iki parçanın arasına yerleştirilip 5 s süre ile tutulup geri çekilmiş ve iki parçanın eriyen yüzeyleri birleştirilerek kaynak yapılmıştır.

Bu şekilde hazırlanan ve orta yerinden kaynaklanmış olan mum kalıpları çekme denemesine tabi tulumuştur. B-140, B-97 ve katkılı B-97 mumun kopma dayanımları sırasıyla 0.5, 0.2, 0.3 kg/cm² olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar katkı maddelerinin B-97 mumunun kaynaklanma özelliğini de iyileştirdiğini göstermektedir.

B-97 mumuna NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve silikon katılması ile oluşturulan mum Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne gönderilerek bu mumun hassas döküm model mumu olarak kullanılabilirliğinin araştırılması ve bu husustaki davranışının B-97 mumununkilerle karşılaştırılması istenmiştir. Elde edilen sonuçlar E-mail mesajı ile bildirilmiştir (EK-1).

EK-1'deki raporda NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve silikon katkılı B-97 mumunun (G.Ü. Mumu) kalıba dökme öncesi eritme işleminde dipte tortu oluşumunun gözlemlendiği bildirilmektedir. Yaptığımız denemede kalıplama öncesi böyle bir tortu oluşumu gözlenmemiştir. Bunun nedeni 70 °C deki mumun 1 dakika süre ile 1000 dev/dak'lık bir hızla karıştırılmış olması olabilir. Dolayısı ile bu şekilde çalışılması halinde bu sorun çözülecektir. Aslında, böyle bir durumun oluşmaması için çalışmamızın başlangıcında katı kimyasalların kolloidal boyuta öğütülmeleri planlanmıştır. Ancak Ankara dahilinde bir kolloit değirmeni bulunamamıştır. Mümkün olan en ince boyuta öğütülen katı kimyasalların tanecik boyutlarının genellikle 100 µ civarında oldukları Şekil 4.1-12'de görülmektedir. NS-6 soyanın tanecik boyutu 0.86 µ ile 180 µ (ortalama 20 µ) arasında (Şekil 4.2.), silikonun tanecik boyutu 0.48 µ ile 83 µ (ortalama 20) arasında değişmektedir (Şekil 4.9.). Karboksimetil selüloz su içinde kümeleştiğinden tanecik boyutu analizi yapılamamıştır. Katkı maddelerinin tanecik boyutlarının kolloidal boyutlara daha yakın olmaları sağlanabildiği takdirde karıştırma olmaksızın da çökelme oluşmayacağı düşünülmektedir.

Kalıba dökülen mumun katılaşması model oluşturmada önem taşıyan bir safhadır [26]. G.Ü. mumunun kalıpta B-97 mumuna nazaran 3 defa daha hızlı katılaşması özellikle çok sayıda seri üretim yapan işletmeler açısından önemli bir avantajdır. Böylece aynı sürede 3 katı fazla sayıda üretim yapılabilecek ve ayrıca, mum kalıpları daha çabuk soğuyacaklarından üretim sayısı daha da artabilecektir ki bu üretimi hızlandıracak ve maliyeti önemli derecede düşürecektir.

Raporda G.Ü. mumunun kalıptan yüzey alma ve seramik kaplanabilme özelliklerini B-97 mumununkilerle aynı olduğu belirtilmektedir. Çizelge 4.1. ve 4.2.'deki bilgiler de bununla uyumludur. Ancak bu çizelgelerde verilen gözlemlerimize göre kalıplanma sonrasında B-97 mumunun yüzeyi mat, G.Ü. mumununki ise çok parlaktır. Ayrıca, B-97 mumunda az miktarda çökme oluşmuş, G.Ü. mumunda ise oluşmamıştır. Raporda bu özelliklere değinilmemiştir. Bizim gözlemlerimize göre (Çizelge 4.3. ve 4.4.) G.Ü. mumunun seramik kaplanma özelliğinin biraz daha iyi olması beklenirdi. Bu özellik TÜBİTAK'ta cihaz ölçümlerine bağlı olarak değil de gözle değerlendirildiğinden beklenen bu fark değerlendirilememiş olabilir.

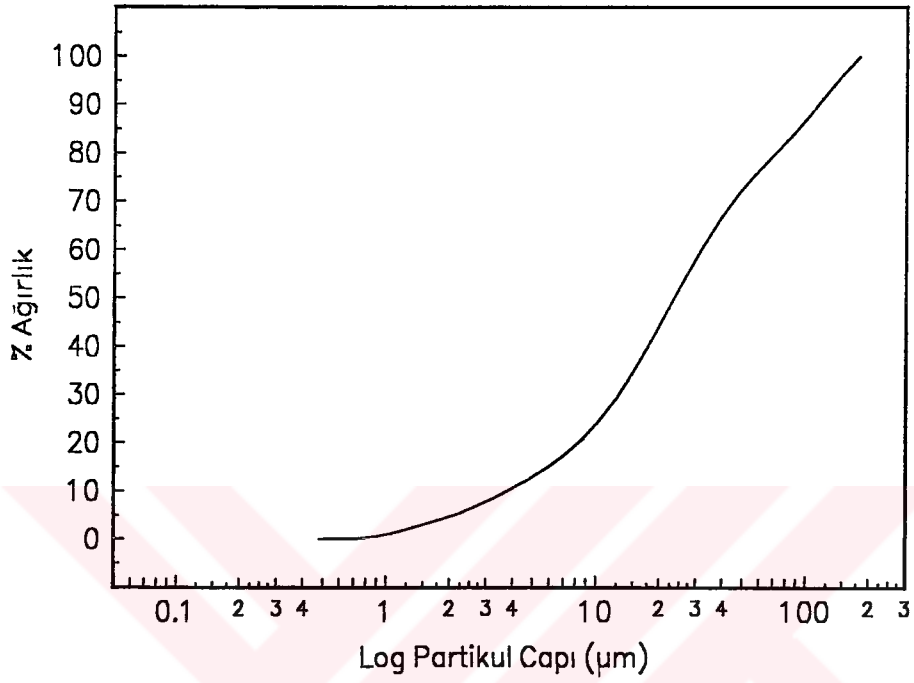
Raporda ayrıca mum boşaltma ve pişirme safhalarında G.Ü. mumu ile bir sorun oluşmadığı, ancak pişirme sonrası seramik kabuk içinde mum arttığı kaldığı belirtilmektedir. Bu, hassas döküm açısından istenilmeyen bir durumdur. Mumun pişirme sonrası tam olarak uzaklaştırılamamasının hangi katkı maddesinden kaynaklanmış olabileceğini araştırmak amacı ile G.Ü. mumundaki katkı maddeleri olan NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve silikon'un ≈ 1 'er gramlık kısımları fırında ayrı olarak 1000 °C'de yarımşar saat tutularak yakılmışlardır. Bu maddelerin ikili ve üçlü karışımları da aynı koşullarda yakılmışlardır. Ayrıca, Wilken-3480 soya ve tannik asit ile bunların

NS-6 soya ve karboksimetil selüloz ile olan üçlü karışımları da yakma işlemine tabi tutulmuşlardır.

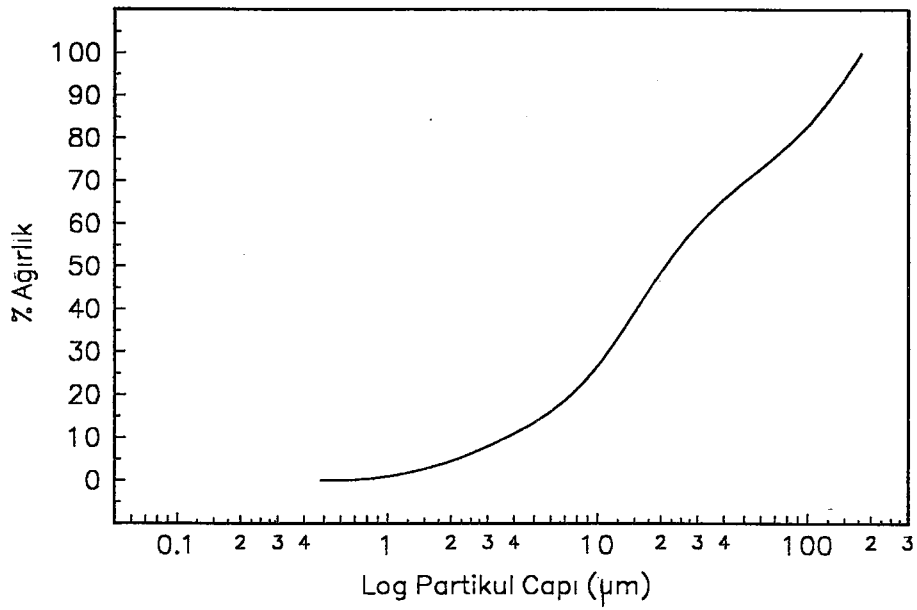
Çizelge 4.5'teki sonuçlar incelendiğinde G.Ü. mumunun yakma işlemi sonucunda seramik kabuk içinde kalıntı bırakmasının bileşiminde silikon bulunması nedeni ile olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, B-97 mumunun diğer özelliklerinin iyileştirilmesi bakımından ikinci sırada olarak değerlendirilmiş olan karboksimetil selüloz, NS-6 soya ve tannik asit katkı mum (Deney 26) hazırlanan mumlar içinde en üstün özelliklere sahip olan mum olarak önerilebilir. Çizelge 4.5'teki değerlerden tannik asidin kül içeriğinin de oldukça düşük olduğu görülmektedir. Wilken-3480 soyalı üç katkı mumun (Deney 27) özellikleri de hassas döküm mumu olarak kullanılmasının önerilebileceği kadar iyidir. Çizelge 4.5'ten Wilken-3480 soyanın kül içeriğinin de oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5. B-97 mumuna ilave edilen katkı maddelerinin kül yüzdeleri

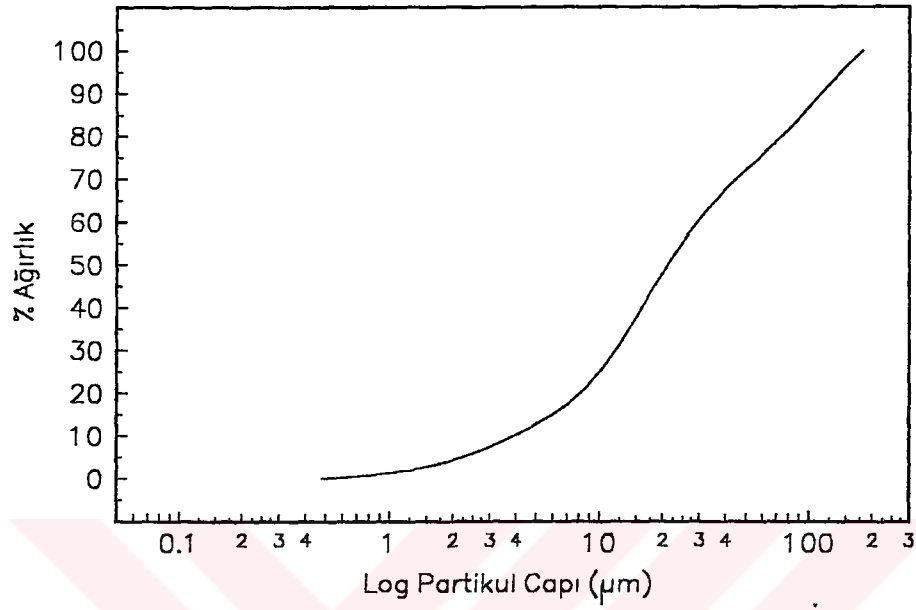
Katkı Maddeleri	Katkı Maddesinin Kül Yüzdesi	Katkılı B-97 mumunun kül yüzdesi
Tannik asit	0,70	0,14
Wilken-3480 soya	1,37	0,27
Silikon	94,0	18,80
NS-6 soya	4,30	0,86
Karboksimetil selüloz	11,08	2,21
Karboksimetil selüloz, NS-6 soya	8,18	1,63
Karboksimetil selüloz, silikon	58,00	11,60
Karboksimetil selüloz, NS-6 soya, silikon	41,39	8,27
Karboksimetil selüloz, NS-6 soya, tannik asit	2,46	0,49
Karboksimetil selüloz, NS-6 soya, Wilken-3480 soya	5,60	1,12



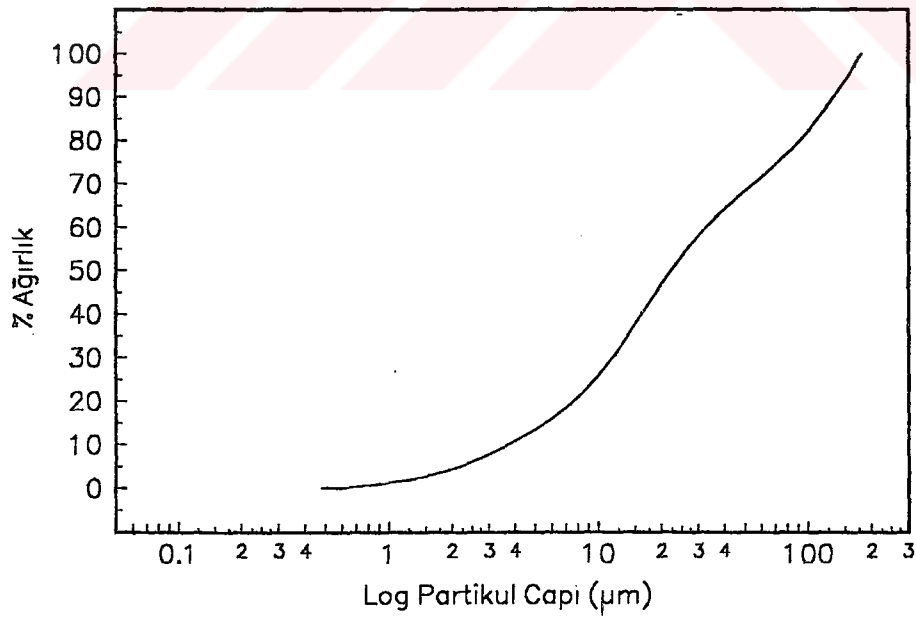
Şekil 4.1. RHS-6592 soya ununun tanecik boyutu dağılımı



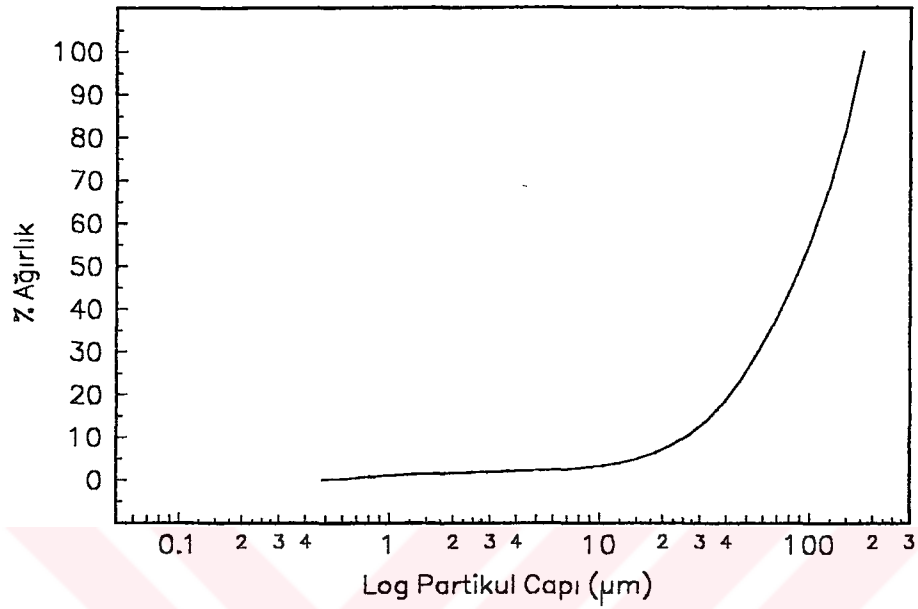
Şekil 4.2. SGI 3308 soya ununun tanecik boyutu dağılımı



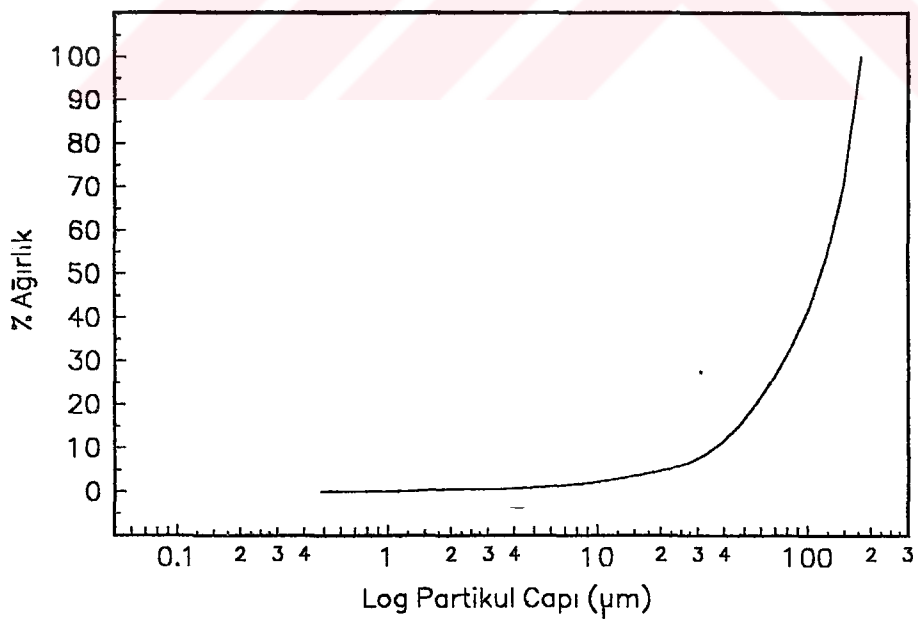
Şekil 4.3. Wilken-3480 soya ununun tanecik boyutu dağılımı



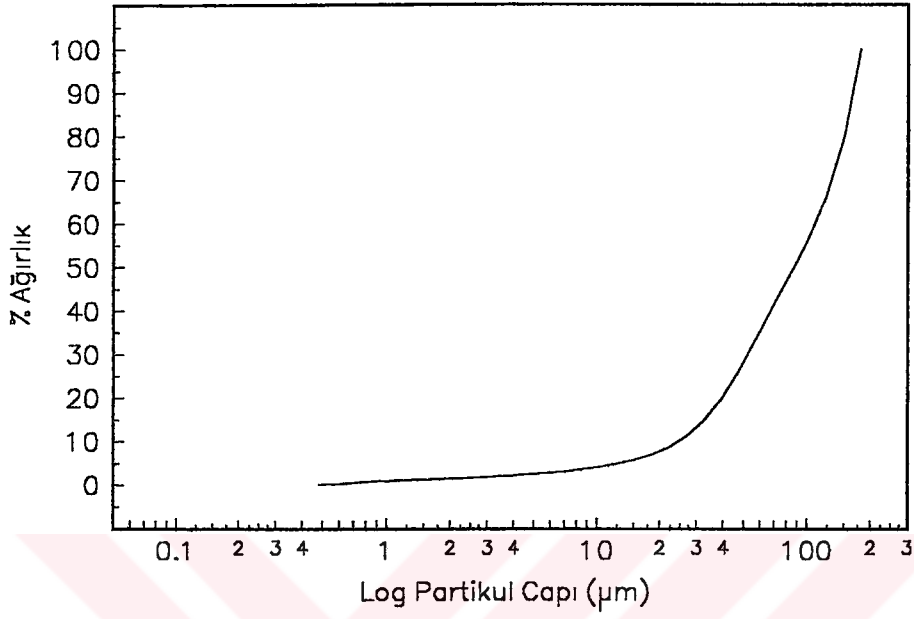
Şekil 4.4. NS-6 soya ununun tanecik boyutu dağılımı



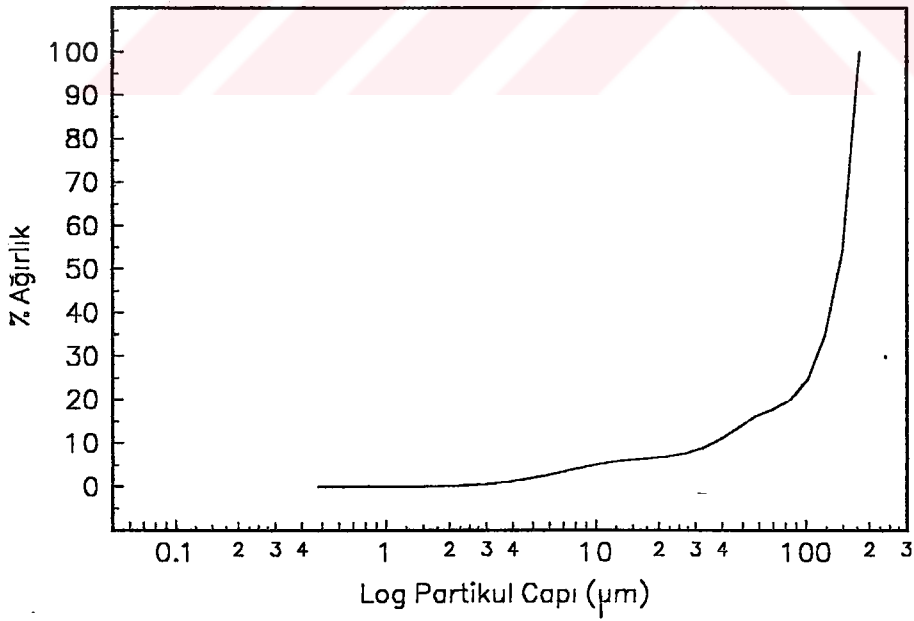
Şekil 4.5. PVP-6755'nin tanecik boyutu dağılımı



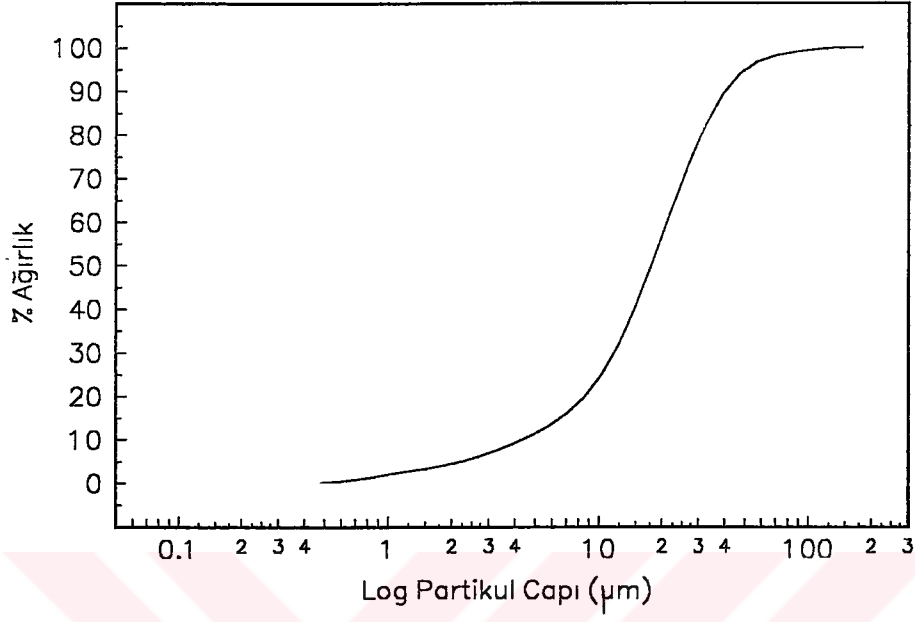
Şekil 4.6. Arap zıncının tanecik boyutu dağılımı



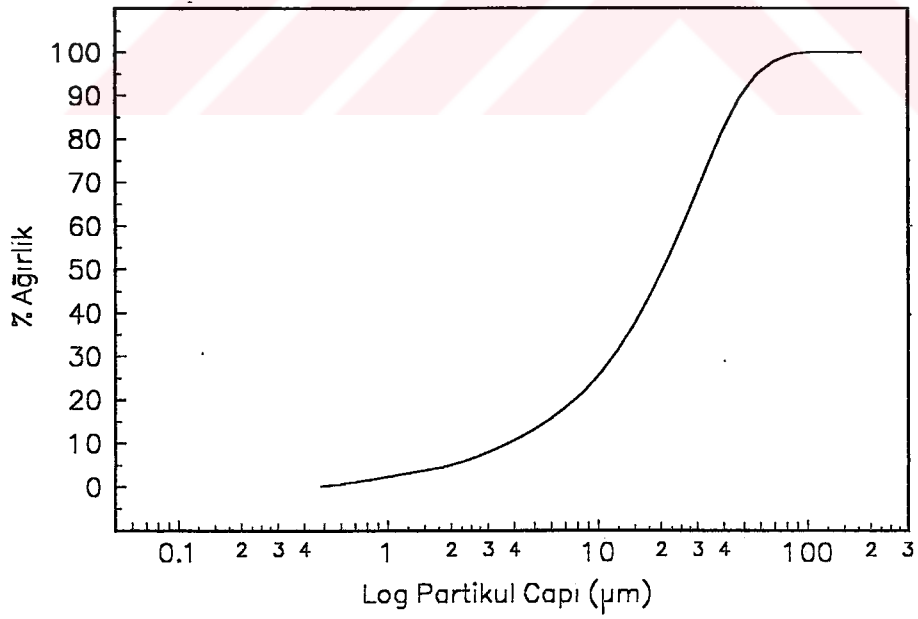
Şekil 4.7. Tannik asitin tanecik boyutu dağılımı



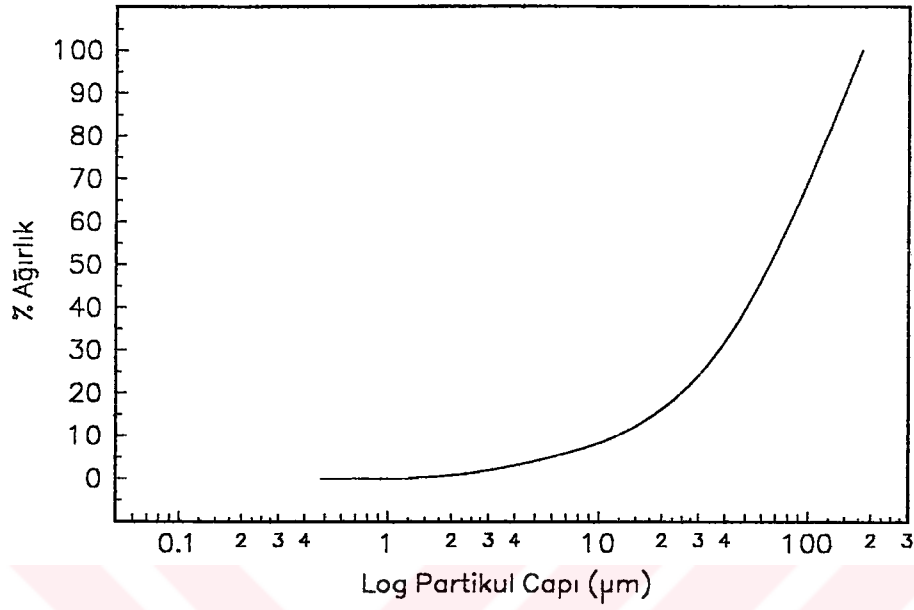
Şekil 4.8. Agarın tanecik boyutu dağılımı



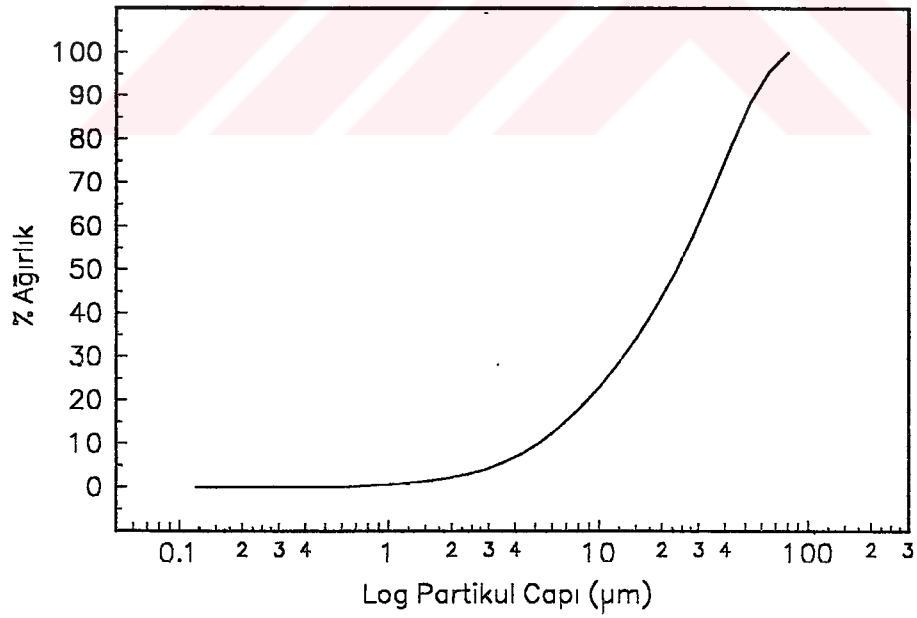
Şekil 4.9. Selülozun tanecik boyutu dağılımı



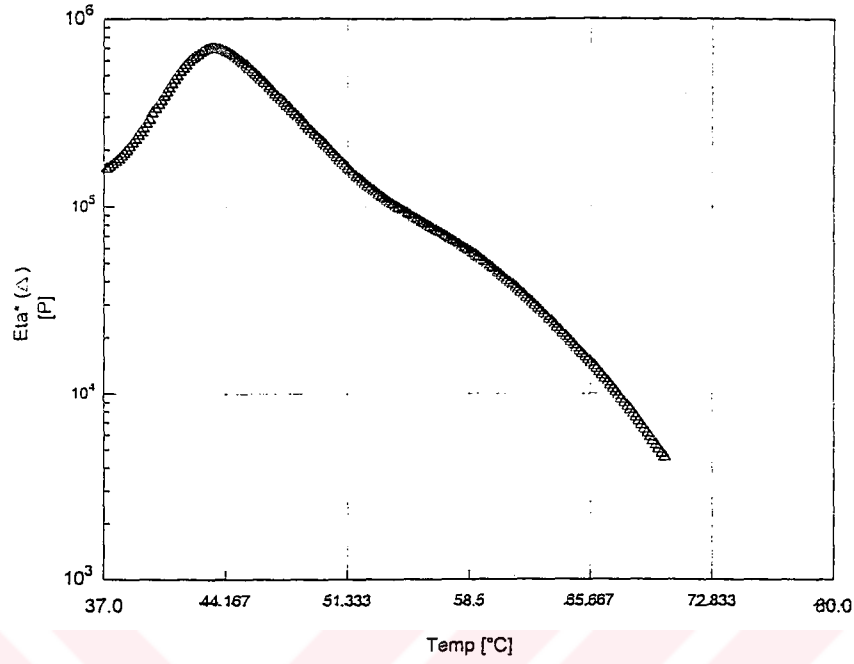
Şekil 4.10. Silikonun tanecik boyutu dağılımı



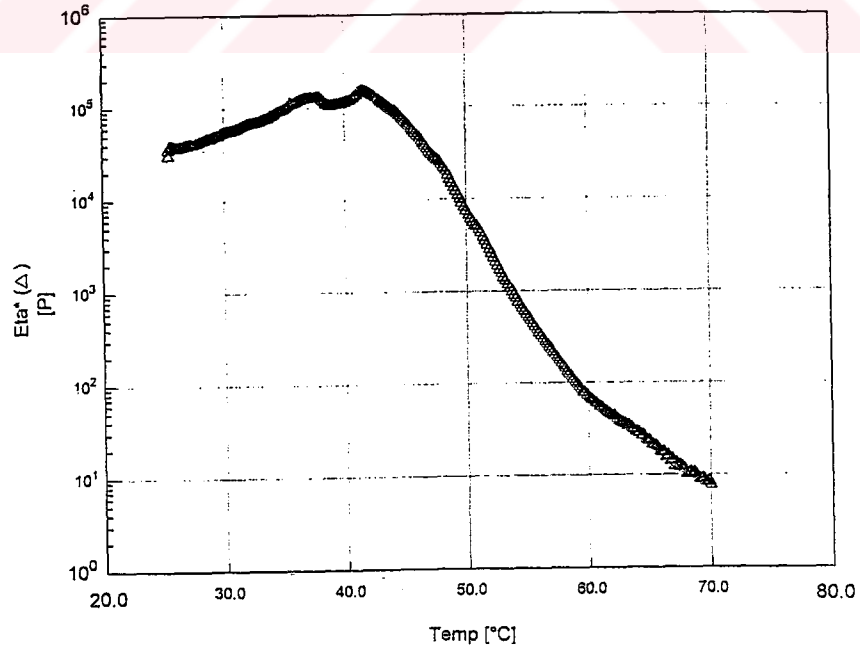
Şekil 4.11. Aljinik asitin tanecik boyutu dağılımı



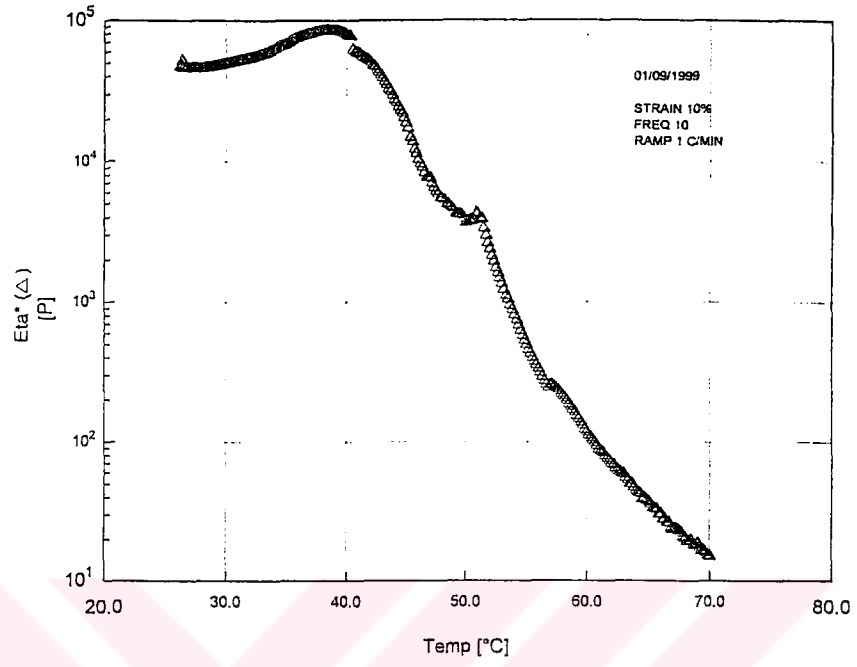
Şekil 4.12. Aktif kömürün tanecik boyutu dağılımı



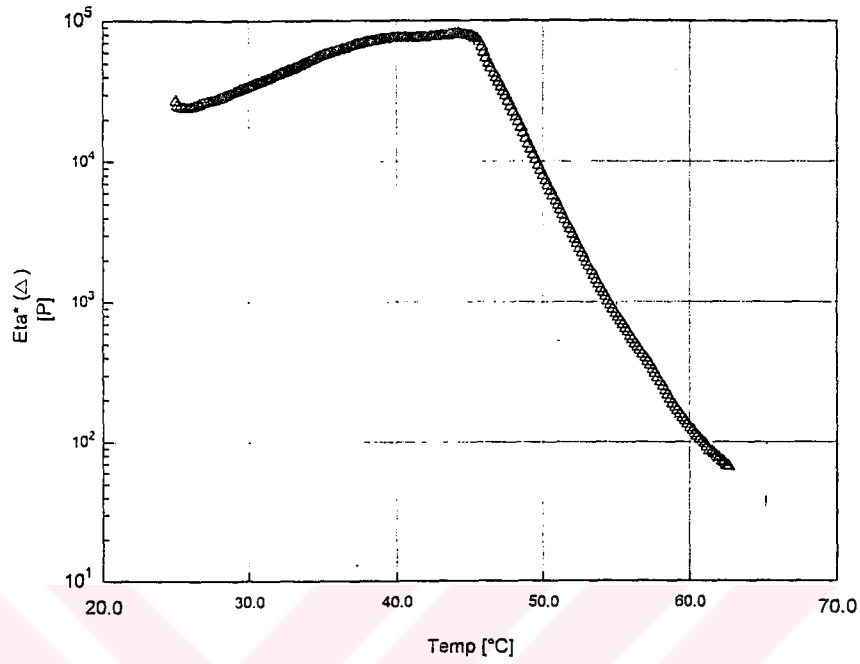
Şekil 4.13. B-140 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



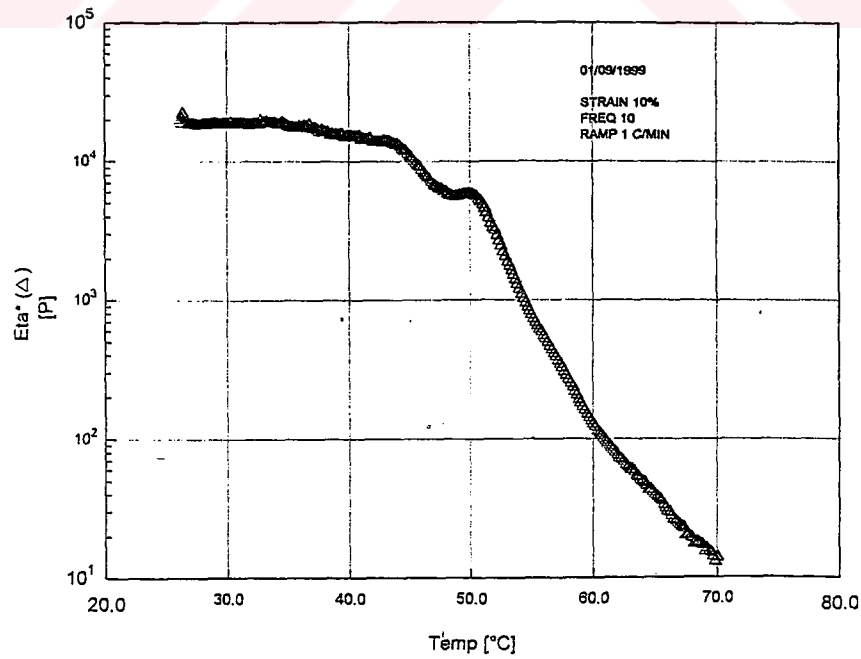
Şekil 4.14. B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



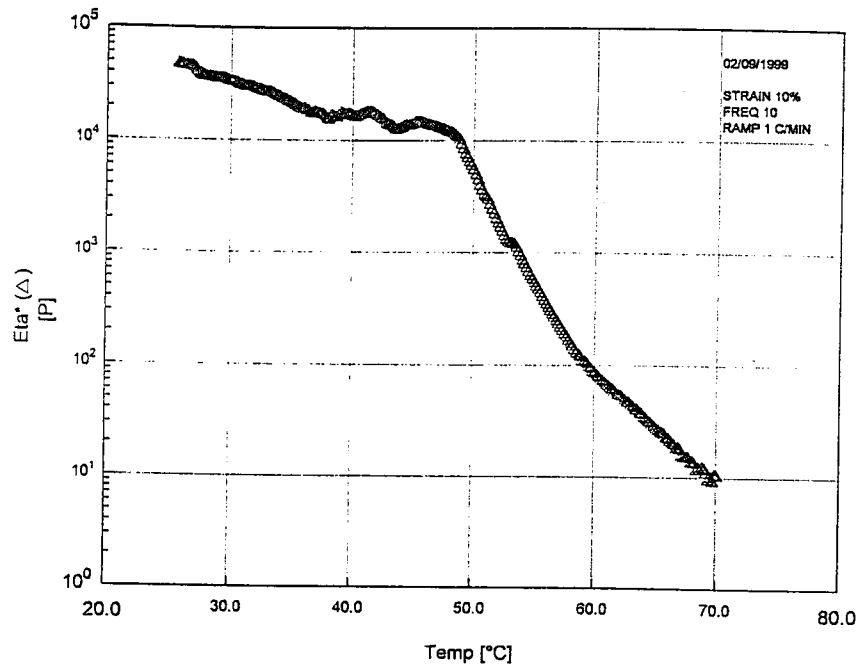
Şekil 4.15. RHS-6592 soya katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



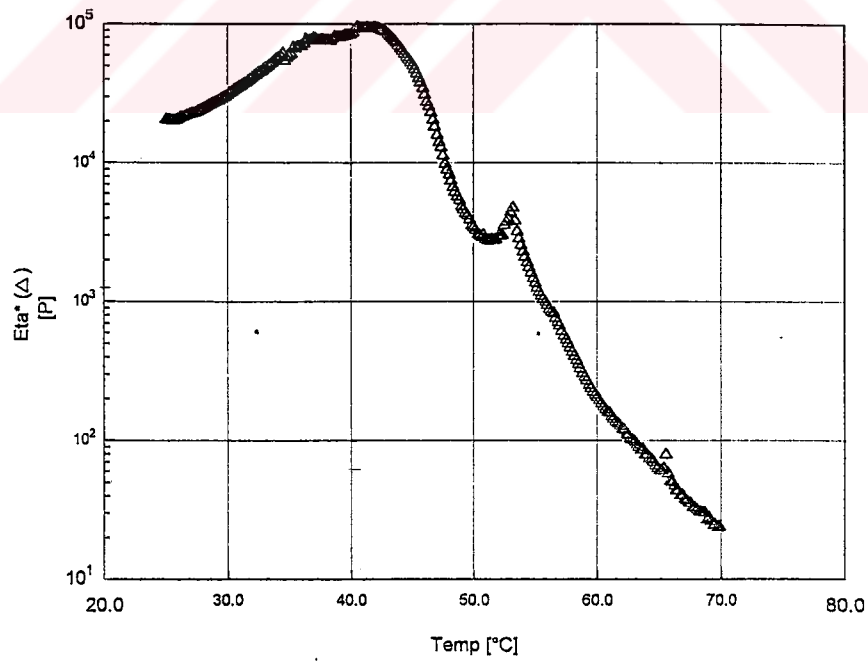
Şekil 4.17. Wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



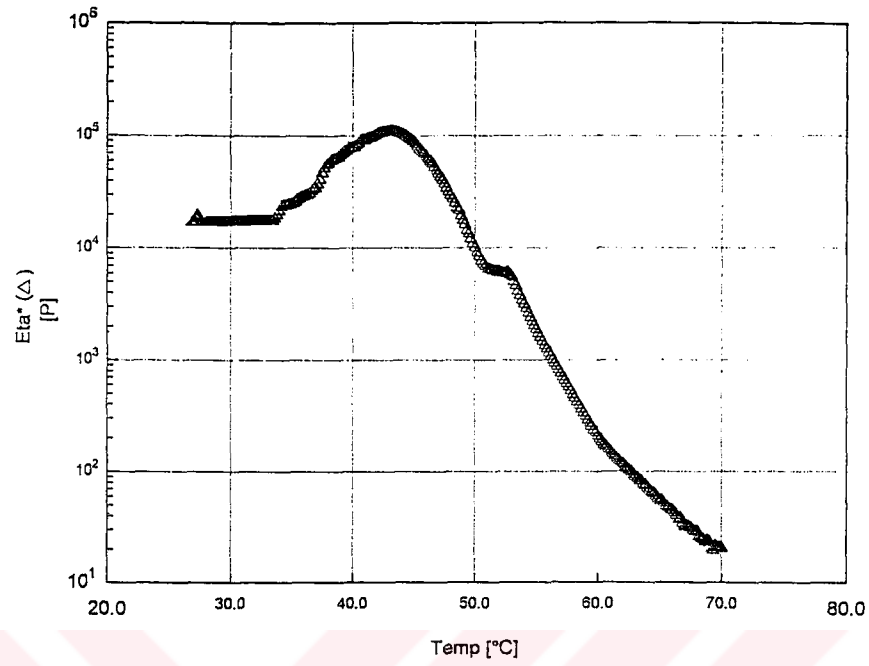
Şekil 4.18. NS-6 soya katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



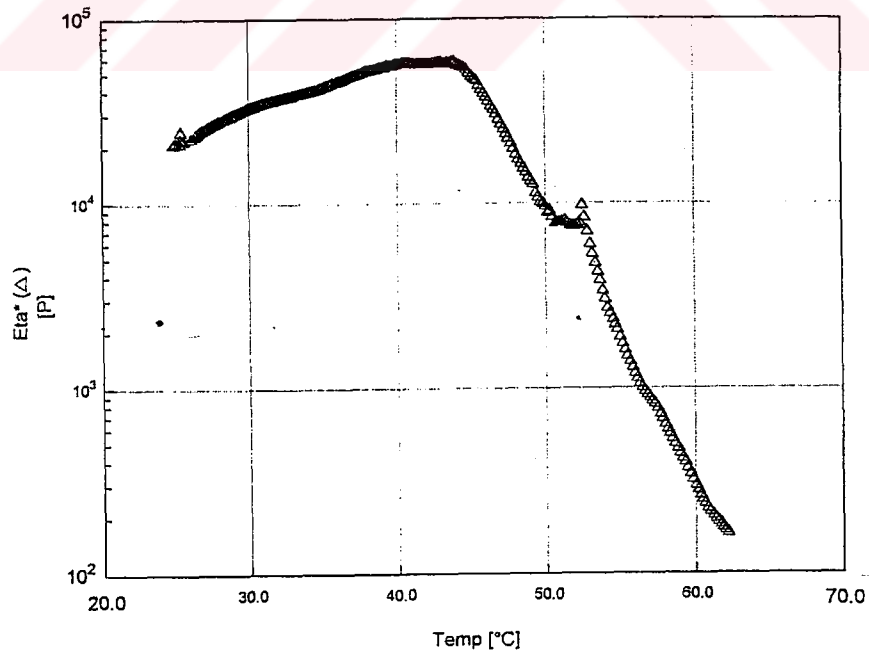
Şekil 4.19. Arap zamkı katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



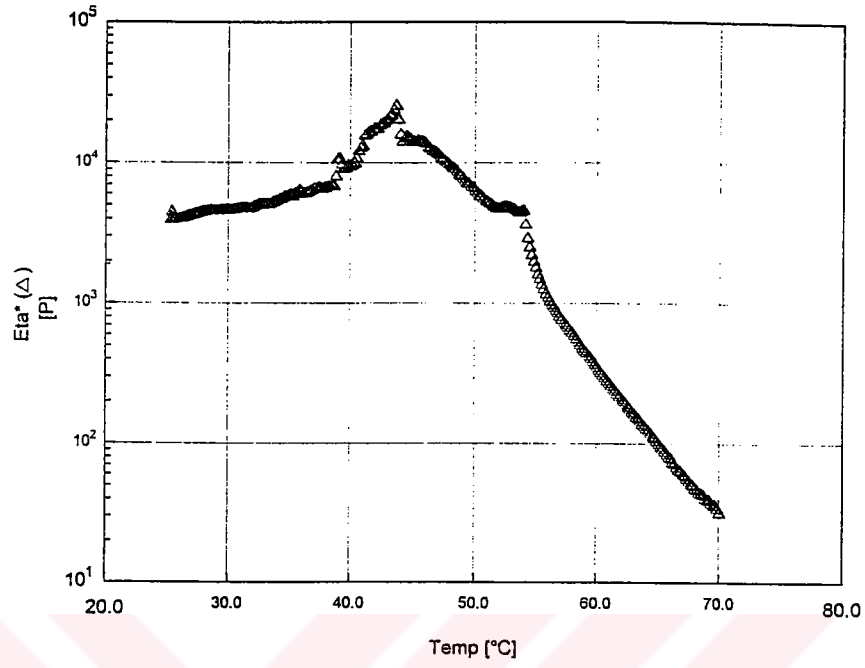
Şekil 4.20. Pektin katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



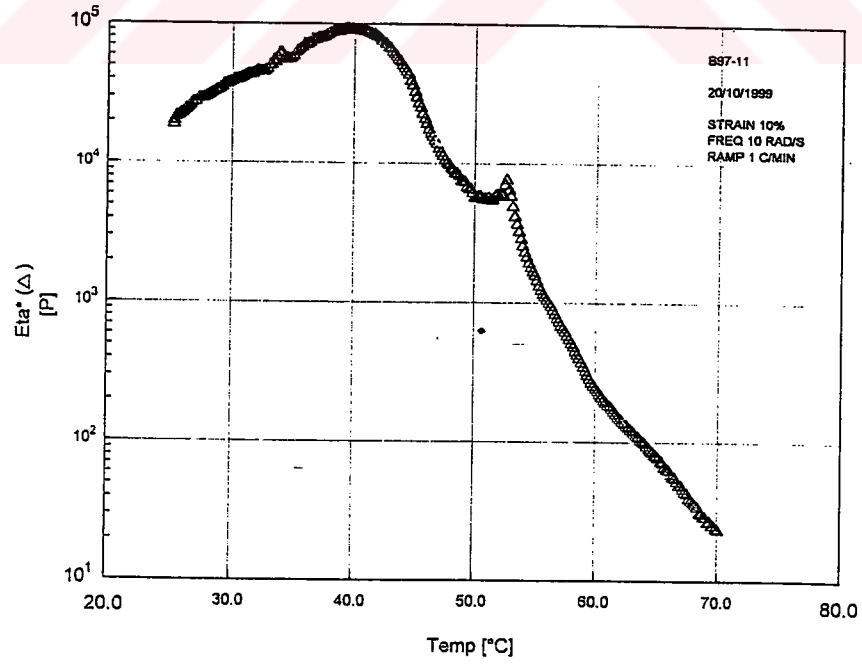
Şekil 4.21. Agar katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



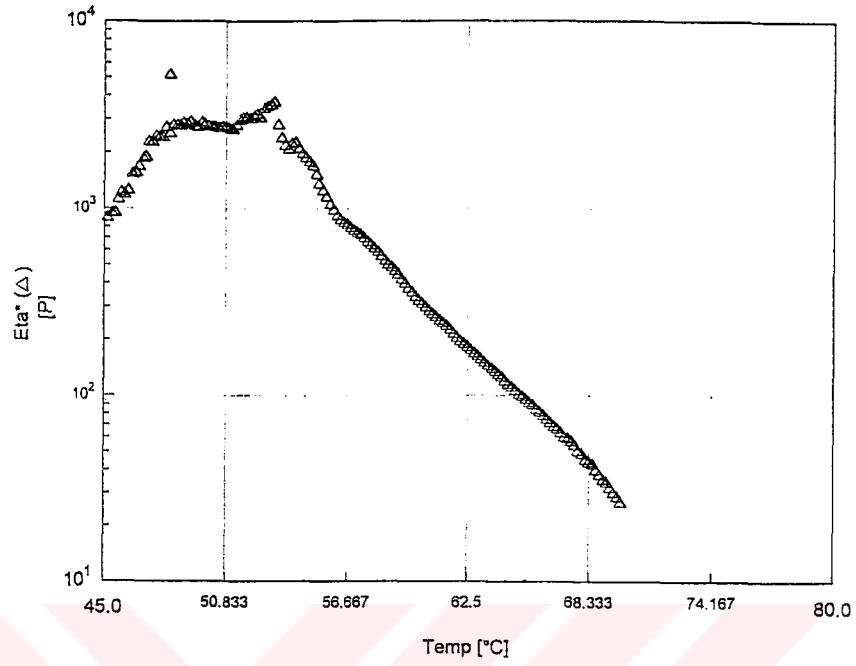
Şekil 4.22. PVP-40 katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



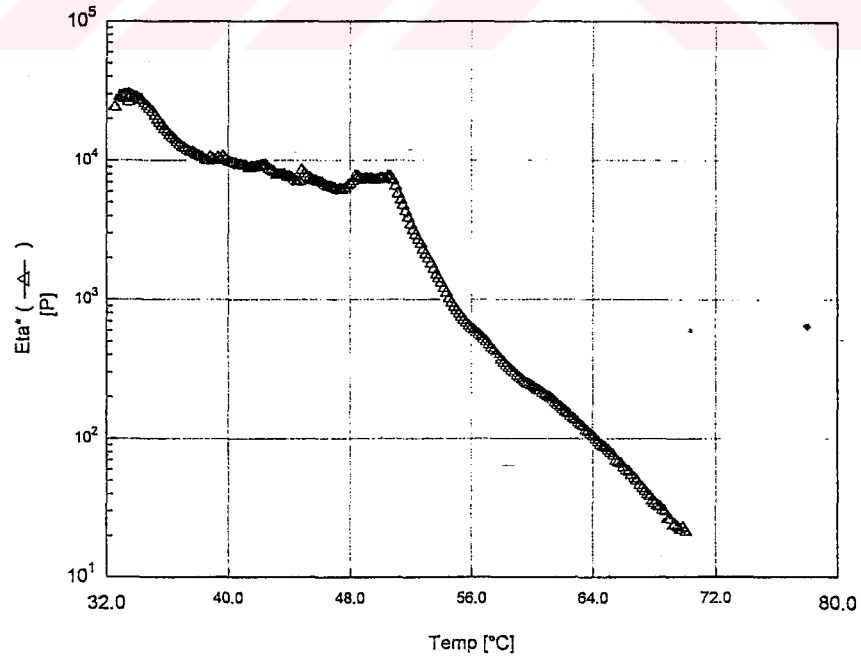
Şekil 4.23. PVP-6755 katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



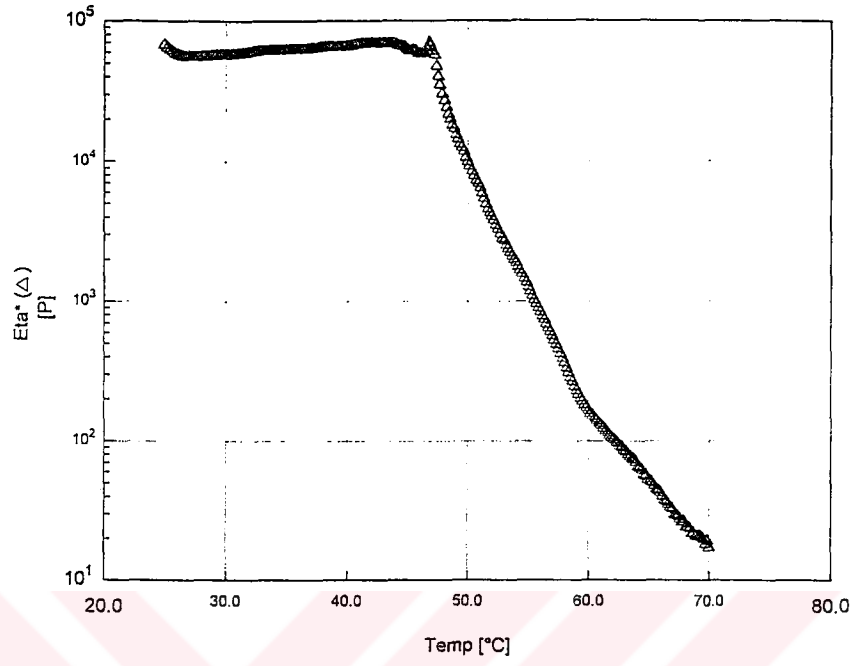
Şekil 4.24. Aljinik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



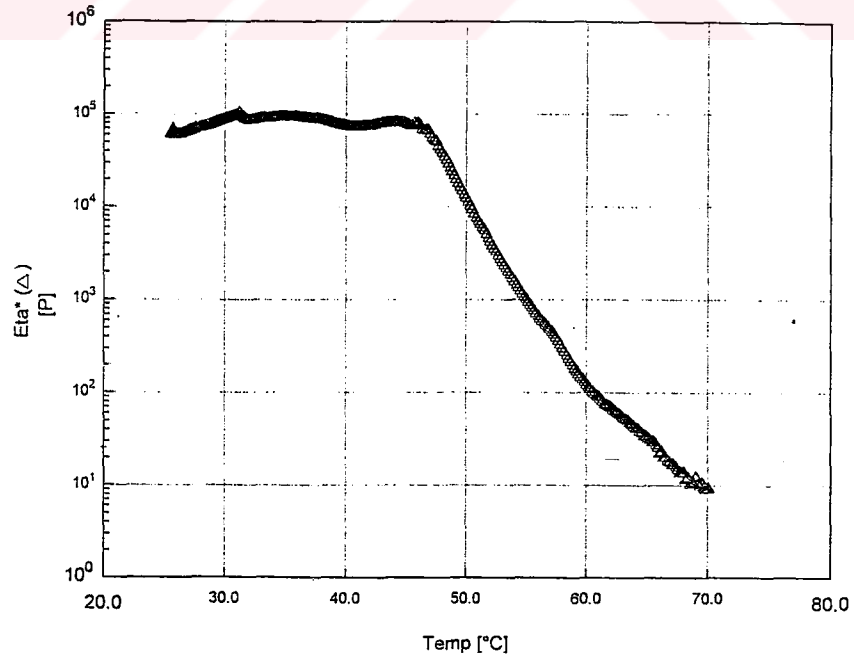
Şekil 4.25. Selüloz katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



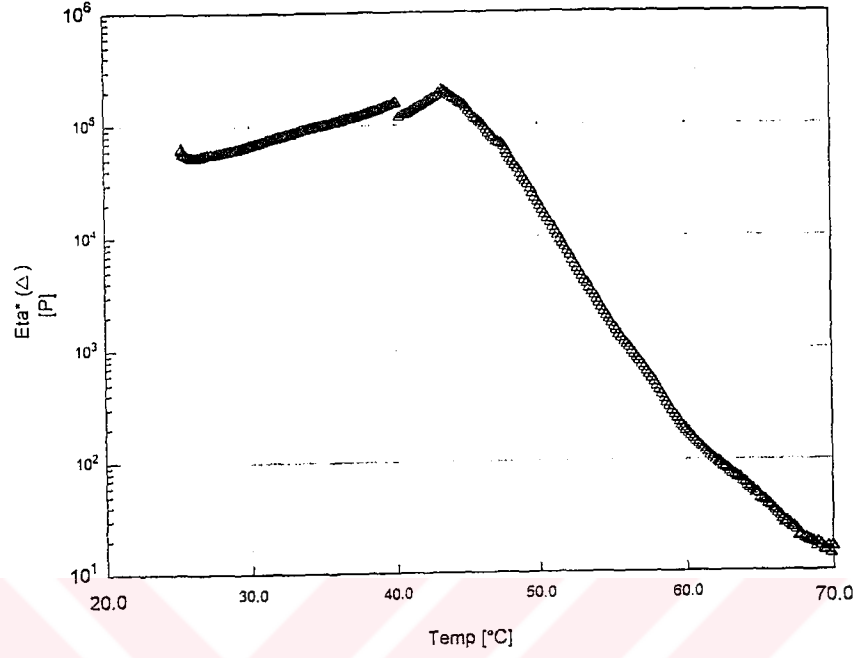
Şekil 4.26. Karboksimetil selüloz katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



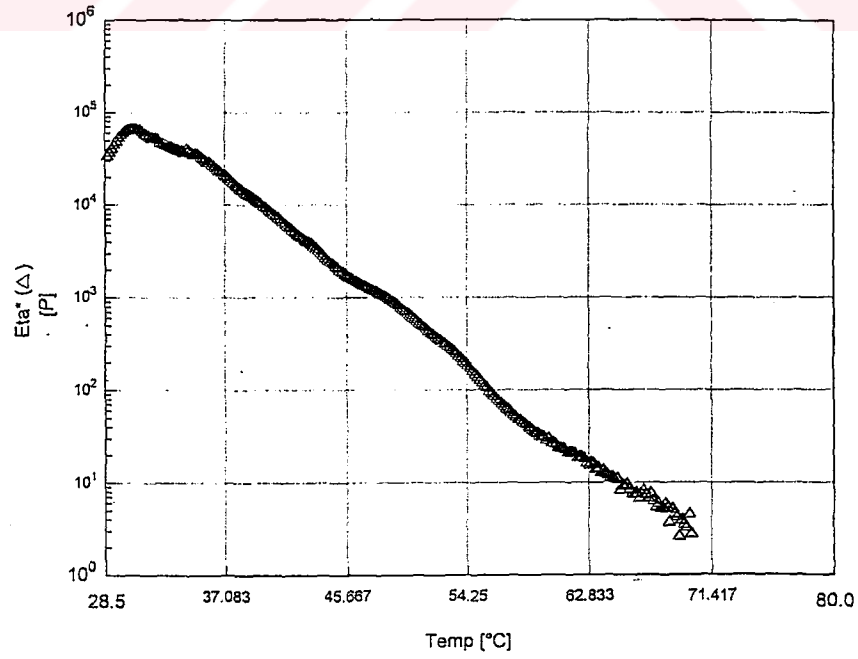
Şekil 4.27. Aktif kömür katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



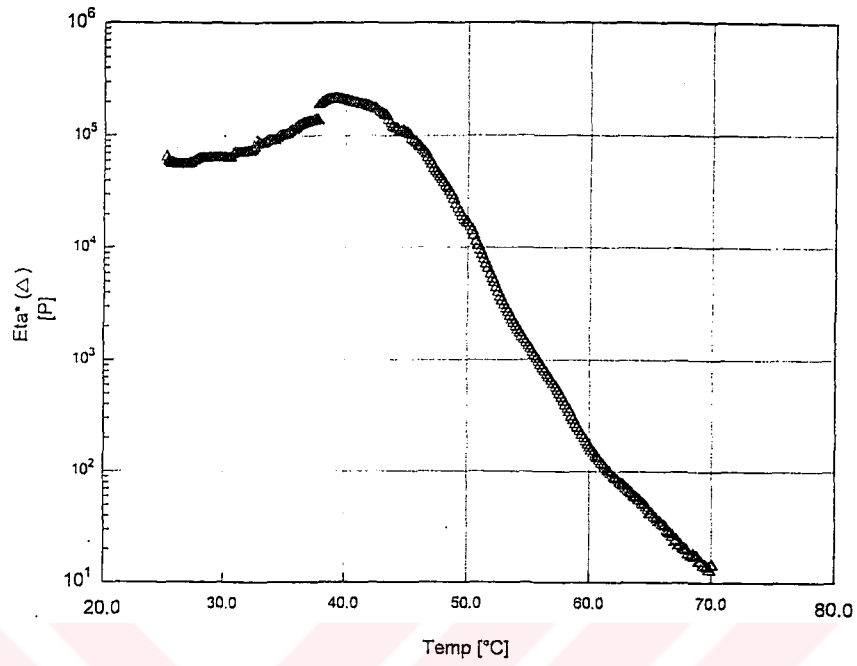
Şekil 4.28. Silikon katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



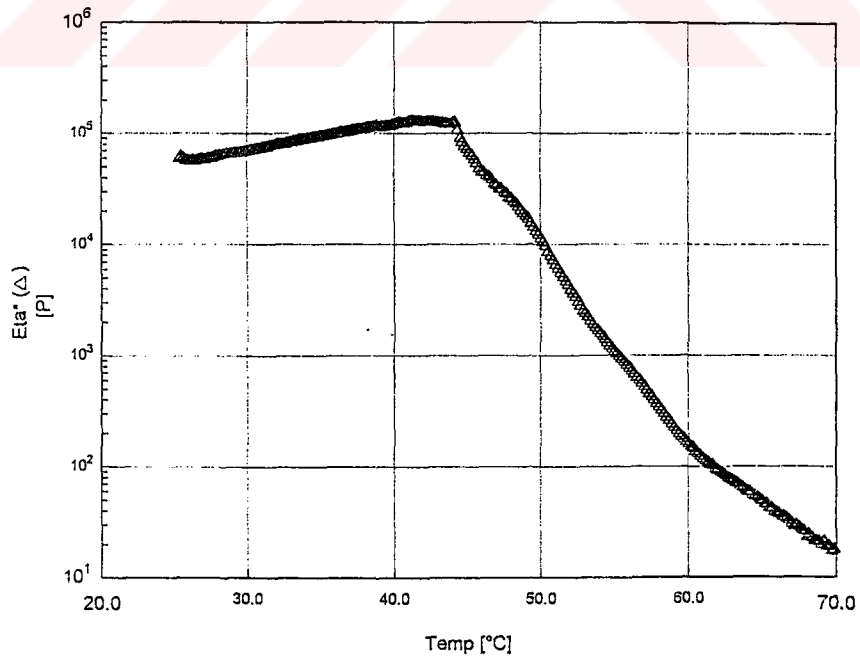
Şekil 4.29. Tannik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



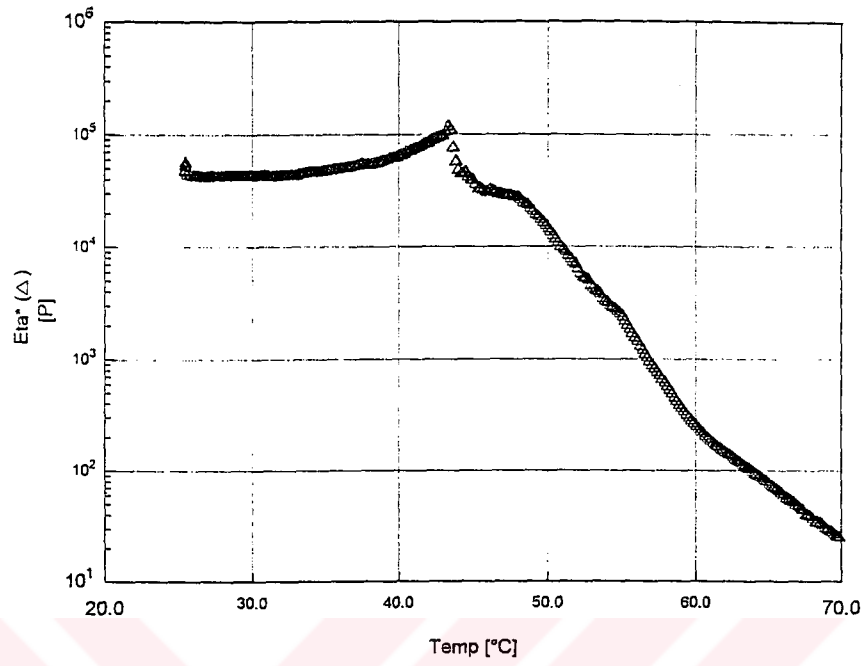
Şekil 4.30. Palmitik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



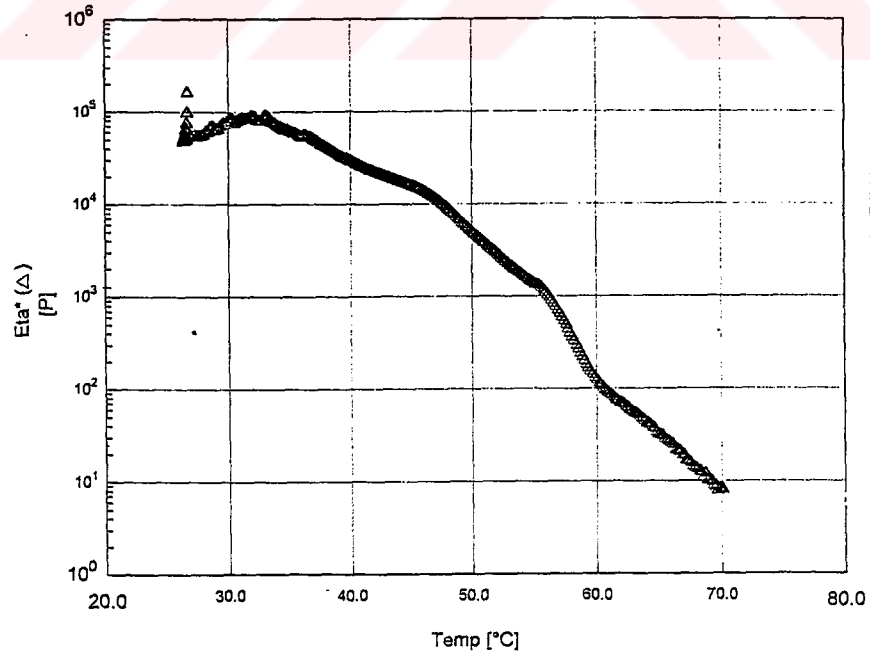
Şekil 4.31. Gliserin katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



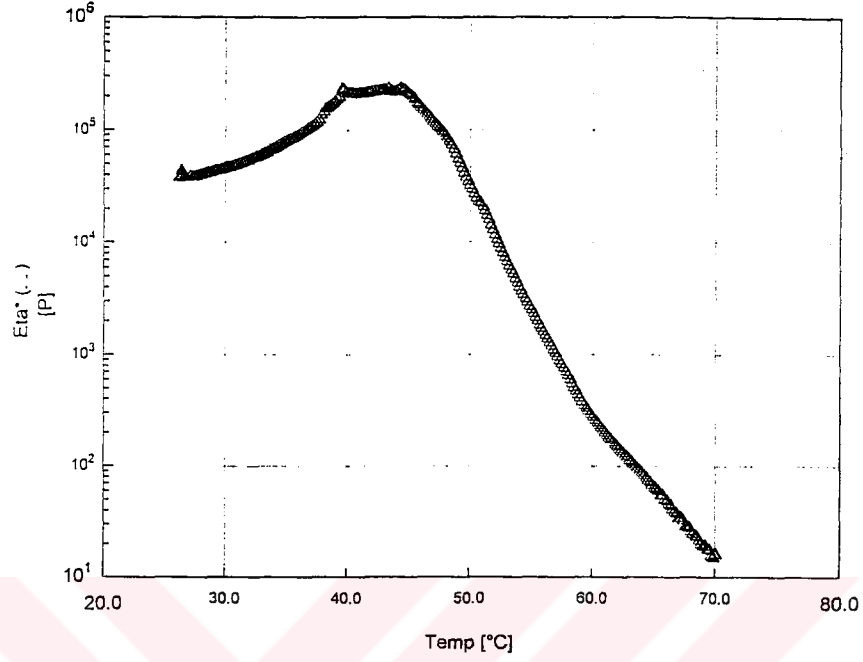
Şekil 4.32. Saponin katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



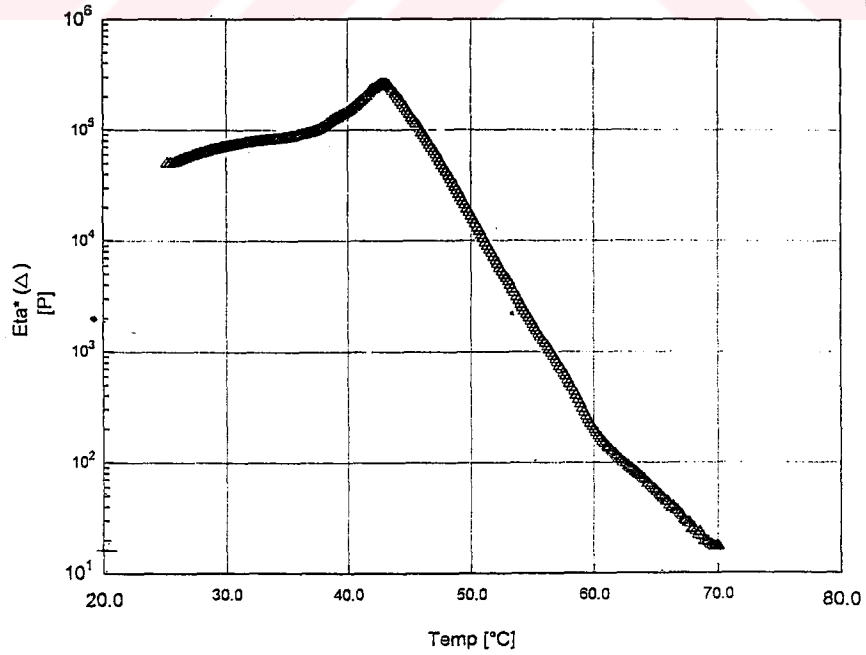
Şekil 4.33. Sodyum dodesil sülfat katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



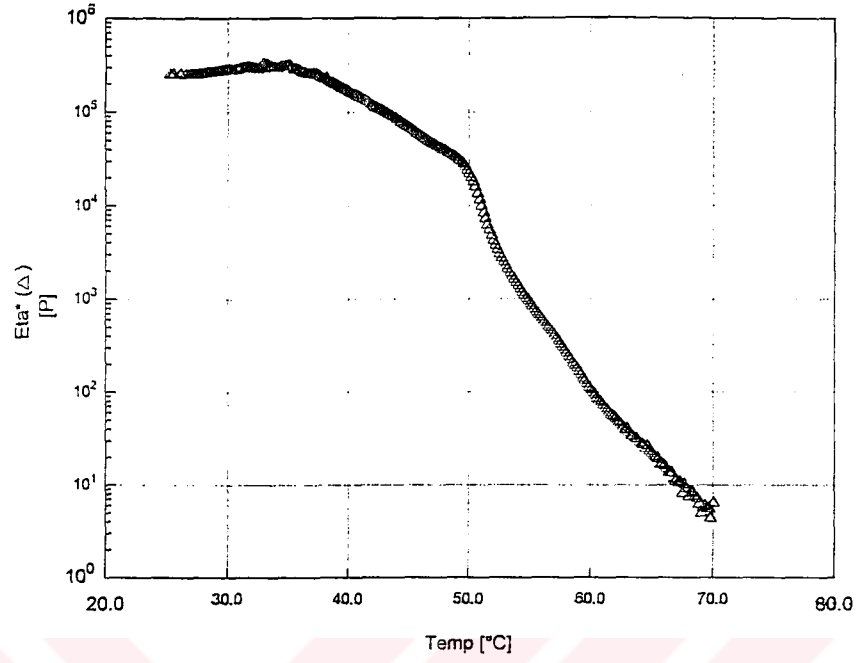
Şekil 4.34. Arlacel 481 katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



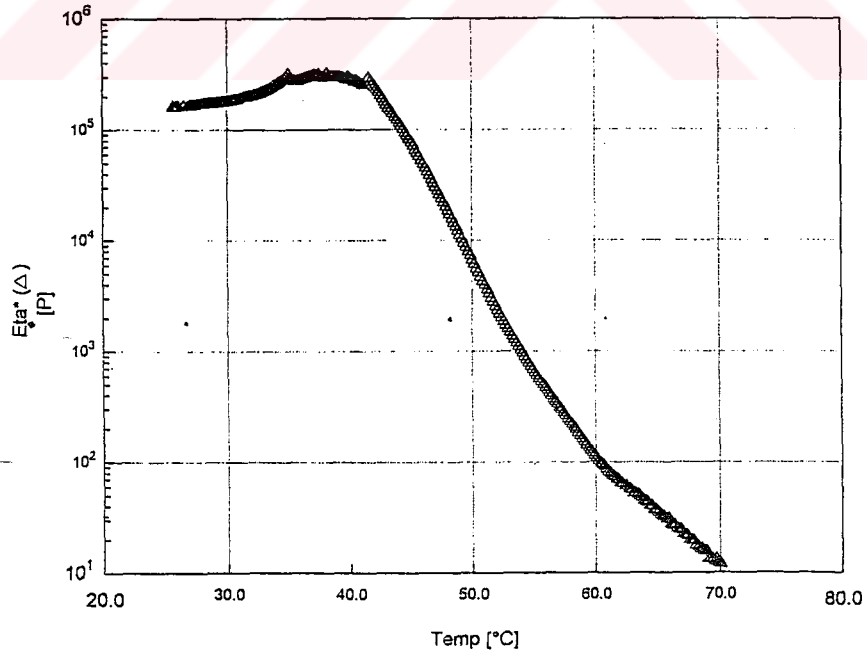
Şekil 4.35. NS-6 soya, karboksimetil selüloz katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



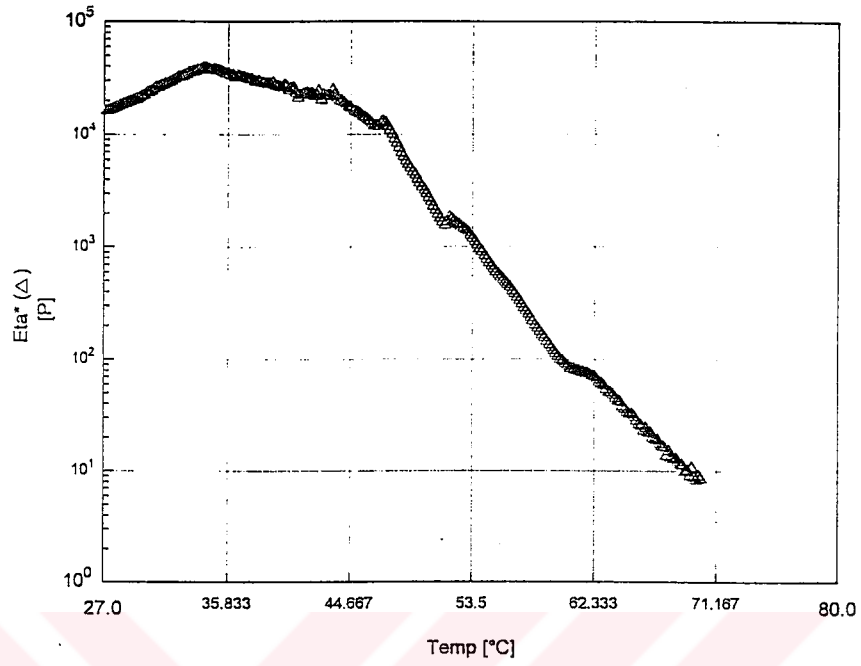
Şekil 4.36. NS-6 soya, karboksimetil selüloz, silikonkatkı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



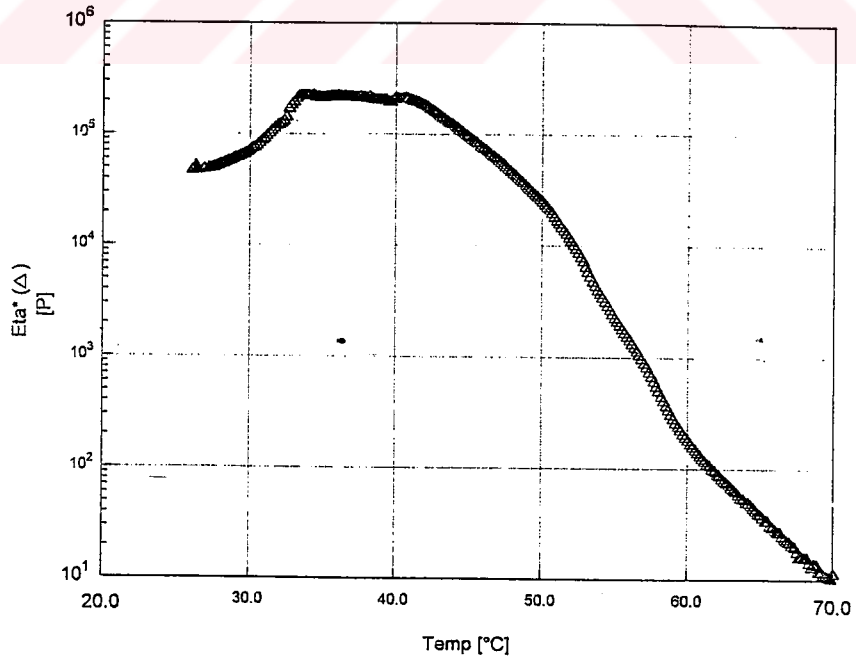
Şekil 4.37. NS-6 soya, karboksimetil selüloz, palmitik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



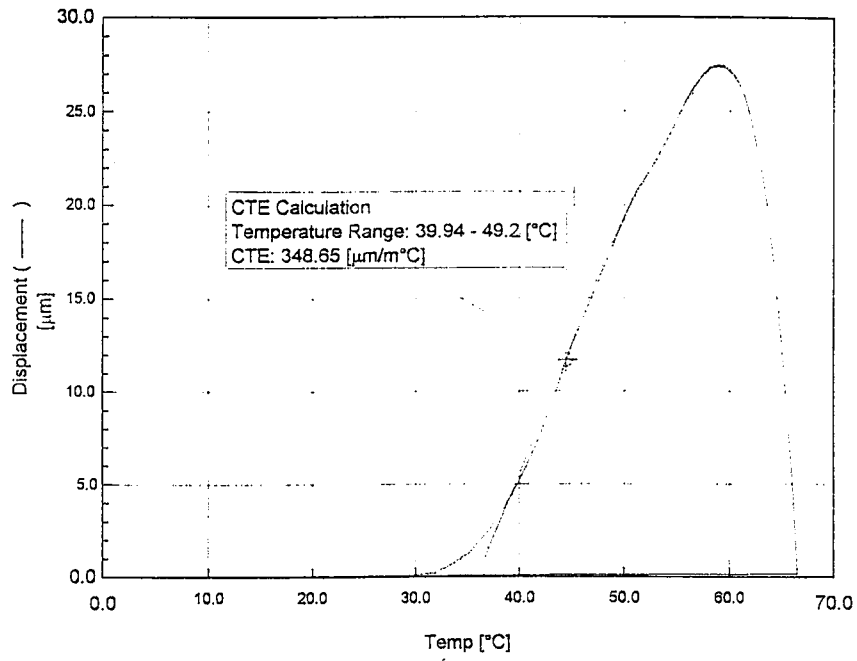
Şekil 4.38. NS-6 soya, karboksimetil selüloz, tannik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



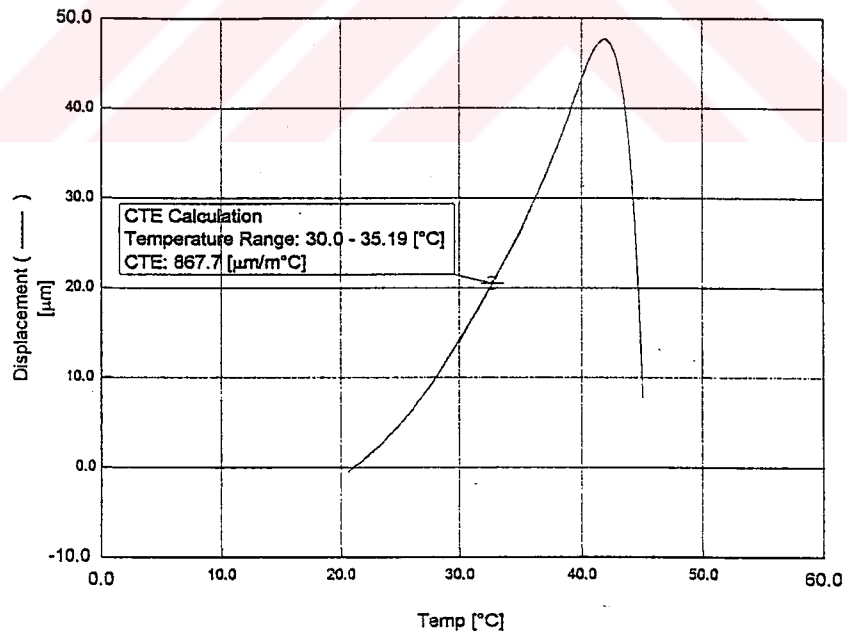
Şekil 4.39. NS-6 soya, karboksimetil selüloz, wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



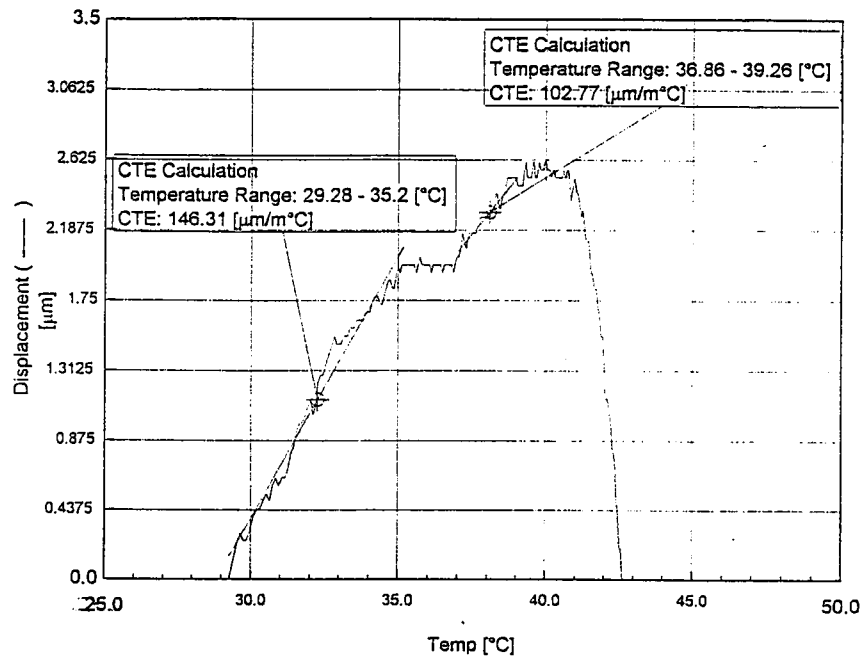
Şekil 4.40. NS-6 soya, karboksimetil selüloz, palmitik asit, wilken-3480 soya, silikon, tannik asit katkılı B-97 mumunun viskozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



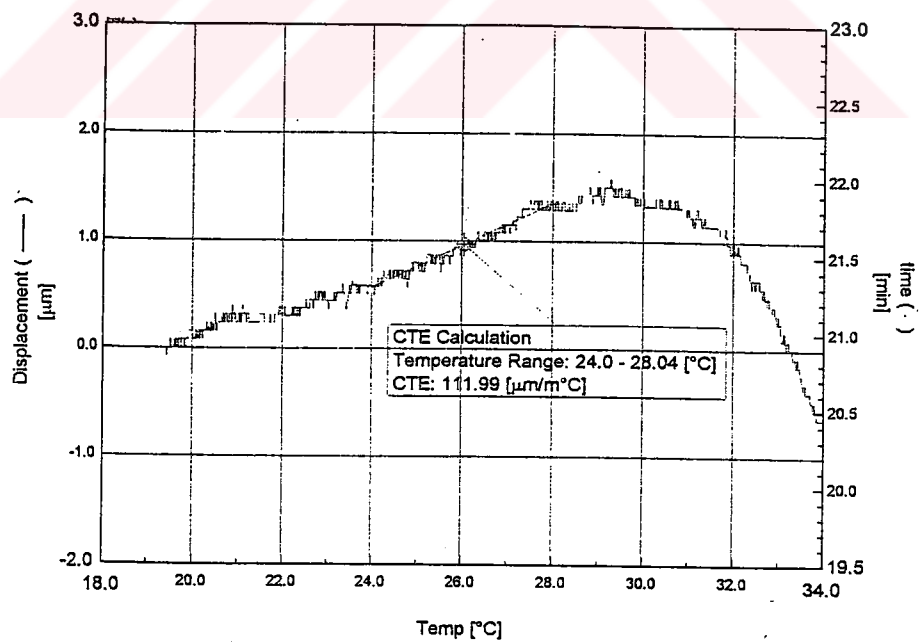
Şekil 4.41. B-140 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



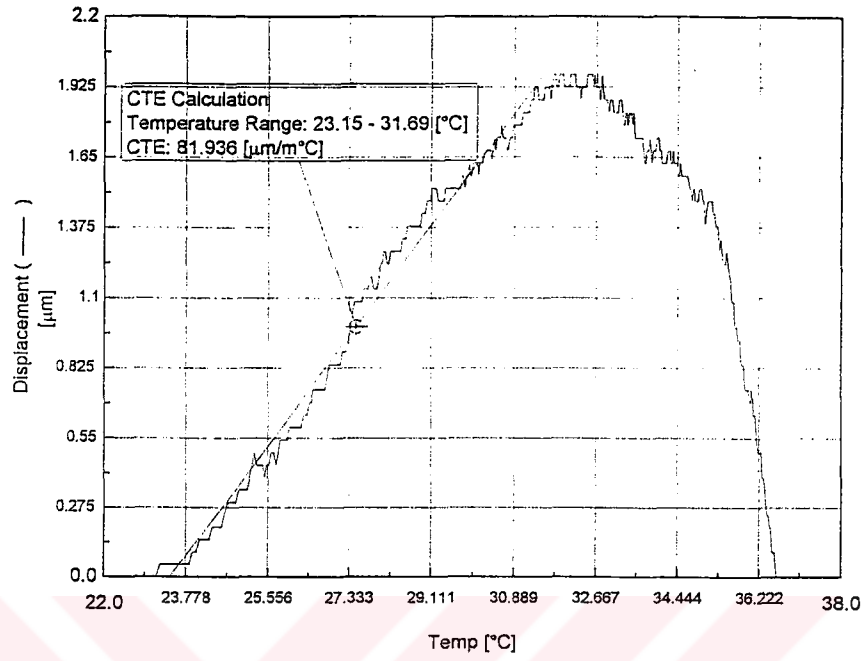
Şekil 4.42. B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



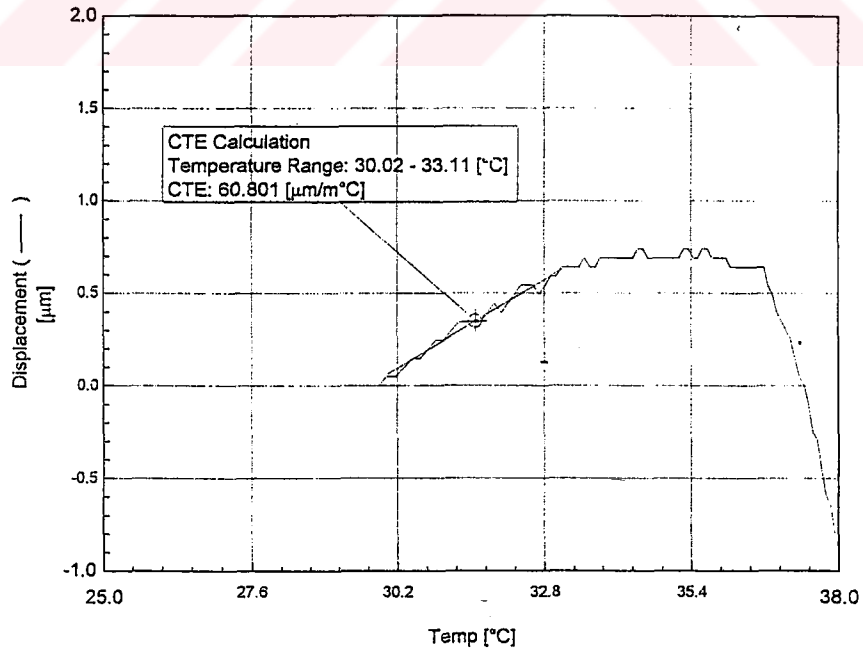
Şekil 4.43. RHS-6592 soya katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



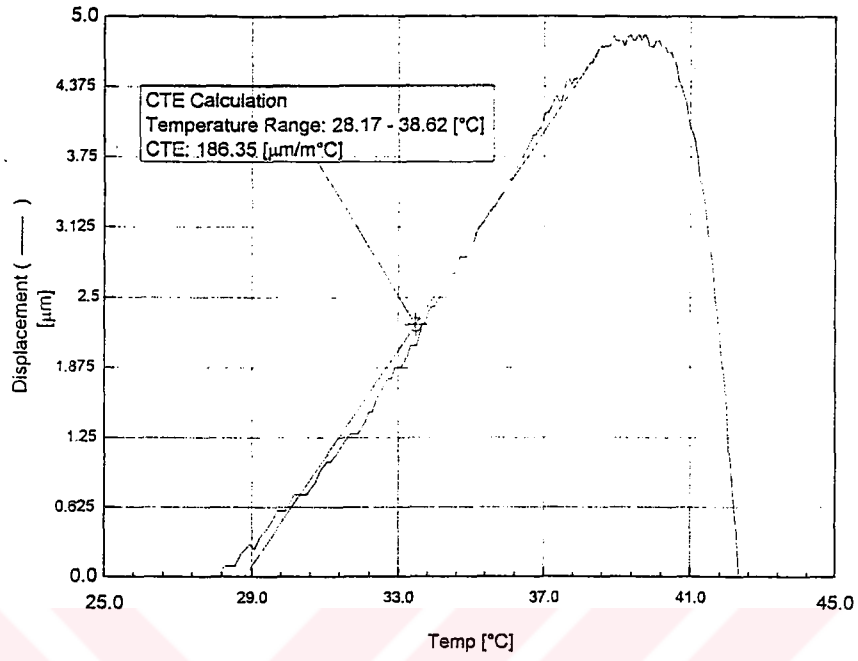
Şekil 4.44. SGI-3308 soya katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



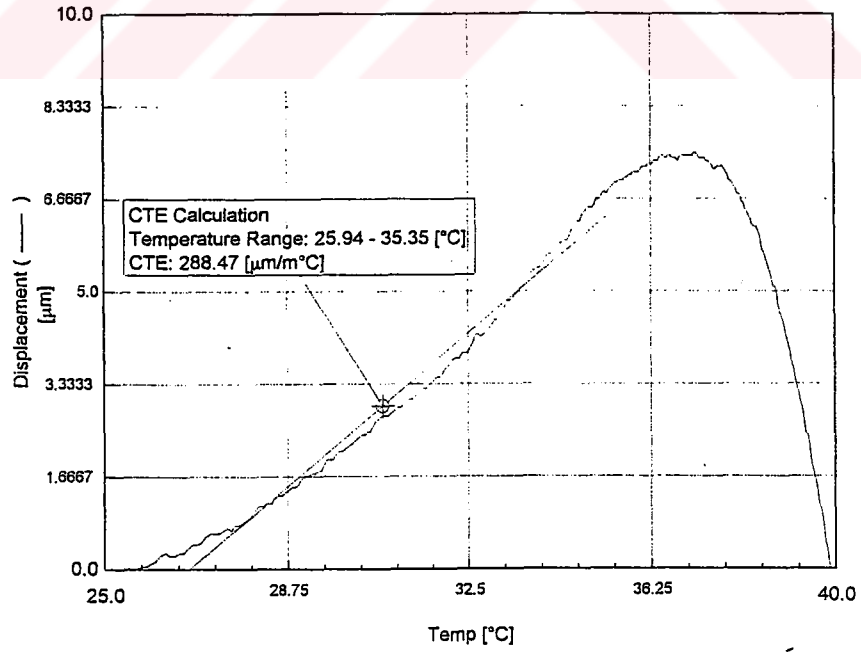
Şekil 4.45. Wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



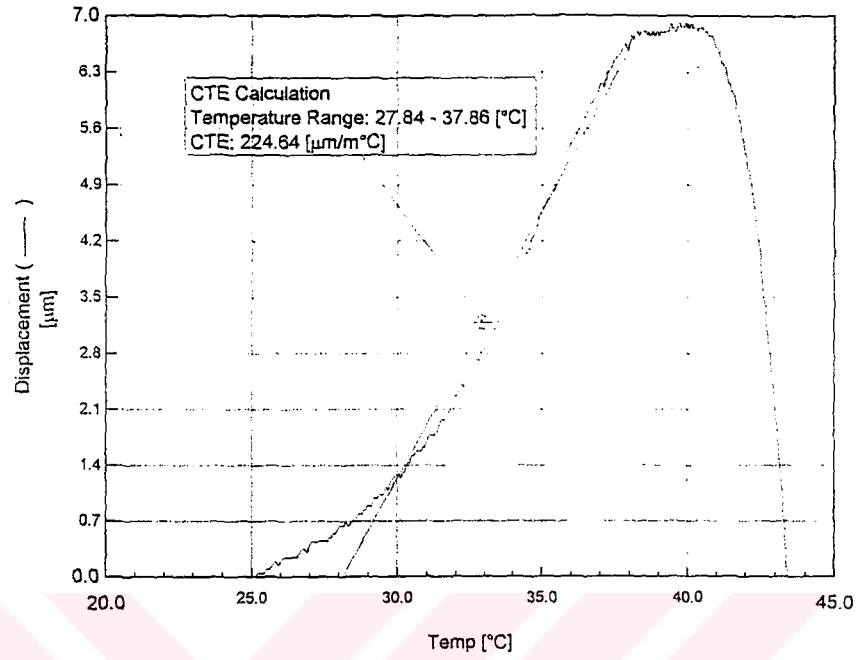
Şekil 4.46. NS-6 soya katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



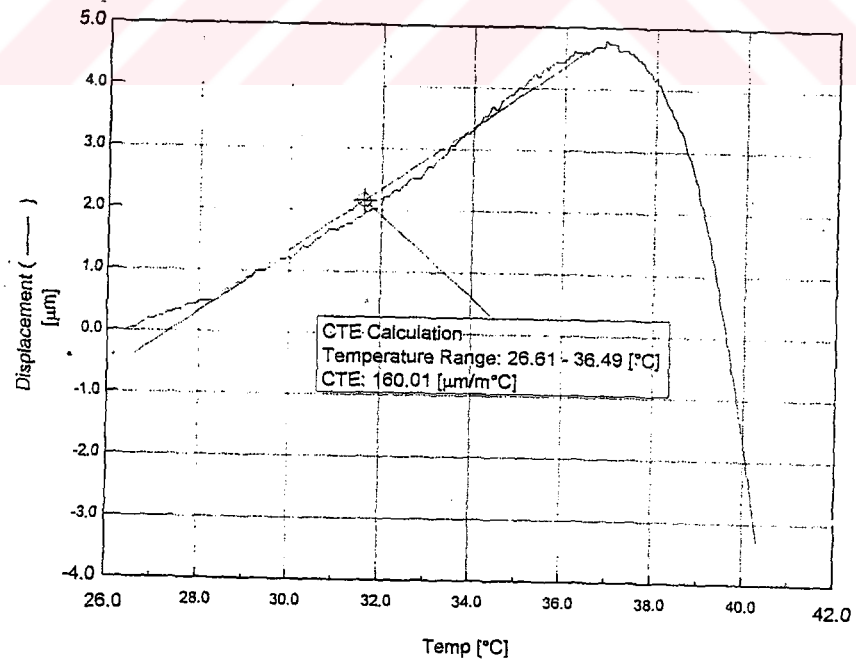
Şekil 4.47. Arap zambkı katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



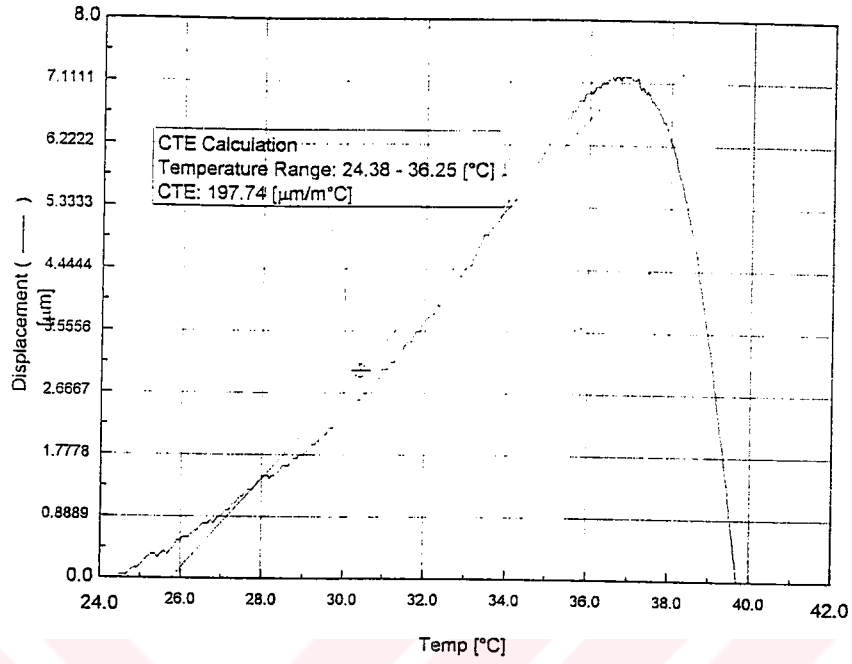
Şekil 4.48. Pectin katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



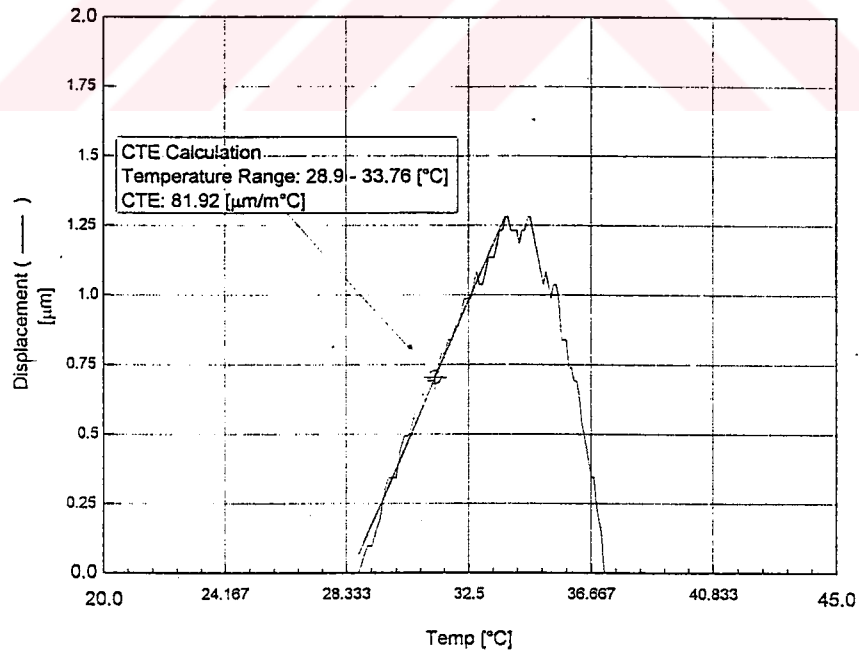
Şekil 4.49. Agar katılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



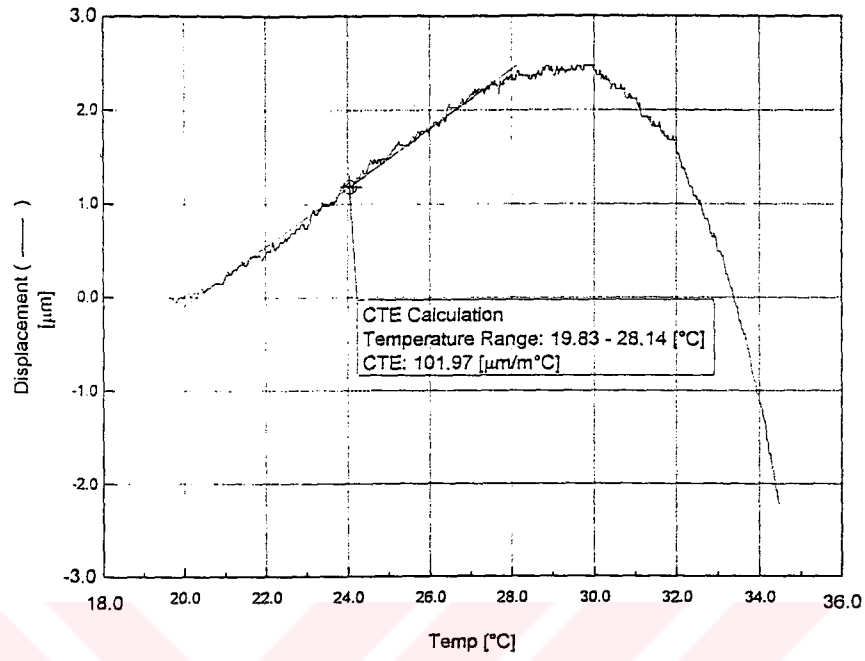
Şekil 4.50. PVP-40 katılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



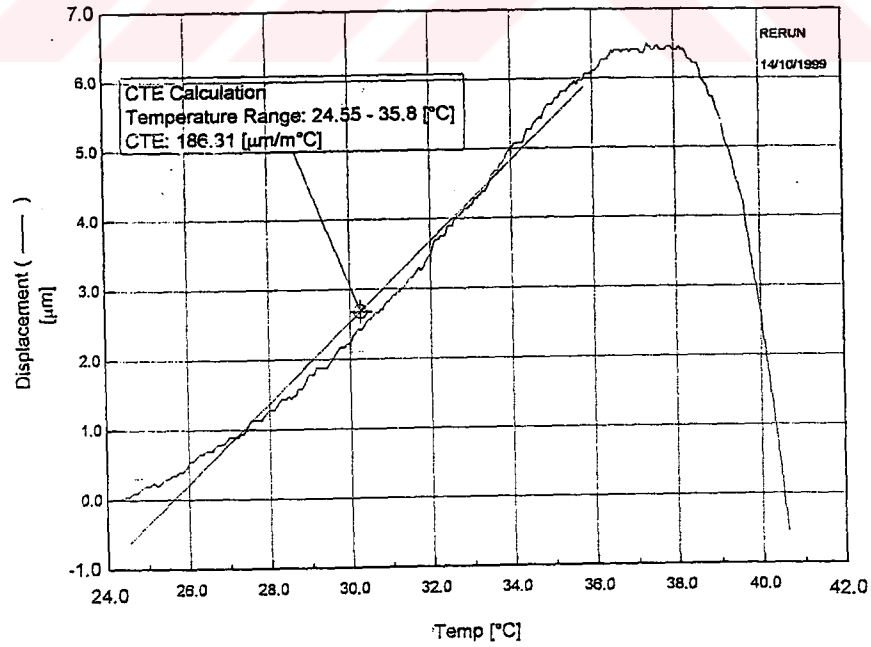
Şekil 4.51. PVP-6755 katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



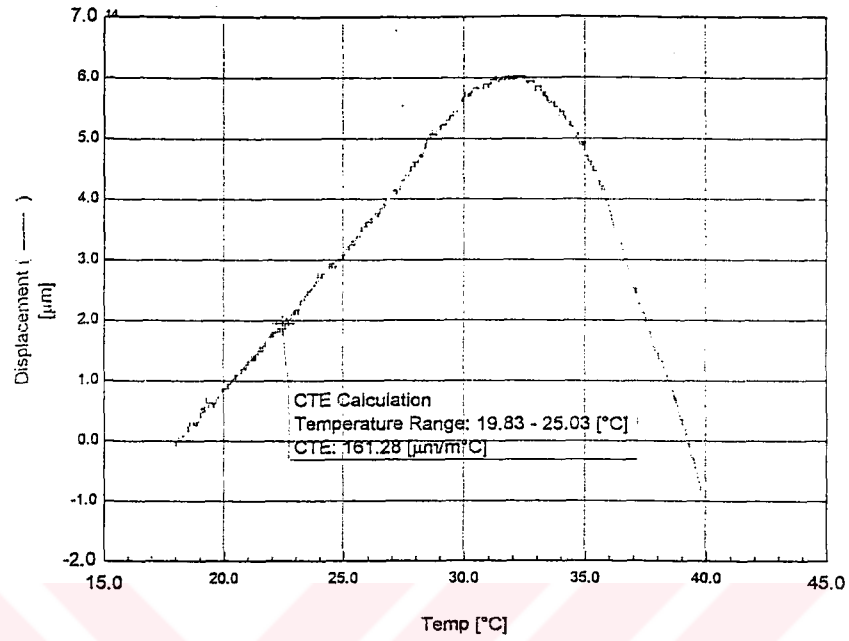
Şekil 4.52. Aljinik asit katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



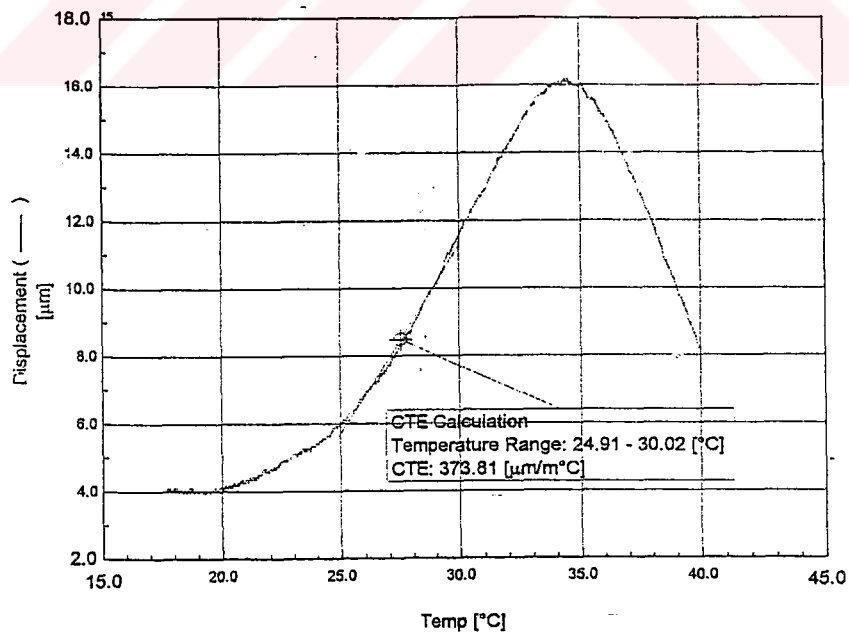
Şekil 4.53. Selüloz katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



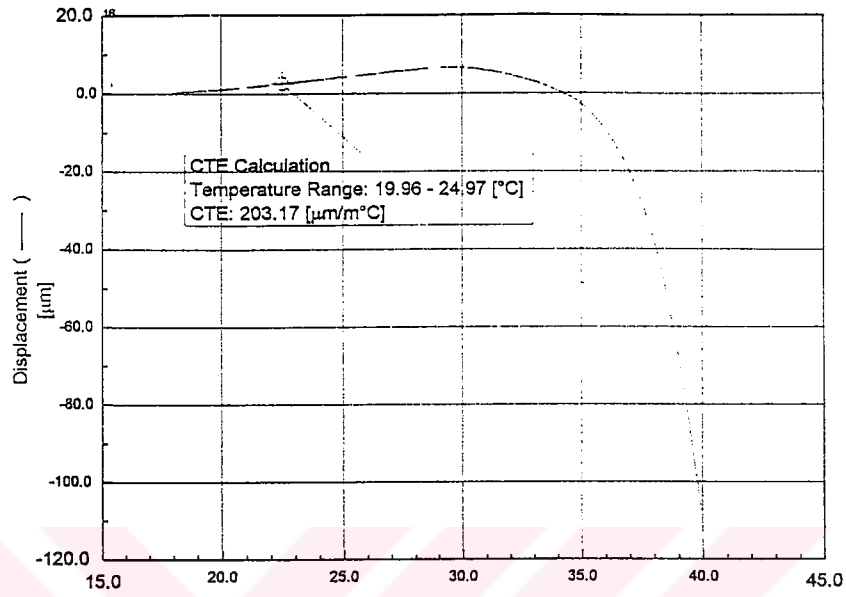
Şekil 4.54. Karboksimetil selüloz katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



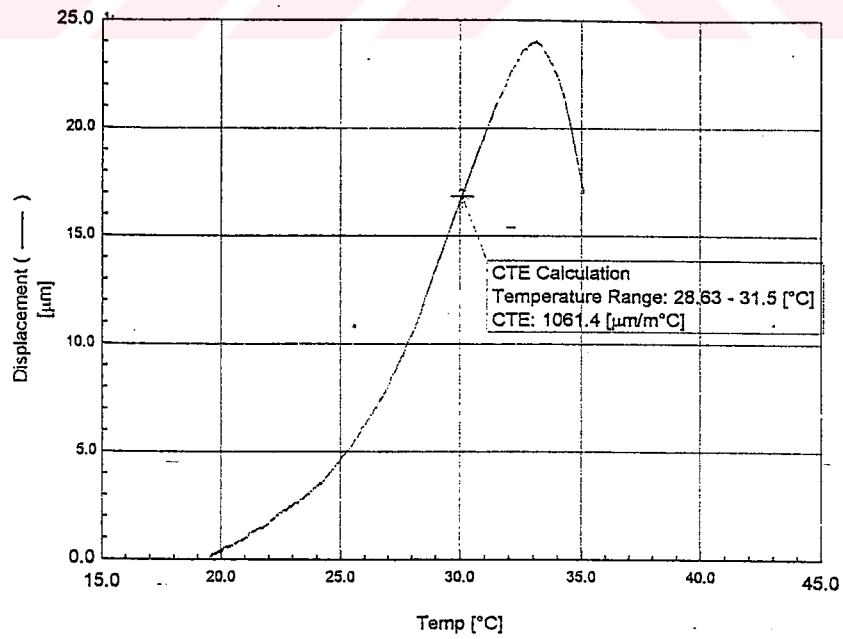
Şekil 4.55. Aktif kömür katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



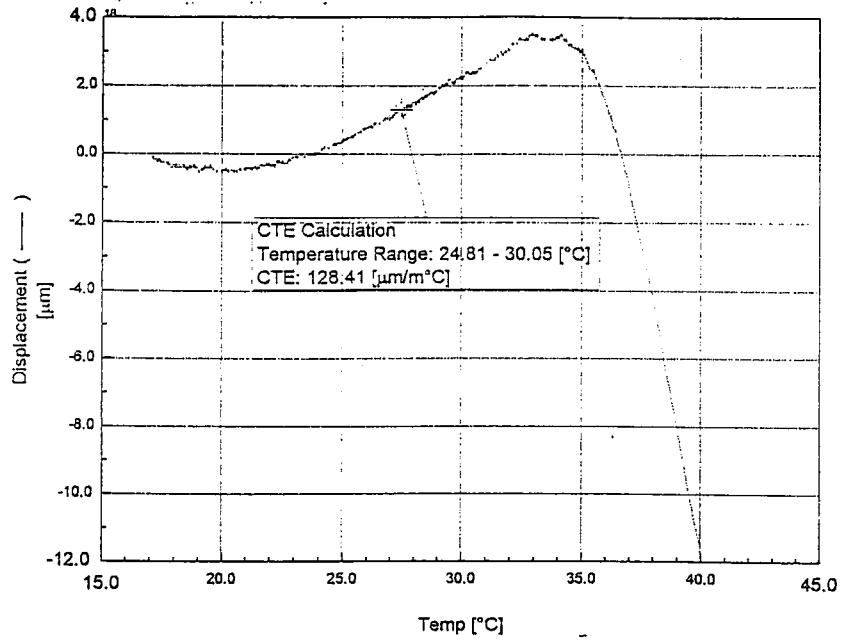
Şekil 4.56. Silikon katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



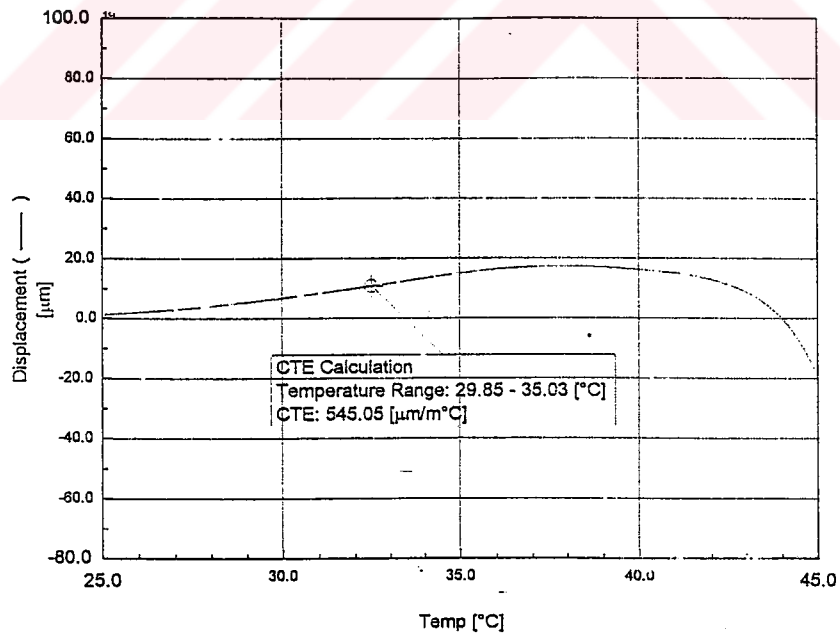
Şekil 4.57. Tannik asit katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



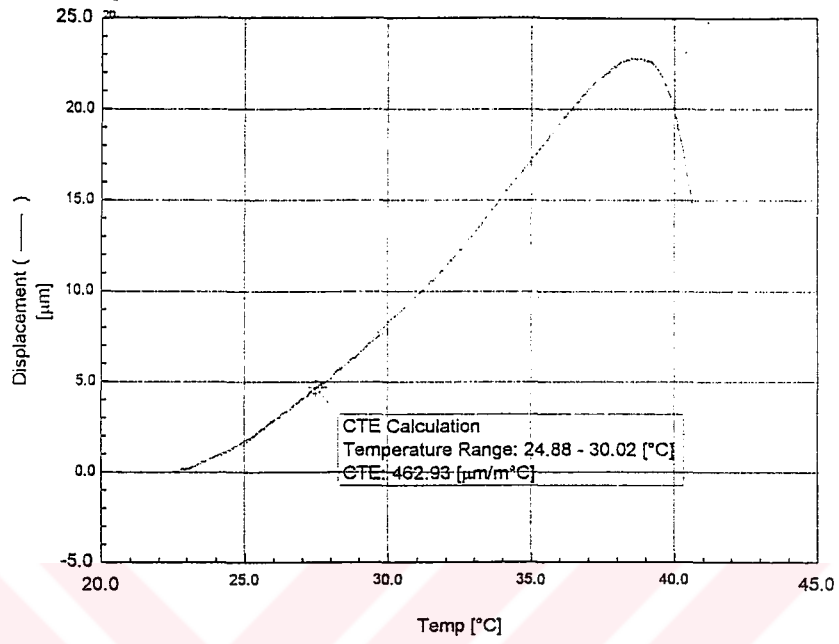
Şekil 4.58. Palmitik asit katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



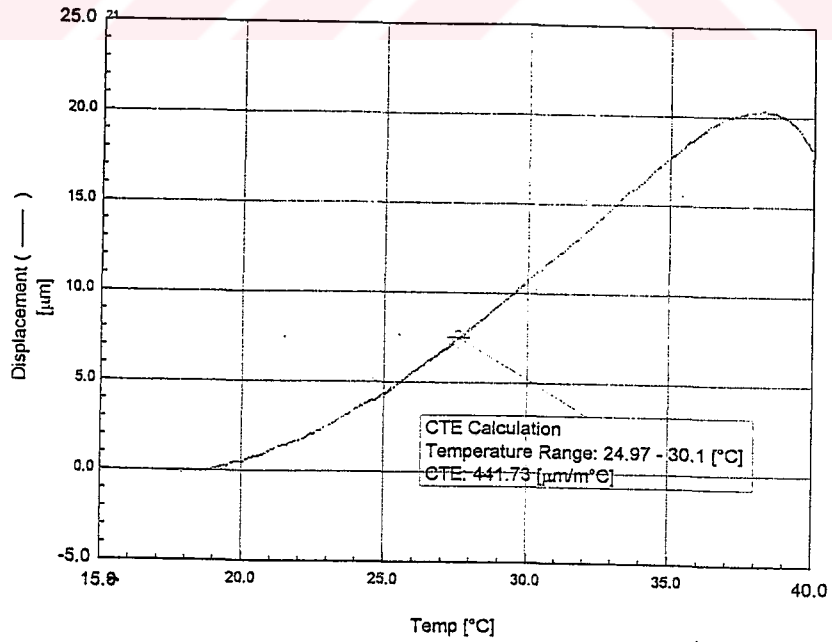
Şekil 4.59. Gliserin katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



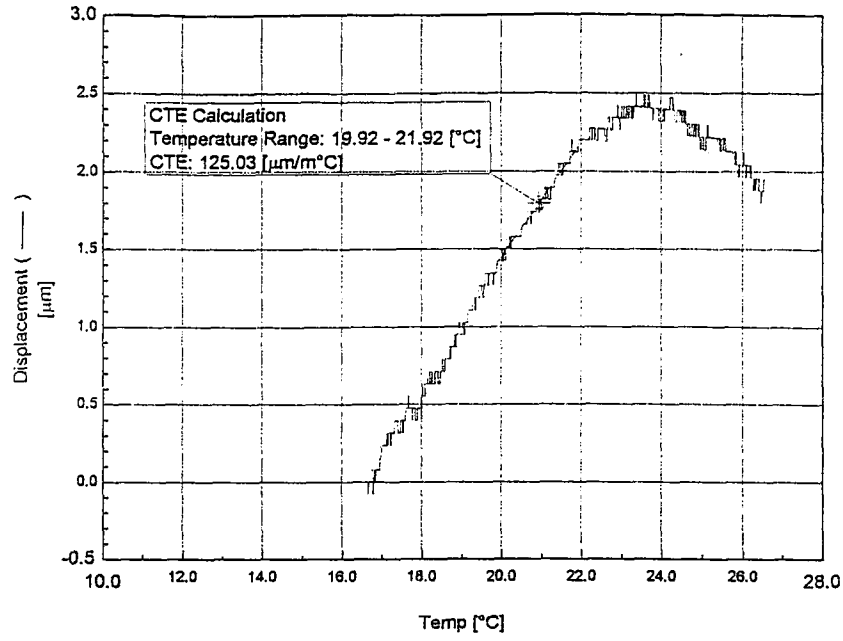
Şekil 4.60. Saponin katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



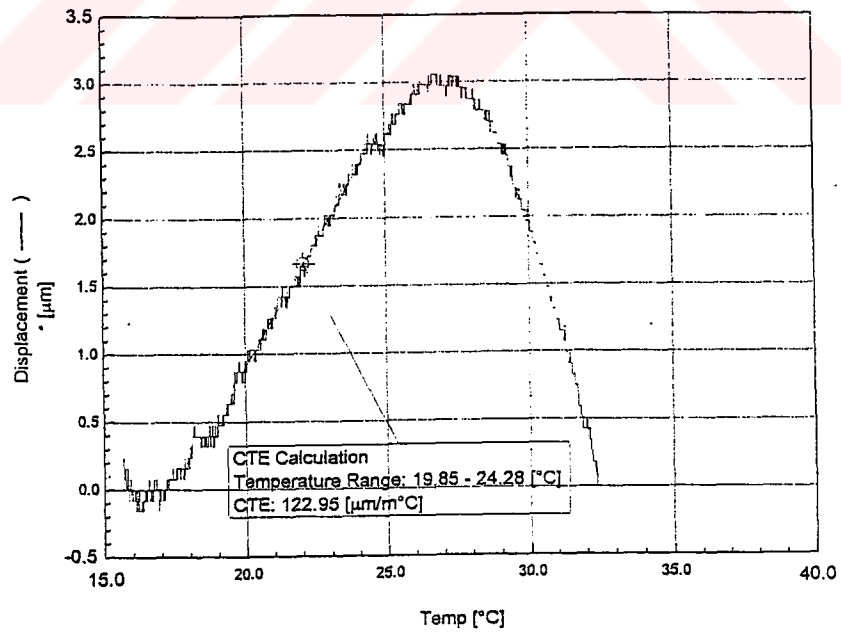
Şekil 4.61. Sodyum dodesil sülfat katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



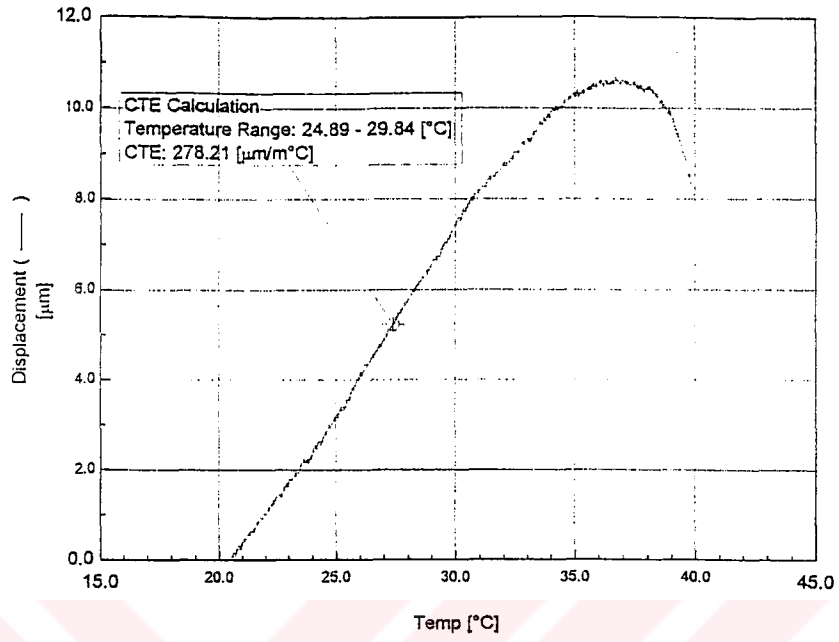
Şekil 4.62. Arlacel 481 katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



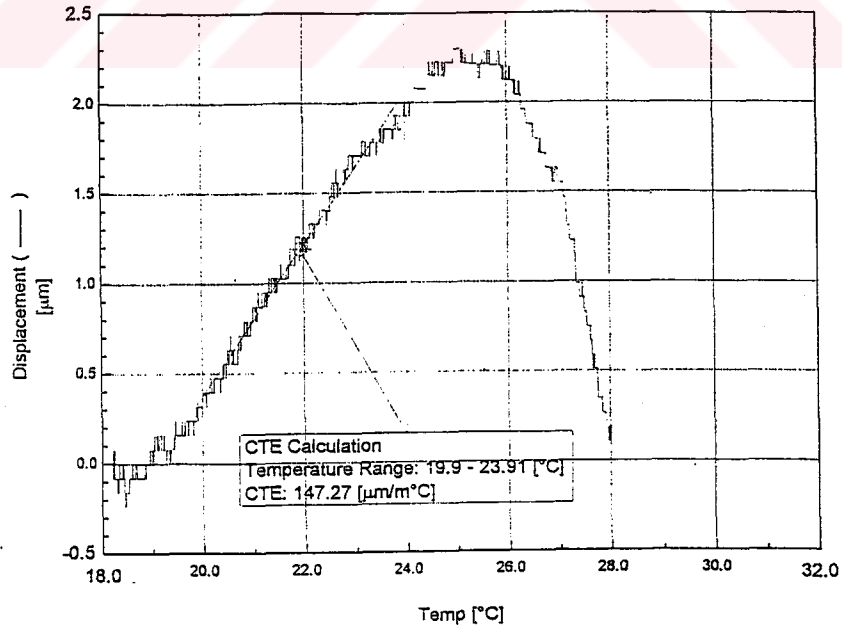
Şekil 4.63. NS-6 soya, karboksimetil selüloz katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



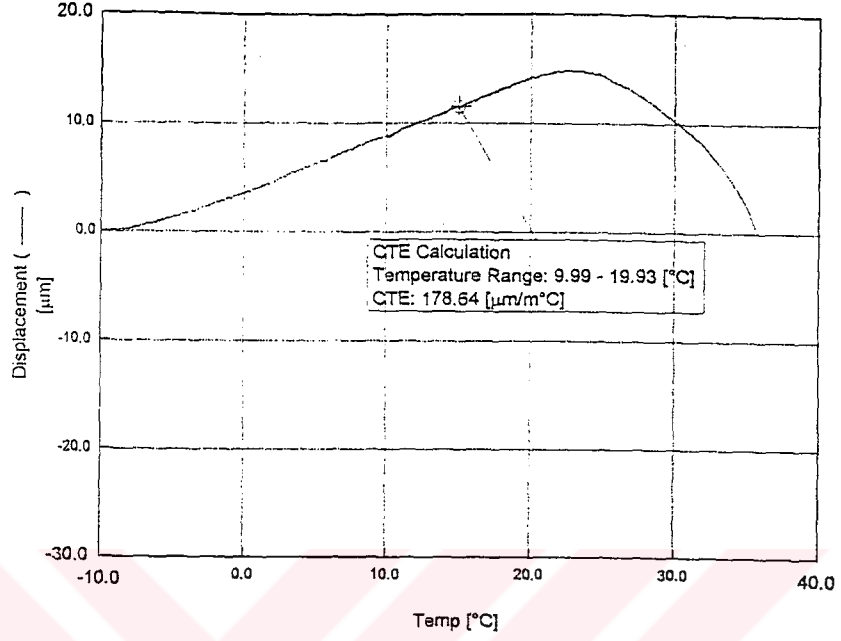
Şekil 4.64. NS-6 soya, karboksimetil selüloz, silikon katkılı B-97 mumunun termal genişmesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



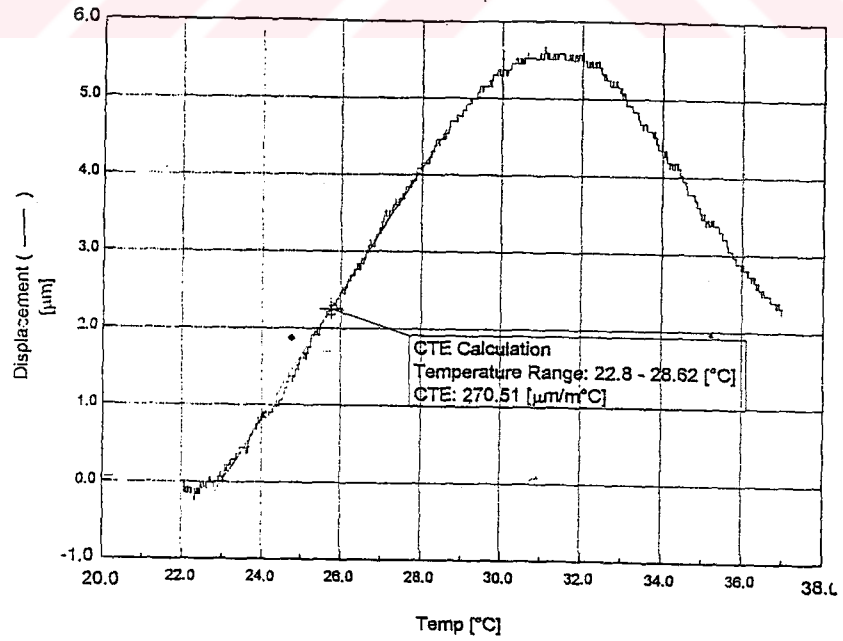
Şekil 4.65. NS-6 soya, karboximetil selüloz, palmitik asit katkı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



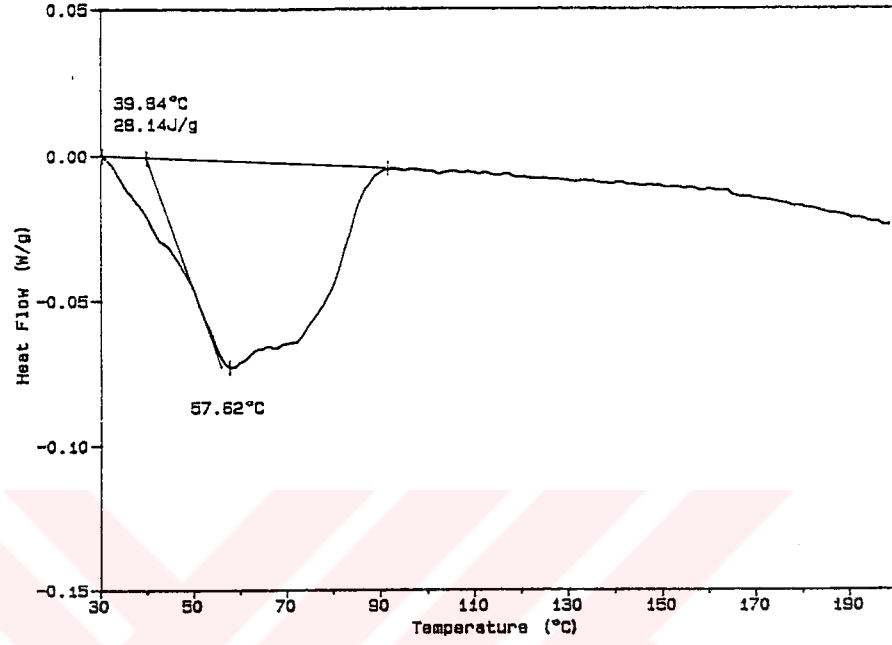
Şekil 4.66. NS-6 soya, karboximetil selüloz, tannik asit katkı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



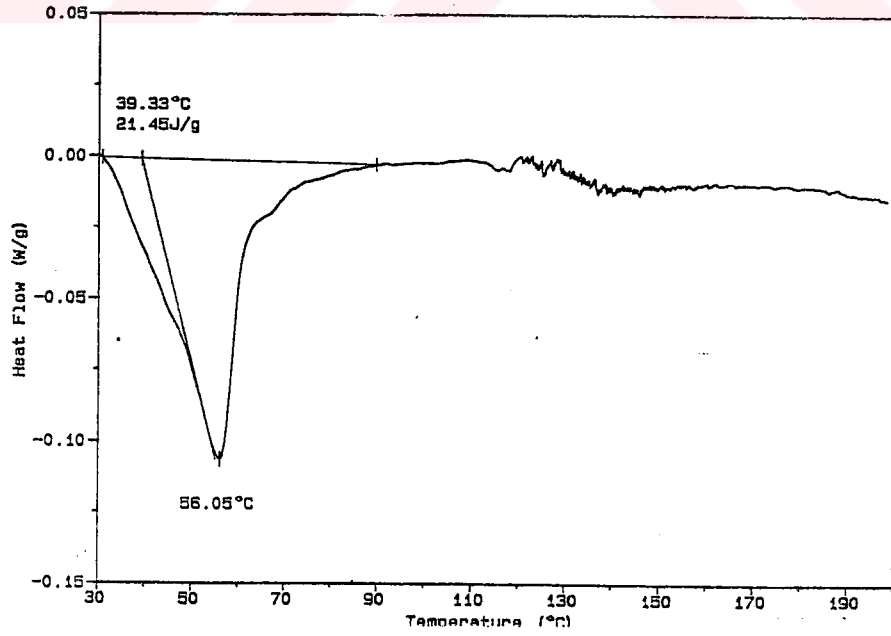
Şekil 4.67. NS-6 soya, karboksimetil selüloz, Wilken-3480 soya katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



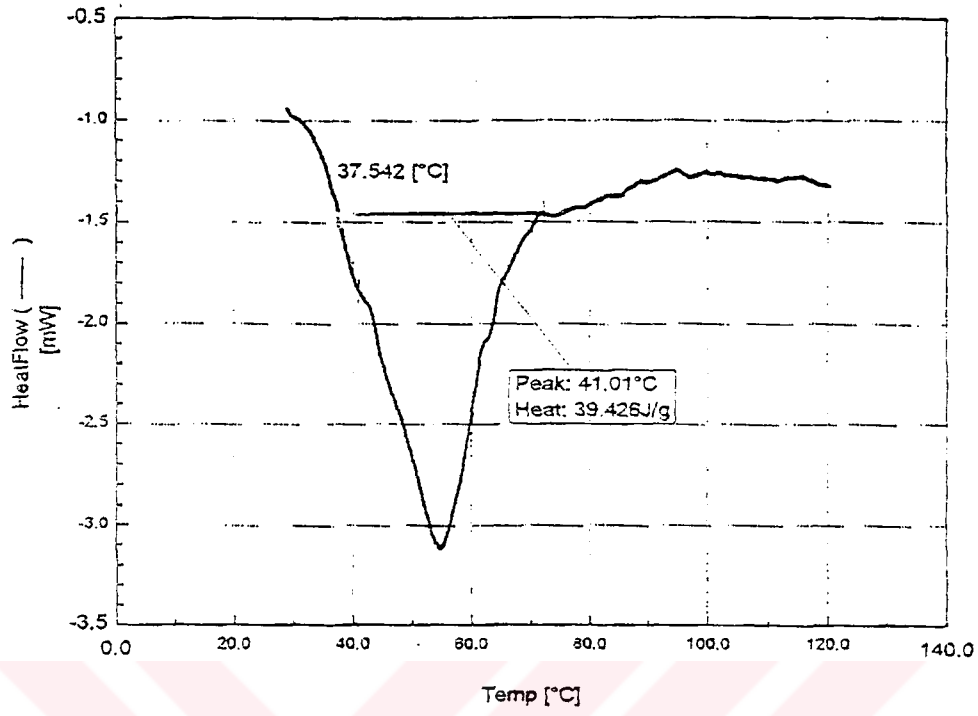
Şekil 4.68. NS-6 soya, karboksimetil selüloz, Wilken-3480 soya, sililon, palmitik asit, tannik asit katkılı B-97 mumunun termal genişlemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



Şekil 4.69. B-140 mumunun DSC analizi grafiği



Şekil 4.70. B-97 mumunun DSC analizi grafiği



Şekil 4.71. NS-6 soya, karboksimetil selüloz, silikon katkılı B-97 mumunun DSC analizi grafiği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. RHS-6592 soya katıldığı mumun termal genişmesini ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Mumun viskozitesinde az miktar artışa ve sertliğinde az miktar azalmaya yol açabilir. Temas açısını ve yüzey pürüzlülüğünü azaltabilir. Mumun kalıba dökülme, kalıptan ayrılma ve yüzey görünümü özelliklerini iyileştirebilir.

2. SGI-3308 soya katıldığı mumun termal genişmesini ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Temas açısını ve yüzey pürüzlülüğünü azaltabilir. Mumun viskozitesinde az miktar artışa ve sertliğinde azalmaya yol açabilir. Mumun kalıba dökülme, kalıptan ayrılma ve yüzey görünümü özelliklerini iyileştirebilir.

3. Wilken-3480 soya katıldığı mumun termal genişmesini ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Temas açısını ve yüzey pürüzlülüğünü azaltabilir. Sertlikte önemli bir değişim sağlamayabilir. Mumun viskozitesinde az miktar artışa yol açabilir. Mumun kalıba dökülme, kalıptan ayrılma ve yüzey görünümü özelliklerini iyileştirebilir.

4. NS-6 soya katıldığı mumun termal genişmesini, sertliğini, yüzey pürüzlülüğünü ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Temas açısını düşürebilir. Mumun viskozitesinde az miktar artışa yol açabilir. Mumun kalıba dökülme, kalıptan ayrılma ve yüzey görünümü özelliklerini iyileştirebilir.

5. Arap zıncı katıldığı mumun termal genişmesini, kopma dayanımı ve yüzey pürüzlülüğünü iyileştirebilir. Mumun temas açısı ve viskozitesinde az miktar artışa ve sertliğinde azalmaya yol açabilir. Mumun kalıba dökülme ve kalıptan ayrılma özelliklerini iyileştirebilir fakat yüzeyde çatlak oluşturabilir.

6. Pektin katıldığı mumun termal genişmesini, yüzey pürüzlülüğünü ve sertliğini iyileştirebilir. Temas açısını azaltabilir. Mumun viskozitesinde az miktar artışa yol açabilir. Yüzey görünümünü olumsuz etkileyebilir.

7. Agar katıldığı mumun termal genişmesini, sertliğini ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Yüzey pürüzlülüğünü az miktar azaltabilir. Mumun viskozitesinde ve temas açısında az miktar artışa yol açabilir.

8. PVP-40 katıldığı mumun termal genişmesini, sertliğini ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Mumun viskozitesinde ve temas açısında az miktar artışa yol açabilir. Yüzey pürüzlülüğünü etkilemeyebilir. Mumun kalıptan ayrılma özelliğini iyileştirebilir.

9. PVP-6755 katıldığı mumun termal genişmesini, sertliğini ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Mumun viskozitesinde artışa yol açabilir. Yüzey pürüzlülüğünü ve ıslatma açısını arttırabilir. Mumun kalıba dökülme, kalıptan ayrılma özelliklerini iyileştirebilir.

10. Aljinik asit katıldığı mumun termal genişmesini, yüzey pürüzlülüğünü ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Mumun viskozitesinde az miktar artışa yol açabilir. Temas açısını arttırabilir. Sertliğini fazla etkilemeyebilir. Mumun kalıba dökülme ve kalıptan ayrılma özelliklerini iyileştirebilir. Yüzeyde çatlakların oluşmasına yol açabilir.

11. Selüloz katıldığı mumun termal genişmesini, yüzey pürüzlülüğünü, sertliğini ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Mumun viskozitesinde az miktar artışa yol açabilir. Isaltma açısını az miktar düşürebilir. Yüzeyde çatlakların oluşmasına yol açabilir.

12. Karboksimetil selüloz katıldığı mumun termal genişmesini, sertliğini ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Mumun viskozitesinde artışa yol açabilir. Yüzey pürüzlülüğünü etkilemeyebilir. Model mumu bileşiminde ıslatmayı geliştirici madde olarak kullanılması uygun olabilir.

13. Aktif kömür katıldığı mumun termal genişmesini, yüzey pürüzlülüğünü, kopma dayanımını ve sertliğini iyileştirebilir. Mumun temas açısı ve viskozitesinde az miktar artışa yol açabilir.

14. Silikon katıldığı mumun termal genişmesini, yüzey pürüzlülüğünü ve sertliğini iyileştirebilir. Temas açısını yükseltebilir, kopma dayanımını fazla etkilemeyebilir. Kül yüzdesinin yüksek olması nedeniyle model mumu bileşiminde kullanılması tavsiye edilmez.

15. Tannik asit katıldığı mumun termal genişmesini, kopma dayanımını, yüzey pürüzlülüğünü ve sertliğini iyileştirebilir. Mumun temas açısı ve viskozitesinde az miktar artışa yol açabilir. Model mum bileşimde sertliği arttırıcı madde olarak kullanılması tavsiye edilebilir.

16. Palmitik asit katıldığı mumun viskozite, sertlik ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Yüzey pürüzlülüğünü fazla etkilemeyebilir. Mumun kalıba dökülme ve kalıptan ayrılma özelliklerini iyileştirebilir. Model mumu bileşiminde viskozite düşürücü olarak kullanılması tavsiye edilebilir ancak termal genişmede artışa neden olduğu için fazla miktarlarda kullanılması tavsiye edilmez.

17. Gliserin katıldığı mumun yüzey pürüzlülüğünü ve sertliğini iyileştirebilir. Sertlik ve temas açısında yükselme olabilir. Kalıba dökülme özelliğinde ve kopma dayanımında azalmaya yol açabilir

18.Saponin katıldığı mumun yüzey pürüzlülüğünü, sertliğini ve kopma dayanımını iyileştirebilir. Viskozite ve temas açısında artışa yol açabilir. Termal genleşmeyi fazla etkilemez.

19. Sodyum dodesil sülfat katıldığı mumun termal genleşme, sertlik ve kopma dayanımını azaltabilir. Temas açısını arttırabilir. Yüzey pürüzlülüğünü azaltabilir, viskoziteyi arttırabilir.

20. Arlacel 481 katıldığı mumun yüzey pürüzlülüğünü ve termal genleşmesini iyileştirebilir. Temas açısını arttırabilir. Sertliği düşürebilir. Mumun kalıba dökülme ve kalıptan ayrılma özelliklerini kötü yönde etkileyebilir.

21. B-97 mumundan hassas döküm model mumu oluşturulabilmesi için bu muma eşit oranlarda ve toplam yüzdesi 20 olacak şekilde NS-6 soya, karboksimetil selüloz ve tannik asit ilave edilmesi önerilebilir.

22. Aynı amaçla ve aynı şekilde hazırlanacak olan üç katkılı mumda tannik asit yerine Wilken-3480 soyanın kullanılması ile de yaklaşık benzer özelliklerde bir model mumu elde edilmesi mümkün olabilecektir. Bu takdirde asitli muma nazaran oluşturulan mumun yüzey pürüzlülüğü biraz daha azalacak ve sertliği pratikçe B-97 mumununkine yakın olacaktır. Termal genleşmede oluşan artış bir olumsuzluk yaratacak kadar çok olmayacaktır, çünkü B-97 mumunun termal genleşmesinde yine de önemli bir azalma sağlanmış olacaktır. Tannik asit yerine Wilken-3480 soya kullanılması oluşturulacak mumun maliyetini de önemli derecede azaltacaktır.

KAYNAKLAR

1. Booth, J., 1962, Pattern waxes for investment casting, **Foundry Trade J.**, s 707
2. Faulkner, E.J., Hocking, L.N., Aherne-Heron, J., 1966, Wax emulsion for use in precision casting, **U.S. Patent**, US 3,266,915
3. Solomon, P., 1973, Disposable pattern, composition for making same and method of investment casting, **U.S. Patent**, US 3,754,943
4. American Society for Metals (ASM) Committee, 1974, Metals Handbook, Vol. 5, **American Society for Metals**, Library of Congress Catalog Card Number 27-12046, Ed: Lyman, T., s 237-261, Ohio
5. Solomon, P., 1975, Disposable pattern, composition for investment casting, **U.S. Patent**, US 3,887,382
6. Bennett, H., 1975, Industrial Waxes, Vol II., **Chemical Publishing Inc.**, New York
7. Makovicka, J., Kolman, B., 1985, Molding material with low friction wear, **Czech. Patent**, CS 220,367
8. American Society for Metals (ASM) Committee, 1987, **Metals Hanbook**, Vol 15, s 253-269, Ohio
9. Kawano, S., Hirooka, K., Tanabe, S., Mishima, M., 1988, Pattern material used for investment casting, **U.S. Patent**, US 4,758,613

10. Marty, J., Payne, M., 1989, Wax testing helps control pattern variation, **Modern Casting**, 79, s 55
11. Mitchell, S.R., 1989, Wax-an historical pattern for tommorw's progress (Precision Technology), **Modern Casting**, 79, s 55
12. Schott, G.m.b.H., Hagen, 1990, Wax mold manufacture, Fed. Rep. Ger,**Giessereitechnik**, 36, s 330-331
13. Hamilton, R.J., 1995, Waxes: Chem., Mol. Biol. Funct., **Oily Press**, s 257-292, U.K.
14. Kotsiomiti, E., McCabe, J.F., 1995, Stability of dental waxes following repeated heatings, **J. Oral Rehabilitation**, 22, s 135-143
15. International standard, 1995 (E), Dental wceasting wax, **ISO 1561**
16. Altınoğlu, A., 1996, Hassas döküm yöntemi, **Metalurji**, 20, 48-53
17. Muschio, H.M., 1996, Filler and wax composition for investment casting, **U.S. Patent**, US 5518537
18. Hamilton, E., 1985, Tooling for lost wax invetment casting, **AFS Transactions**, 93, s 903-906
19. Brown, J.R., 1997, Foundryman, 175-181

20. Reynhardt, E.C., 1986, Temperature dependence of the cell parameters of Fisher- Tropsch waxes: Hard wax and oxidised hard wax, **J. Phys. D: Appl. Phys.**, 19, s 1925-1938

21. Gittleman, D., Pushaw, W., 1996, Developments in wax technology, **Paintindia Annual**, s 11-114

21. Barker, A.D., 1993, A new approach to dsc calibration in wax/polymer blending, **J. Ther. Anal.**, 40, s 799-805

22. Hamilton, R.J., 1995, Waxes: Chem., Mol. Biol. Funct., **Oily Press**, 311-342, U.K.

23. United Kingdom Dept. of the Environment, 1983, **Methods Exam. Wethers Assoc. Mater.**

24. Cihler, J., 1986, Adhesives for wax patterns used for precision casting, **Slevarenstri**, 34, s 185-188

25. Draper, D., Cloninger, T.L., Hunt, J.M., Holmes, J.F., Mersereau, T., Hosler, M., 1987, Lazer welding of wax patterns, **Modern casting**, 77,s 24-26

26. Smith, T.J., Hoadley, A.F.A., Scott, D.M., On the sensitivity numerical simulations of soldification to the pyhsical properties of the melt and the mould, 1987, **Appl. Scientific Research**, 44, 93-109



EKLER

Sayı: B.02.1.BAK.5.01.55.10/

Konu: Bölümünüzde “Hassas Döküm Kalıp Mumunun Özelliklerinin İyileştirilmesi “ konulu yüksek lisans çalışması çalışması sırasında yapılmış olan bir mum örneğinizin; Hassas Döküm şartlarına olan uygunluğunun, Laboratuvarımızda kullanılan B97 kodlu ithal mum ile karşılaştırılmalı olarak incelenmesi.

İlgi: 5/1/2000 tarihli ve B.30.2.GÜN.0.13.00.00.14/054-004 no.lu istek mektubunuz.

T.C. GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN-EDEBİYAT FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
KİMYA BÖLÜMÜ BAŞKANLIĞINA,

25.01.2000

Tarafınızdan gönderilen; deneylerinizde kullandığınız B97 kodlu ithal mum ile Laboratuvarlarınızda örnek üretimi yapılan G.Ü. kodlu mumlarınız, Hassas Döküm Yönteminin döküme kadar olan bütün safhalarında her iki muma da eşit şartlar uygulanarak denenmiştir.

Mumların eritilmeleri; ayrı cam kaplar içinde, aynı etüvde ve aynı zamanda yapılmıştır. Mum enjeksiyon işlemleri; 4 atm. basınç yardımı ile itilen bir pnömatik piston yardımı ile yapılmıştır. Piston altına ve önceden 25°C'ye ısıtılan kalıp üzerine konulan bir silindire boşaltılan erimiş mum, piston yardımı ile kalıba enjekte edilmiş ve katılaşmanın tamamlanabilmesi için 30'ar saniye beklenmiştir.

Her iki mumdan elde edilen 4'er adet numune, bir salkımın iki tarafına aşağıdan yukarıya, 1'den 4'e kadar kat numarası verilerek dizilmişlerdir. Döküm sonunda ayırım yapılabilmesi amacıyla; B97 kodlu mumlara ayrıca 1, G.Ü. kodlu mumlara ise ayrıca 2 rakamları stampa edilmiştir.

Yapılan denemede aşağıdaki gözlemler elde edilmiştir:

1- Mum enjeksiyon kademesinde; G.Ü. kodlu mum, 65°C'de yapılan eritme işleminde kabın dibinde, %3-5 mertebelerinde bir tortu vermiştir. Kalıba yapılan enjeksiyon sonunda, bu durumun, yüzey kalitesine olumsuz bir etkisi görülmemekle birlikte, mum preslerinde bazı tıkanıklıklara yol açabileceği ve katılaşma sırasındaki hacim küçülmelerinde de, bu nedenle sabit olmıyan bir oran gösterebilmesi kuvvetle muhtemeldir. B97 kodlu mumda böyle bir özelliğe raslanmamıştır. Ayrıca, G.Ü. mumu, B97 mumuna oranla, enjeksiyondan sonra, çok daha hızlı katılaşma göstermiştir. Gözlemler, G.Ü. mumunun B97'ye oranla, 3 kat daha hızlı katılaştığını göstermiştir. Deneylerde kullanılan kürbüratör şekli için; G.Ü. mumunun bu şekilde hızlı katılaşması, kalıptan mum modellerin çıkartılması esnasında bir sorun yaratmamıştır.

2- G.Ü. kodlu mum; kalıptan yüzey alma ve seramik ile kaplanabilme özellikleri itibariyle B97 kodlu mumu ile aynı olumlu şartları göstermiştir.

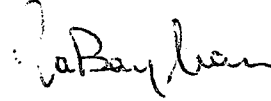
3- Mum boşaltma ve pişirme adımları; sorunsuz geçilmiş olmakla birlikte, döküm sonunda, G.Ü. mumu ile seramik kalıbı hazırlanan ve içine alüminyum dökümü yapılan parçaların üzerlerinde, göz ardı edilemeyecek miktarlarda kül bulunduğu ve oldukça olumsuz bir döküm yüzeyi verdiği gözlenmiştir. Ancak aynı salkımda bulunan, dolayısıyla aynı şartlara maruz kalan B97 kodlu mum ile hazırlanan parçalarda böyle bir soruna raslanmamıştır.

Bilgilerinize sunarım.

Saygılarımla.



Batu BÜTÜN
MKTAE Metalik Malzemeler Grup Lideri
(Hassas Döküm Laboratuvar Sorumlusu.)



Doç.Dr.Tarık BAYKARA
MKTAE Müdür Yardımcısı



ÖZGEÇMİŞ

10/12/1973 tarihinde Kdz. Ereğli’de doğdu. İlkokulu Aydınayla Köyü İlkokulunda, ortaokulu Armutcuk İlköğretim Okulunda, liseyi Kdz. Ereğli Teknik ve Endüstri Meslek Lisesinde tamamladı. 1992 yılında H.Ü.Z.M.F. Alaplı Meslek Yüksek Okulu Döküm bölümünü bitirdi ve aynı yıl G.Ü.T.E.F. Döküm Öğretmenliğini kazandı ve 1996 yılında bu okuldan mezun oldu. 1996 Eylül ayında G.Ü.F.B.E. Metal Eğitimi’nde yüksek lisansı kazandı. 1997 Ocak ayında G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Evli ve yabancı dili İngilizce’dir.