

SERAMİK KAROLARDA ISIL KONFOR VE ENERJİ ANALİZİ

HALİL İBRAHİM KEMANECİ

Dumlupınar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca

Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Ramazan KÖSE

Haziran – 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Halil İbrahim Kemaneci tarafından hazırlanan "Seramik Karolarda Isıl Konfor Ve Enerji Analizi" adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

02/07/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Ramazan Köse
Anabilim Dalı Başkanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

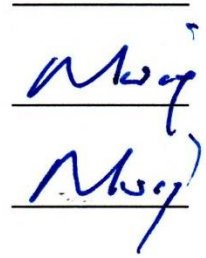
Prof. Dr. Ramazan Köse
Danışman, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Sınav Komitesi Üyeleri

Prof. Dr. Ramazan Köse
Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa Arif Özgür
Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Abdullah Yıldız
Makine Mühendisliği Bölümü, Uşak Üniversitesi

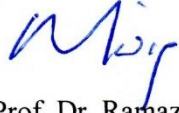






ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %2 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.



Prof. Dr. Ramazan Köse



Halil İbrahim Kemaneci

SERAMİK KAROLARDA ISIL KONFOR VE ENERJİ ANALİZİ

Halil İbrahim Kemaneci

Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ramazan Köse

ÖZET

Seramik karolar yapılarda kaplama elemanı olarak sıkça kullanılmaktadır. Üstün özelliklerine rağmen seramik karoya dokunulduğunda soğuk bir yüzey olarak hissedilir.

Bu tez çalışmasında seramik karoların ısı dokunma konforu incelenmiştir. Bu amaçla dokunma sırasında gerçekleşen ısı geçişi için enerji çözümlemesi yapılmıştır. Bu çözümleme ile dokunma sırasında oluşan yüzey sıcaklığı hesaplanmıştır. Yüzey sıcaklığı hesaplanırken ısı atalet olgusunun nasıl katkı sağladığı açıklanmıştır.

Dokunma konforunun incelenmesi için insan vücudunun sıcaklıkla olan etkileşimi araştırılmıştır. İnsan derisinin yapısı ve sıcaklığı hissetme mekanizması gösterilmiştir. Isıl konforun temel şartları incelenmiş ve insan vücudu için kritik sıcaklıklar gösterilmiştir.

Seramik karonun ısı dokunma konforunun artırılması için bir iyonmer malzeme ile kaplanabileceği değerlendirilmiştir. Buna göre 9 mm kalınlığındaki seramik karo 0,25 mm kalınlığındaki Surlyn® 1706 malzeme ile kaplanmıştır. Böylece seramik karonun ısı ataleti % 4 oranında azaltılmıştır. Kaplanmış seramik karoya dokunulması sırasında oluşan yüzey sıcaklığı hesaplanmış, böylece ısı konforunun ne kadar arttığı incelenmiştir. Böylece insanların günlük hayatta sıkça dokunduğu bu yapı elemanının ısı konforu değerlendirilmiştir. Bununla beraber seramik karo dışında kullanılan diğer yapı elemanlarının ısı dokunma konforunun hesaplanması için temel bir çalışma ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dokunma Sıcaklığı, Isıl Atalet, Isıl Konfor, Kaplanmış Seramik Karo, Seramik Karo,

THERMAL COMFORT AND ENERGY ANALYSIS IN CERAMIC TILES

Halil İbrahim Kemaneci

Mechanical Engineering, M.S. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Ramazan KÖSE

SUMMARY

Ceramic tiles are frequently used as coating elements in buildings. Despite its superior properties, ceramic tile is felt as a cold surface when touched.

In this thesis, thermal touch comfort of ceramic tiles is examined. For this purpose, energy analysis is performed for heat transfer during the touch. Surface temperature during touching is calculated with this analysis. How thermal inertia contributes to the surface temperature is explained.

In order to examine touch comfort, the interaction of human body with temperature is investigated. The structure of human skin and the mechanism of sensing warmth are shown. The basic conditions of thermal comfort are examined and critical temperatures for the human body are shown.

It has been evaluated that the ceramic tile can be coated with an ionomer material to improve thermal touch comfort. Accordingly, 9 mm thick ceramic tile was coated with Surlyn® 1706 material with 0,25 mm thickness. Thus, thermal inertia of ceramic tile is reduced by 4 %. The surface temperature during touching of coated ceramic tile is calculated and thus the increase in thermal comfort is investigated. Hence, thermal comfort of this building element is evaluated. Furtherly, a basic study is suggested in order to calculate thermal comfort of other building elements except for ceramic tiles.

Keywords: Ceramic Tile, Coated Ceramic Tile, Thermal Comfort, Thermal Inertia, Touching Temperature,

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, tez çalışmam boyunca yardımını, deneyimlerini, desteğini ve özverisini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof.Dr. Ramazan Köse'ye,

Yüksek lisans çalışmaları için gerekli desteği veren Eczacıbaşı Yapı Gereçleri'ne,

Desteğini her zaman hissettiğim anneme, babama ve sevgili eşim Tuğba Kemaneci'ye teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL VE METOT	7
3.1. Tanımlar	7
3.2. Enerji Analizi	11
3.2.1. Dokunma yüzeyindeki sıcaklığın hesaplanması.....	11
3.2.2. Isıl atalet.....	13
3.2.3. Fourier Kanunu.....	14
3.2.4. Analiz	14
3.2.5. Isıl ataletlerin karşılaştırılması.....	15
3.3. İnsan Vücuduna Ait Isıl Özellikler	16
3.3.1. Deri fizyolojisi	16
3.3.2. Termoregülasyon	18
3.3.3. Cildin sıcaklığı algılaması.....	18
3.3.4. İnsan dokusuna ait ısı özellikler	19
3.4. Isıl Konfor.....	19
3.4.1. Isıl konfor tarihi.....	19
3.4.2. İnsan vücudu için kritik sıcaklıklar.....	20
4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	21

İÇİNDEKİLER(devam)

Sayfa

4.1. Seramik Yüzeylerde Isıl Konforun Artırılması	21
4.1.1. Kaplanmış seramik karo	22
4.1.2. Kaplanmış karo ısı iletim katsayısı	24
4.1.3. Kaplanmış karo özgül ısısı	24
4.1.4. Kaplanmış karonun özgül ağırlığının hesaplanması	26
4.1.5. Kaplanmış karonun ısıl ataletinin hesaplanması	26
4.1.6. Kaplanmış seramik yer karosunun dokunma ısıl konforu	26
4.2. Karşılaştırma ve değerlendirme	25
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	28
KAYNAKLAR DİZİNİ	30
EKLER	
EK A: Kaplanmış seramik karo numunelerinin hazırlanması	
EK B: Kaplama malzemesinin teknik verileri	
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Seramik karoların yer ve duvar döşeme elemanı olarak kullanılması.....	7
3.2 Mermer karo.....	8
3.3 Granit karo	9
3.4 Cam karo	10
3.5 Ayak ve zemin arasındaki ısı alışverişi	11
3.6 Sıcaklık farkına göre ısı geçişi	13
3.7 Alt deri ve üst deri katmanları.....	16
3.8 Deri tabakaları mikroskopik görüntü	16

ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge

Sayfa

1.1 Kritik vücut sıcaklıkları.....	1
3.1 Çok kullanılan yapı malzemelerine ait ısıl değerler.....	16
3.2 İnsan dokusuna ait ısıl özellikler.....	19
4.1 Surlyn® 1706 malzemesine ait fiziksel özellikler.....	23
4.2 Kaplanmış seramik karo malzeme kalınlıkları.....	23
4.3 Farklı malzemelerin dokunma yüzeyi sıcaklıkları.....	27
4.4 Farklı malzemelerin dokunma yüzeyi sıcaklıkları.....	28

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A:	alan [m^2]
α :	ısı yayılma katsayısı [m^2/s]
c:	özgül ısı [$J/kg.K$]
c_s :	seramik karo özgül ısı [$J/kg.K$]
c_p :	polimer kaplama özgül ısı [$J/kg.K$]
c_{sp} :	kaplanmış seramik karo özgül ısı [$J/kg.K$]
I:	ısıl atalet [$(1/(K.s^2)).\sqrt{kg/s}$]
I_{sp} :	kaplanmış seramik karo ısıl ataleti [$(1/(K.s^2)).\sqrt{kg/s}$]
L_s :	seramik karo kalınlığı [m]
L_p :	polimer kaplama kalınlığı [m]
k:	ısı iletim katsayısı [$W/m.K$]
k_p :	polimer kaplama ısı iletim katsayısı [$W/m.K$]
k_s :	seramik karo ısı iletim katsayısı [$W/m.K$]
$k_{toplaml}$:	kaplanmış seramik karo ısı iletim katsayısı [$W/m.K$]
m_s :	seramik karo kütlesi [kg]
m_p :	polimer kaplama kütlesi [kg]
$m_{toplaml}$:	seramik kaplı karo kütlesi [kg]
q:	ısı enerjisi [J]
q_a :	ayaktan zemine iletilen ısı enerjisi [J]
q_i :	insan vücudunun ayağın sıcaklığını korumak için ürettiği ısı enerjisi [J]
q_h :	ayaktan taşınım yoluyla kaybedilen ısı enerjisi [J]
q_z :	zeminin ayaktan aldığı ısı enerjisi [J]
Q:	ısı enerjisi [J]
Q_s :	seramik karoya aktarılan ısı enerjisi [J]
Q_p :	polimer kaplamaya aktarılan ısı enerjisi [J]
$Q_{toplaml}$:	kaplanmış seramik karoya aktarılan ısı enerjisi [J]
R:	ısıl direnç [K/W]
$R_{toplaml}$:	kaplanmış seramik karo ısıl direnç [K/W]
ρ :	yoğunluk [kg/m^3]
ρ_s :	seramik karo yoğunluğu [kg/m^3]
ρ_p :	polimer kaplama yoğunluğu [kg/m^3]

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

Simgeler

ρ_{sp} :	kaplanmış seramik karo yoğunluğu [kg/m ³]
t :	zaman [s]
$T_{a,\infty}$:	insan vücudu iç doku sıcaklığı [°C]
$T_{a,yüzey}$:	ayak yüzey sıcaklığı [°C]
$T_{z,\infty}$:	derin zemin sıcaklığı [°C]
$T_{z,yüzey}$:	zemin yüzey sıcaklığı [°C]
$T_{yüzey}$:	yüzey sıcaklığı [°C]
V_s :	seramik karo hacmi [m ³]
V_p :	polimer kaplama hacmi [m ³]
x :	seramik karo x boyu [m]
y :	seramik karo y boyu [m]
z :	seramik karo z boyu [m]
ΔT :	sıcaklık farkı [°C]

Kısaltmalar

Açıklama

NASA	National Aeronautics and Space Administration
ISO	International Organization for Standardization
BSI	British Standards Institution
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating And A-C Engineers
ASHVE	American Society of Heating and Ventilating Engineers

1. GİRİŞ

Isıl konfor, 19. Yüzyılın sonlarından beri mühendisliğin ve mimarlığın içinde çözülmeyi bekleyen önemli bir sorundur. Önceleri ısınma teknolojisinin gelişmesiyle birlikte insanların daha konforlu hissetmeleri için çok sayıda çalışma yapılmıştır. 20. yüzyılda soğutma teknolojisinin gelişmesiyle birlikte ısı konfor çok daha önemli hale gelmiştir. İnsanın etrafındaki havanın sıcaklığının kontrol edilmesiyle ısı konforun çok büyük bir kısmı sağlanmış olur. Ancak bu yeterli değildir. İnsan teninin dokunduğu, bastığı her yüzey gereğinden fazla sıcak ya da soğuk olduğunda rahatsızlık verebilir. İnsanın hangi sıcaklık aralığında konforlu hissettiği ve acıya neden olan sınır değerler Çizelge 1.1’de (Thermal Comfort, A. Auliciems, S. V. Szokolay) belirtilmiştir. Buna göre insan vücudu 10 °C ve daha düşük sıcaklıkta bir yere dokunduğunda acı hisseder. Aynı şekilde 45 °C ve daha üstü bir sıcaklık da insanın acı hissetmesine neden olur.

Çizelge 1.1 Kritik vücut sıcaklıkları.

	Deri sıcaklığı °C	Derin doku sıcaklığı °C	Düzenleyici bölge
Acı hissetme	45	42	ölüm
		40	hipertermi
			terleme
			vazodilatasyon
	31 - 34	37	konfor
			vazokonstiksiyon
			ısı üretimi
		35	hipotermi
Acı hissetme	10	25	ölüm

İnsan yaşam alanlarında kullanılan yapı teknolojisi de ısı konfora ait kaygılar taşır. Dokunma ısı konforu yüksek yüzeyler oluşturularak fark yaratılır. Özellikle çıplak ayakla basılan yüzeylerde kullanıcı bu farkı çok açık olarak görebilir.

Isıl konfor olgusu araştırmalarında hacim sıcaklıkları hesaplanmış ve irdelenmiştir. Belirli bir hacmin sıcaklığının sağlanması durumunda ısı konfora ulaşılacağı öngörülmektedir. Dokunma sırasındaki ısı konfor konusu ise nispeten daha az araştırılan bir konudur. Dokunma sırasındaki ısı konfor konusundaki çalışmaların bir kısmı güvenlik kaygıları

nedeniyle yapılan çalışmalardır. İş ortamında ve günlük hayatta insanların dokunduğu yüzeylerin sıcaklığından dolayı zarar görmemeleri için güvenli sıcaklık aralıkları belirlenmiştir.

Isıl dokunma konforu çalışmaları aynı zamanda algılanan kalite olgusuna ait sonuçlar vermektedir. İnsanların dokunduğu yüzeyin soğuk ya da sıcak hissedilmesiyle daha kaliteli olduğuna dair algının oluşmasına yol açabilir. Günümüzde maliyet düşürme ve ağırlık azaltma çalışmaları sonucunda birçok sektörde metal parçaların yerini polimer parçalar almaktadır. Genellikle bu polimer parçaların boya veya kaplama yardımıyla metal gibi görünmeleri sağlanmaktadır. İnsanlar metal parçalara dokunduğunda plastik parçaya göre daha soğuk hissetmektedir. Polimer parçaya dokunduğunda daha sıcak hissedilmesi sonucunda bu parçanın metal olana göre daha kalitesiz olduğu algısı oluşabilmektedir.

Yapılarda kullanılan duvar ve yer döşemelerinin temelde birkaç özelliğe sahip olması beklenir. Bunlar; sağlamlık, hijyeniklik, ucuzluk vb. olarak sıralanabilir. Seramik döşemeler bu bahsedilen özellikler göz önünde bulundurulduğunda diğer seçeneklere göre üstün sayılabilir. Seramik döşemeler (yer ve duvar karoları) sağlamdır, hijyeniktir ve uygun fiyatlıdır. Seramik yer ve duvar karoları bütün bu üstün özelliklerine rağmen kullanıcıların ilk tercihi olmayabilir. Bazı kullanıcılar seramik döşemeyi verdiği “soğukluk” hissinden dolayı tercih etmemektedir. Günümüzde gerçek ahşap renginde ve dokusunda seramik karolar üretilmektedir. Bu karoların ahşap görünümleriyle kullanıcılara daha “sıcak” hissettirdiği bilinmektedir. Ancak kullanıcı ahşap görümlü karoya dokunduğunda veya bastığında bu soğukluğu yine hissetmektedir.

Bu çalışmada, seramik karoların dokunma ısı konforunun düşük olması problemi incelenecek ve bu problem için geliştirilen çözüm üzerinde çalışılacaktır.

Öncelikle ısı dokunma konforu hakkında daha önce yapılan çalışmalar aktarılacaktır. Bunların bir kısmı genel dokunma ısı konforu üzerine yapılan çalışmalar, bazıları ise seramik karoların ısı özelliklerinin değiştirilmesi ve dokunma ısı konforunun artırılması hakkında olacaktır.

Problemin çözümü için insan dokusunun dokunma sırasında sıcaklığı nasıl hissettiği incelenmiştir. İnsanın dokunma organı olan derinin yapısı araştırılmış ve sıcaklığı hissetmekle görevli doku içi yapılar anlatılmıştır. Buna göre insanın dokunduğu yüzeydeki sıcaklığı beyne ileten çok hızlı bir sinir mekanizması olduğu görülmüştür.

İnsan dokusunun dokunduğu yüzeyin sıcaklığını hissedebildiği bilindiği için, dokunma ısı konforunun temas yüzeyindeki sıcaklıkla olan ilişkisi belirlenmiştir. Buna göre dokunma ısı konforunun irdelenmesi için temas yüzeyindeki sıcaklığın hesaplanması gerekmektedir. Yapılan ısı analizinin çok kısa süren bir ısı aktarımı içerdiği bellidir, buna göre bu çalışmaya konu olan problem zamana bağlı (transient) ısı aktarımı olarak incelenecektir.

Isıl analiz yapılırken kısa süreli temas sırasında ısı atalet olgusunun bu hesaplamayla olan ilişkisi belirtilmiştir. Isıl ataletleri ve ilk sıcaklıkları belli olan iki cismin temas yüzeyindeki sıcaklığı kolayca hesaplanabileceği gösterilmiştir. Isıl ataletin nasıl hesaplanacağı gösterilmiş ve günlük hayatta sıkça karşılaştığımız malzemelerin ısı ataletleri hesaplanmıştır.

Temas yüzeyindeki sıcaklığın hesaplanabilmesi için insan vücuduna ait ısı atalet hesaplanmıştır. İnsan vücuduna ait ısı değerler hesaplanırken daha önceki yapılan çalışmalardan faydalanılmıştır. Buna göre insanın yaşı, cinsiyeti gibi değişkenler araştırmaya dâhil edilmemiştir.

Seramik karoların dokunma ısı konforunun artırılması için seramik karonun polimer bir malzemeyle kaplanması çözümü incelenmiştir. Seramik karonun bir polimer malzeme ile kaplanması durumunda dokunma yüzeyine dokunma konforunu nasıl değiştirdiği araştırılmıştır. Kaplanmış seramik karonun ısı değerlerinin nasıl değiştiği hesaplanmıştır. Buna göre kaplanmış seramik karonun ısı ataleti ve dokunma sırasında temas yüzeyindeki sıcaklık elde edilmiştir. Sonuç olarak polimer malzeme ile kaplanmış seramik karonun kaplanmamış seramik karoya göre ısı dokunma konforunun ne kadar iyileştiği belirlenmiştir.

Bu araştırma sayesinde başta seramik yer karoları olmak üzere zemin döşemesi olarak kullanılan malzemelerin dokunma yüzeyindeki sıcaklıkla ilgili hesaplama yöntemi ortaya koyulacaktır. Böylece günlük hayatımızda her gün karşılaştığımız bir enerji olgusu sayısal değerlerle ifade edilebilecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Seramik yüzeylerin ısı özellikleri konusunda daha önce hazırlanmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda bazı değişiklikler yaparak seramik malzemenin ısı özelliklerinin değiştirilmesinden bahsedilmiştir.

İnsanların yaşadığı veya çalıştığı ortamlardaki ısı şartlar birçok bilim insanı tarafından incelenmiştir. Isıl konfor konusunda ISO, BSI gibi standart kuruluşları tarafından yayınlanmış ve bazıları hala geçerli olan standart belgeleri de ısı şartlar konusuna ışık tutmaktadır. Isıl konfora dair geçmişte birçok çalışmanın yapıldığı NASA ve ASHRAE gibi kuruluşlar da bu konuya temel oluşturabilecek veriler ortaya koymaktadır.

Dokunma konforuyla alakalı en eski çalışmalardan birisi dokunmanın ısı konforunun psikolojik etkilerinin incelendiği bir çalışmadır. Bu çalışmada ısı özellikleri bilinen bir malzemeye dokunma sırasında, dokunma yüzeyinin hangi sıcaklıkta hissedileceğinin hesaplanabileceği belirtilmiştir (Vendrik, vd., 1957). Malzemenin özgül ısısı, ısı iletim katsayısı ve yoğunluğun yeterli olduğu, bu değerleri yüksek olanın daha soğuk hissedileceği de vurgulanmıştır.

Dokunmanın ısı olarak incelenmesi için en kapsamlı çalışmalar NASA bünyesinde yapılmıştır. Bu çalışmalarda dokunma yüzeyindeki sıcaklık bir güvenlik unsuru olarak dikkate alınmıştır (Chianta, vd. 1979). Buna göre uzay araçlarında insanların dokunduğu yüzeylerin benzeri 6 farklı malzemeyle çalışmalar yapılmıştır. İnsanlara ellerini bir plakaya bastırmaları istenmiş ve bu plakanın sıcaklığı yükseltilmiştir. İnsanlara “acı” hissettiği sıcaklıkta ellerini çekmeleri istenmiştir ve ellerini kaçınıcı saniyede çektikleri belirlenmiştir. Örneğin 63°C sıcaklıktaki alüminyum plakaya denekler 2 saniye dokunabilirken; 110°C sıcaklıktaki sıkıştırılmış ağaç fiberlerinden oluşan masonit malzemesine 2 saniye dokunulabilmektedir. 2000’den fazla denemeye yapılan çalışmaya aynı zamanda teorik olarak hesaplar da eklenmiştir. Isıl atalet olgusu açıklanarak dokunulan malzemelerin ısı ataletleri arasındaki farklar belirtilmiştir. Bu çalışma sonucunda NASA tarafından kullanılan malzeme güvenlik şartları oluşturulmuştur.

Chianta, vd. tarafından yapılan çalışma yine NASA bünyesinde başka bir çalışmayla eleştirilmiştir (Ungar ve Stroud, 1994). Buna göre önceki çalışmada acı hissetme eşiğinin yanlış yorumlandığı belirtilmiştir. Ayrıca yine önceki çalışmada yer alan -18°C soğuk acı hissetme değerinin herhangi bir bilimsel temele dayanmadığı tespit edilmiştir. Hem sıcak hem de soğuk dokunma yüzeyi sıcaklığı için, ayrıca bütün dokunma malzemelerini de içinde barındıran bir korelasyon çıkartılmıştır. Bu korelasyondan bir doğrusal denklem çıkartılmıştır ve dokunma

süresi doğrusal denklemin katsayılarını değiştirmektedir. Ungar ve Stroud'un çalışmalarına göre NASA'nın dokunma yüzey sıcaklık sınırlarına dair standardı güncellenmiştir.

Hem yukarıda bahsedilen NASA standartları hem de dokunma yüzey sıcaklığına dair yapılan diğer çalışmalar uluslararası standartlara atıfta bulunmaktadır. ISO tarafından yayınlanan güncel standarda göre insanların dokunma yüzeyindeki sıcaklığa verdiği tepkiler değerlendirilmiştir (ISO 13732-1). Bu belgede ısıl ataletin tanımı yapılmış ve nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir. Ayrıca yüzeye temas durumunda en önemli büyüklüğün ısıl atalet olduğu belirtilmiştir. Bahsedilen ISO standardı da NASA standardı gibi güvenlik ölçütleri belirlemek için yaratılmıştır. Bununla beraber ölçüm metotları ve hesaplama yöntemleri genel olarak seramik yer karolarının ısıl dokunma analizinin yapılabilmesi için önem arz etmektedir.

Seramik karoların ısıl konfor özellikleri hakkında yapılan çalışmaların birisinde seramik karo yüzeylerde ısıl dokunma konforunun dokunma yüzeyindeki sıcaklıkla alakalı olduğu belirtilmiştir (Efftinga, vd., 2006). Ayrıca dokunma yüzeyindeki sıcaklığın seramik karonun ısıl ataletine bağlı olduğu gösterilmiştir. Seramik karo malzemesinde yapılan geliştirmelerle malzeme içinde boşluklar oluşturulmuştur. Bu boşluklar sayesinde ısıl iletim katsayısında düşüş sağlanmıştır. Seramik malzemenin yüzeyinde boşluk oluşturma aynı zamanda seramik yüzeyinde pürüzlülük yarattığı, bu pürüzlülüğün de ısıl geçişi azaltarak ısıl dokunma konforunun geliştirilmesine katkı sağladığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada seramik malzemede oluşturulan boşluklu yapının seramik karonun mekanik dayanımını azalttığı da belirtilmiştir. Benzer bir çalışmada seramik bünyesinde endüstriyel atık malzemeler kullanılarak seramiğin ısıl özelliklerinin değiştirildiği ve ısıl dokunma konfor özelliğinin artırıldığı belirtilmiştir (Pereira, vd., 2010). Bu çalışmada endüstriyel atık olarak zımpara tozu (silisyum karbür, SiC) kullanılmıştır. Silisyum karbürün yüksek pişirme sıcaklıklarında oksijenin yardımıyla boşluklar oluşturduğu vurgulanmıştır. Boşluklar nedeniyle seramiğin yoğunluğunun düştüğü ve ısıl dokunma konforu özelliklerinin arttığı belirtilmiştir.

Seramik yer karoları ve yer döşeme malzemesi olarak kullanılan granit, mermer gibi doğal malzemelerin ısıl özelliklerinin ölçülmesi konusu da bu çalışma için önemlidir. Yerden ısıtma sistemlerinde kullanılmak üzere en iyi yer döşeme malzemelerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalardan birinde seramik karo malzemelerinin ısıl özellikleri ölçülmüştür (Garcia, vd., 2011). Lazer flaş metoduyla malzemelerin ısı yayılma katsayısı (diffusivity) ve özgül ısı değerleri ölçülmüştür. Bu değerlerle birlikte yoğunluk değerini de kullanarak ısı iletim katsayısı hesaplanmıştır. Yerden ısıtma sistemlerinde yer döşemesi altında yer alan ısı kaynağının en verimli biçimde yer döşemesinin üstüne aktarılması için ısıl iletim katsayısının yüksek olması hedeflenmektedir. Bu çalışmada, seramik bünyesindeki alümina (Al_2O_3) yüzdesi ve toplam

boşluklu yapının ısı ıl özellikleri değıştirdiği deneysel olarak ölçölmüştür. Ayrıca granit, kaplamalık tuğla, mermer ve PVC yer döşemesi malzemeleriyle karşılaştıırma yapılmıştır. Toplam boşluklu yapının pişirme sıcaklığı arttıkça arttığı, bu nedenle pişirme sıcaklığı daha yüksek olan porselen karolarda ısı iletim katsayısının daha düşük olduğu belirtilmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1.Tanımlar

Karo: Seramik, mermer gibi sert malzemelerden çeşitli ebatlarda levhalar halinde genellikle dikdörtgen şeklinde üretilen, zemin ve duvarı kaplama elemanıdır. Çok eski çağlardan beri insanların karo ürettikleri ve yaşadıkları yere döşedikleri bilinmektedir. Elle üretilen ve genellikle pişmiş toprak ya da seramik temelli karoların tarihi eskiye dayanmaktadır. Günümüzde ise karolar yapı elemanı olarak vazgeçilmez bir konumdadır.

Karolar, yapıldıkları malzemeye göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

Seramik karo: Seramik malzemeden yapılmış karolardır. Seramik, ısıya dayanıklı, inorganik ve ametalik özelliklere sahiptir. Metallere ve polimerlere göre daha fazla ısı ve korozyon direncine sahiptirler. Çoğu metalden daha az yoğunluğa sahip olup, metallere göre çok daha ucuz hammaddelere sahiptir. Genellikle seramik malzeme üstüne sırlama işlemi yapılarak kullanılmaktadır. Şekil 3.1’de (Dekorlog, 2019) görüldüğü gibi seramik karolar hem zeminde hem yan duvarlarda birçok farklı desen, şekil ve renkte kullanılmaktadır.



Şekil 3.1. Seramik karoların yer ve duvar döşeme elemanı olarak kullanılması.

Mermer karo: Mermer, yaklaşık %95 oranında CaCO_3 (kalsiyum karbonat) içeren kireç taşının yüksek sıcaklık ve basınç altında metamorfoz geçirerek kristalleşmiş halidir (TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 2019). Mermer taşı endüstriyel olarak dilimlenerek yer ve duvar döşemesi olarak kullanılmaktadır. Büyük oranda kalsiyum karbonat içerdiğinden asit dayanımı düşüktür.

Seramik gibi bir sırlama işlemi yapılamazken, yüzeyi parlatılmaya ve cilalanmaya uygundur. Şekil 3.2’de mermer karo örneği gösterilmiştir (EBAY, 2019).



Şekil 3.2 Mermer karo.

Granit karo: Granit malzemedен yapılan döşeme malzemesidir. Granit kristal yapıli mineralleri içeren, taneli görünümlü magmatik, sert, doğal malzemedir. İçeriğinin büyük kısmını feldspat oluşturur. Aşınmaya ve basınca çok dayanıklı olduğu için özellikle yer karosu olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.3’te granit karo örneği gösterilmiştir (EBAY, 2019).



Şekil 3.3 Granit karo.

Cam karo: Cam, silisli kumun, soda ya da potas katılarak eritilmesi sonucu oluşan sert, saydam ve kırılğan malzemedir. Cam metal oksitlerin bir bileşimidir. En büyük kısmını SiO oluşturur. Kristal yapıya sahip değildir. Saydam olma özelliği sayesinde, ışığı tamamen veya kısmen geçiren döşeme malzemesi olarak kullanılır. Bununla birlikte kimyasal olarak dayanıklı olması, sertliği ve düşük ısı genleşme katsayısı sayesinde daha özel yerlerde kullanılabilir. Şekil 3.4’te cam karo örneği gösterilmiştir (Artistry in Mosaic, 2019).



Şekil 3.4 Cam karo.

Karolar kullanıldıkları yere göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

Yer karoları: Yer zeminlerinde kullanılırlar. Basınca dayanıklı olması ve kaygan olmaması önemlidir. Kullanım yerine göre farklı aşınma direnci sınıfına sahip olur. Örneğin fabrikada kullanılacak yer karosu asit direncine sahip olmalıdır. Ayrıca okul veya hastane gibi yerlerde fiziksel aşınmaya en dayanıklı yer karoları kullanılmalıdır. Dış mekânda kullanılan yer karoları daha fazla yüke dayanabilmesi için daha kalındır. Örneğin banyoda kullanılan seramik karolar genellikle 9mm kalınlıkta üretilirken, dış mekân karoları 20mm kalınlığında üretilir.

Duvar karoları: Daha çok dikey yüzeylerde kullanılan karolardır. Yer karolarına göre su emmesi daha fazla olabilir. Yine dekoratif amaçlı kullanıldığı için genellikle parlak yüzeye sahiptir.

Çatı karoları: Bazı kaynaklarda çatı kiremitleri de karo olarak tariflenmiştir. Bazı mimari yapılarda birçok farklı malzemeden yapılmış çatı karoları kullanılmaktadır. Suyu ve güneş ışığına dayanıklı malzemeden yapılmış olması önemlidir.

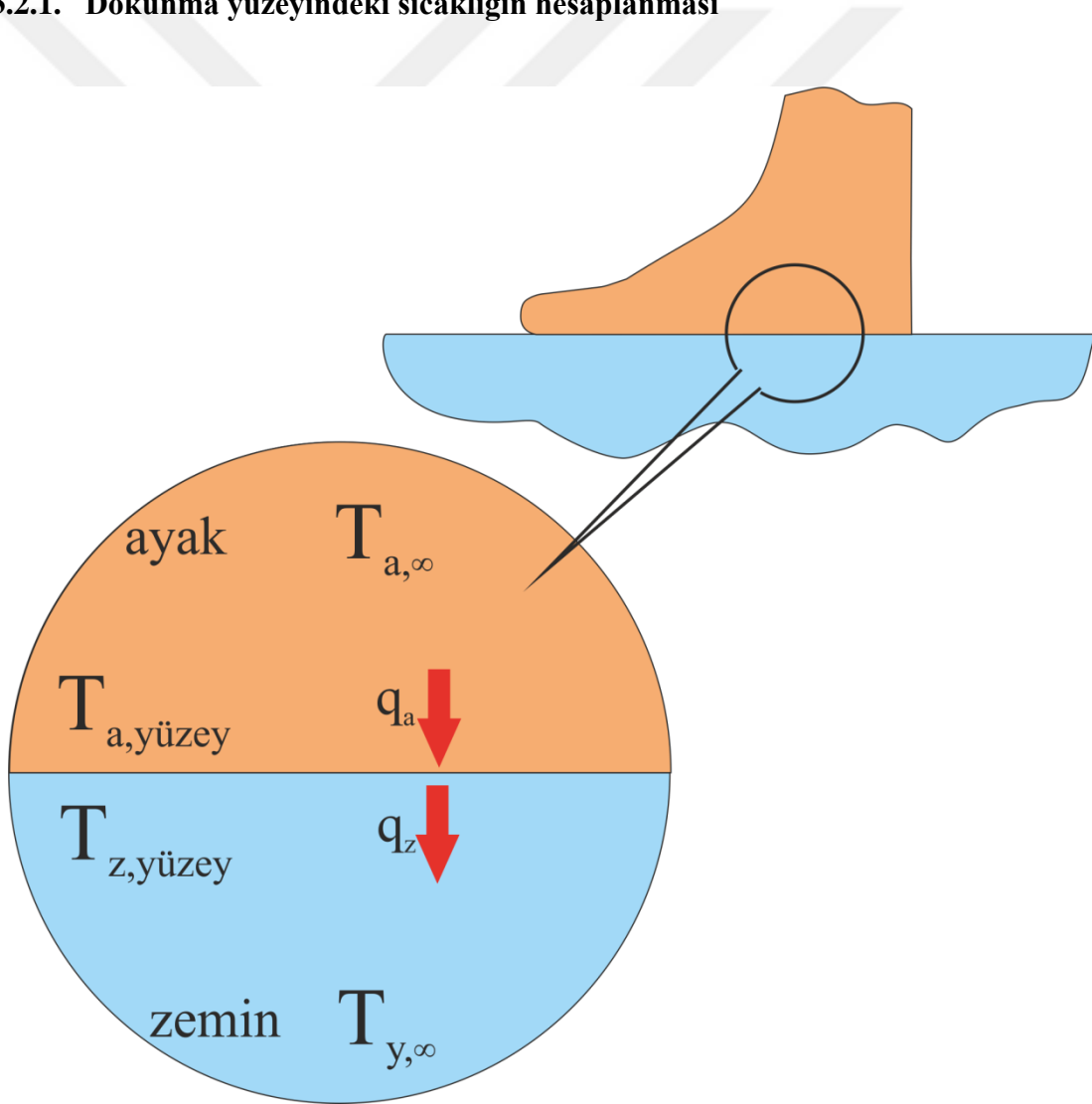
Diğer karolar: Laboratuvar, havuz gibi özel kullanım alanları için yapılan karolardır. Örneğin bir elektrik laboratuvarında elektriği iletmeyen (yalıtkan, dielektrik) bir karo kullanılabilir. Aynı şekilde gıda depolanan bir bölümde herhangi bir zehirli salınım yapmayan, gıda güvenliği olan (food-grade) bir karo tercih edilmelidir.

Konfor: konfor, fiziksel ve ruhsal rahatlık hali; acıdan ve sıkıntıdan uzak olmak şeklinde tanımlanmıştır (Cambridge Dictionary, 2019).

Isıl konfor: hissedilen sıcaklığın herhangi bir rahatsızlık vermemesidir. İnsanın hangi sıcaklıkta konforlu hissettiği konusunda çok fazla araştırma yapılmıştır. Sıcaklıkla doğrudan etkileşim halinde olan havanın nemi, havanın hızı da ısı konfor konusunun içinde irdelenmektedir. Hem insanların katıldığı sübjektif değerlendirmelerle hem de analitik hesaplamalarla ısı konfor konusu araştırılmaktadır. Isıl konfor konusu 3.4. Bölümünde daha ayrıntılı açıklanmıştır.

3.2.Enerji Analizi

3.2.1. Dokunma yüzeyindeki sıcaklığın hesaplanması



Şekil 3.5 Ayak ve zemin arasındaki ısı alışverişi.

Birbirine temas eden ve yalıtılmış ortamda iki cismin sonsuz zamanda eş sıcaklığa geleceği kesindir. Ancak eş sıcaklığa gelecek zaman olmadığında, daha kısa süren temaslarda iki cisim arasında sınırlı bir ısı alışverişi olur.

Kısa süren dokunmalarda dokunulan yüzeyin türüne göre farklı sıcaklık hissedilir. Eşit sıcaklıktaki mermere ve ahşaba dokunulduğunda mermerin daha soğuk olduğunu düşünülür.

Dokunulan yüzey ve insan bedeni iki ayrı cisim olarak düşünülürse, kısa süreli dokunmada her iki cismin iç sıcaklığı değişmeyecektir. Zeminin kütesinin göreceli olarak çok büyük olması nedeniyle insanın dokunmasıyla zeminin tamamında herhangi bir sıcaklık değişimi gözlemlenemez. İnsanın metabolizması nedeniyle sürekli olarak kendi iç sıcaklığını koruduğu bir gerçektir. Yani cisimlerin iç sıcaklıkları sabit kabul edilebilir.

Çözümleme seramik yer karolarıyla ilgilidir. Bu nedenle insanların çıplak ayakla bastığı yüzeyin bir ev olduğu ve normal şartlarda ısıtılan bir evin yer döşemesinin 20 °C olduğu varsayılabilir. Aynı şekilde sağlıklı bir insan bedeninin iç sıcaklığının yaklaşık olarak 36 °C olduğu da bilinen bir gerçektir.

Ayağın üst yüzeyleri hava ile temas halinde olduğundan, taşınım yoluyla sürekli olarak ısı kaybeder. Ayrıca insan bedeni kendi sıcaklığını sabit tutmak için sürekli çalışan bir organizmadır. Bu konu termoregülasyon başlığı altında anlatılmıştır. Ayağın yerle temasının çok kısa süren ve zamana bağlı bir ısı aktarımı olduğu bilindiğine göre, vücudun termoregülasyonla ürettiği ısı ve ayağın taşınım yoluyla kaybettiği ısı ihmal edilecektir.

Problemin ayakla zemin döşemesine basmak olduğu düşünüldüğünde, insan bedeninden zemine geçen ısı ve zeminin aldığı ısıyı birbirine eşitleyerek çözümleme yapılabilir. Dokunma yüzeyindeki sıcaklık da ayak için ve zemin için eşit olacaktır. Bu iki varsayım ve cisimlerin iç sıcaklıklarının sabit olduğu varsayımını kullanarak çözümleme gerçekleştirilebilir.

Kabuller:

- Ayağın kaybettiği enerji zeminin kazandığı enerjiye eşittir:

$$q_a = q_z \quad (3.1)$$

- Ayağın hava ile temas etmesinden dolayı kaybettiği ısı ihmal edilecektir:

$$q_h \approx 0 \quad (3.2)$$

- Ayağın vücudun ürettiği ısı nedeniyle kazandığı ısı ihmal edilecektir:

$$q_i \approx 0 \quad (3.3)$$

- Dokunma düzleminde ayağın ve zeminin yüzey sıcaklıkları eşittir.

$$T_{a, \text{ yüzey}} = T_{z, \text{ yüzey}} = T_{\text{ yüzey}} \quad (3.4)$$

- Temas sırasında ayağın ve yüzeyin iç sıcaklıkları değişmez.

$$T_{a, \infty} = \text{sabit ve } T_{z, \infty} = \text{sabit} \quad (3.5)$$

3.2.2. Isıl atalet

Isıl atalet, bir termofiziksel özelliktir. Isı iletim katsayısı (k), yoğunluk (ρ) ve özgül ısı (c) çarpımının kareköküne eşittir.

$$I = \sqrt{k \cdot c \cdot \rho} \quad (3.6)$$

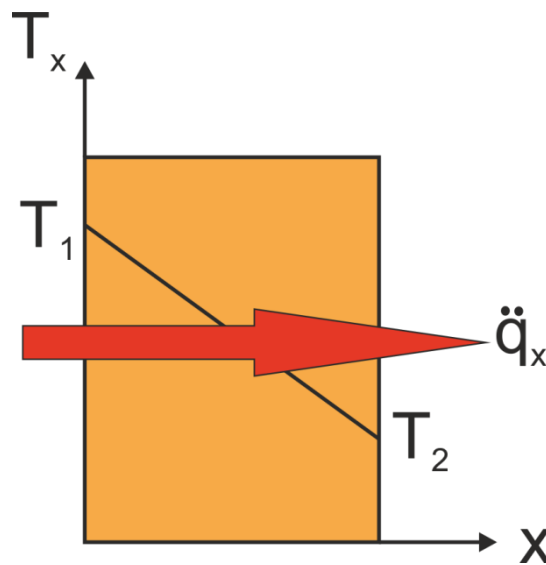
Her ne kadar bu özellik atalet olarak tanımlanmışsa da genelde bilinenin aksine ısıl ataleti yüksek olan maddelerin sıcaklığını değiştirmek kolay, ısıl ataleti düşük olan maddelerinse sıcaklığını değiştirmek zordur.

Çeşitli kaynaklarda aynı olgu için farklı isimlendirmeleri yapıldığı görülmüştür. Bazı kaynaklarda bu olguya ısıl atalet (thermal inertia) denilmiştir (Ungar ve Stroud, 1994; Garcia, 2010; Chianta, vd. 1979). Bunun yanında bazı kaynaklar aynı olgu için ısı taşınıklık (thermal effusivity) terimi kullanılmıştır (Pereira, vd., 2010). Türkçe kaynaklarda genellikle ısıl atalet teriminin kullanıldığı görülmektedir.

Birbirine kısa süreli temas eden cisimler arasındaki sıcaklık alışverişi de ısıl atalet olgusuyla daha kolay açıklanır. Sadece ısıl ataletleri ve ilk sıcaklıkları bilinen iki cismin birbirine temas anındaki sıcaklıkları bir aşamada hesaplanabilir.

Termodinamiğin Birinci Kanunu ve iletim yoluyla ısı geçiş formülleri kullanılarak birbirine kısa süreli temas eden iki cismin temas yüzeyi sıcaklığı hesaplanabilir.

3.2.3. Fourier Kanunu



Şekil 3.6. Sıcaklık farkına göre ısı geçişi.

Fourier Kanunu, ısı iletiminin köşe taşı olarak adlandırılır (Incropera vd., 2010). Fourier Kanununa göre ısı akısının büyüklüğü ile sıcaklık farkı arasındaki ilişki ortaya konulur. Fourier Kanunu birim zamanda geçen ısı için aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$q_x = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (3.7)$$

Ayrıca ısı akısı da aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\dot{q}_x = -k \cdot \frac{dT}{dx} \quad (3.8)$$

Fourier Kanunu, Termodinamiğin Birinci Kanunundan türetilmemiştir, bunun yerine deneysel sonuçlara göre ulaşılan bir ifadedir. Isı iletim katsayısının tanımlanmasını sağlar.

3.2.4. Analiz

Termodinamiğin Birinci Kanunu:

$$\dot{q}_a = \dot{q}_z \quad (3.9)$$

Fourier Kanunu sınır şartları için aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$q = \frac{k \cdot (T_{\infty} - T_{yüzey})}{\sqrt{\pi \cdot \alpha \cdot t}} \quad (3.10)$$

3.9 ve 3.10 eşitliklerini kullanarak aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$-\frac{k_a(T_{a,yüzey} - T_{a,\infty})}{\sqrt{\pi \cdot \alpha_a \cdot t}} = \frac{k_z(T_{z,\infty} - T_{z,yüzey})}{\sqrt{\pi \cdot \alpha_z \cdot t}} \quad (3.11)$$

3.11 eşitliği ile sıcaklık farklarına göre aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$\frac{T_{a,\infty} - T_{a,yüzey}}{T_{z,yüzey} - T_{z,\infty}} = \sqrt{\frac{k_z \cdot \rho_z \cdot c_z}{k_a \cdot \rho_a \cdot c_a}} \quad (3.12)$$

3.6 eşitliğine göre 3.12 eşitliği sadeleştirilebilir, $\sqrt{k \cdot c \cdot \rho}$ yerine ısıl ataleti yerleştirilir.

Ayrıca eşitlik 3.4'te yapılan varsayıma göre temas sırasındaki yüzey sıcaklıkları eşit olur. Buna göre aşağıdaki eşitlik bulunur:

$$\frac{T_{a,\infty} - T_{yüzey}}{T_{yüzey} - T_{z,\infty}} = \frac{I_z}{I_a} \quad (3.13)$$

Yüzey sıcaklığı bu eşitlikten türetilir:

$$T_{yüzey} = \frac{I_a \times T_{a,\infty} + I_z \times T_{z,\infty}}{I_a + I_z} \quad (3.14)$$

Görüldüğü gibi dokunma yüzeyindeki sıcaklık, cisimlerin iç sıcaklığından ve ısıl ataletlerinden kolayca hesaplanabilir.

3.2.5. Isıl ataletlerin karşılaştırılması

Isıl atalet olgusunun daha iyi açıklanması için günlük hayatta kullanılan bazı malzemelerin ısıl ataletleri bulunacak ve dokunma yüzeyinde oluşan temas sıcaklığı hesaplanacaktır.

Bu hesaplamaları yapmak için öncelikle insan bedenine ait ısıl atalet hesaplanmalıdır. İnsan bedeninin ısı iletim katsayısı, yoğunluğu ve özgül ısı hakkında çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar 3.3.4. Bölümünde ayrıntılarıyla açıklanacaktır.

Günlük hayatta insanların sıkça dokunduğu yüzeylerin malzemelerine ilişkin ısıl atalet bilgileri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi metallere ait ısıl atalet değerleri çok yüksektir. Yine mermer, beton ve seramik gibi malzemelerin ısıl ataletleri yüksektir. Bunun yanında ahşap ve polimer bazlı malzemelerin ısıl atalet değerleri de metallere göre çok daha düşüktür.

Çizelge 3.1 Çok kullanılan yapı malzemelerine ait ısıl değerler

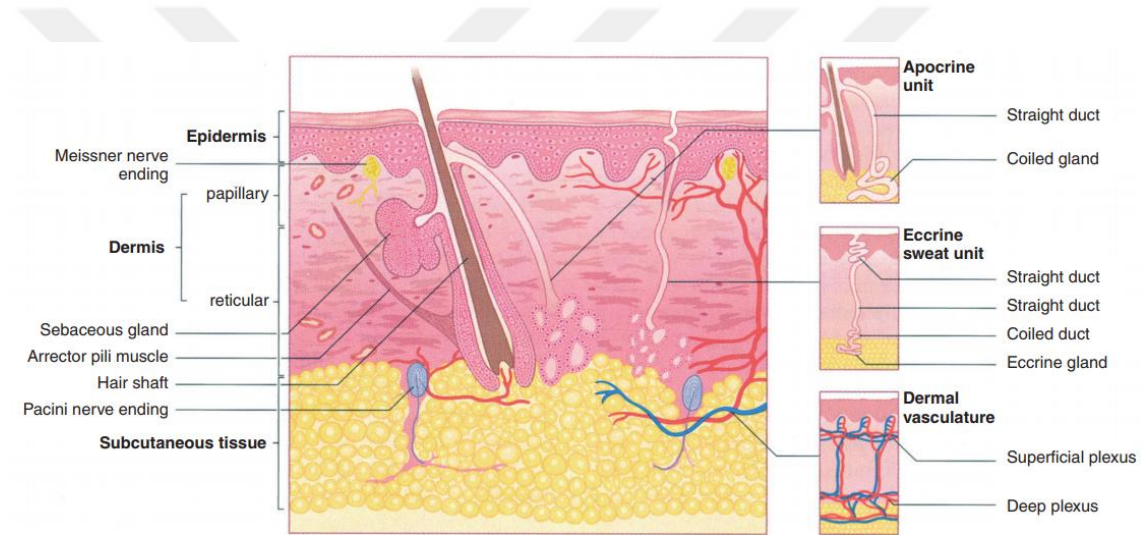
Malzeme	k	ρ	c	I
	W/(m.K)	kg/m ³	J/(kg.K)	(1/(K.s ²)). $\sqrt{\text{kg/s}}$
Seramik(karo)	1,6	2700	423,6	1352
Beton	2,1	2400	1050	2300
Cam	1	2470	750	1361
Ahşap (meşe)	0,17	704	1260	388
Ahşap (çam)	0,15	614	1380	356
Mermer	2,51	2700	880	2442
Granit	2,85	2700	790	2465
Alçı panel	0,17	2300	1090	653
Alüminyum	205	2700	897	22282
Çelik (%1 karbon)	43	7820	490	12836
PVC	0,19	1390	1005	515
Plastik(ABS)	0,175	1100	1423	523
Plastik(dökme poliamit)	0,29	1140	1700	749,7
Deri(leather)	0,14	860	1500	424
Kauçuk	0,13	1100	2615	611
Pirinç	109	8480	375	18617
Zamak 5	108,9	6700	418,7	17478

3.3. İnsan Vücuduna Ait Isıl Özellikler

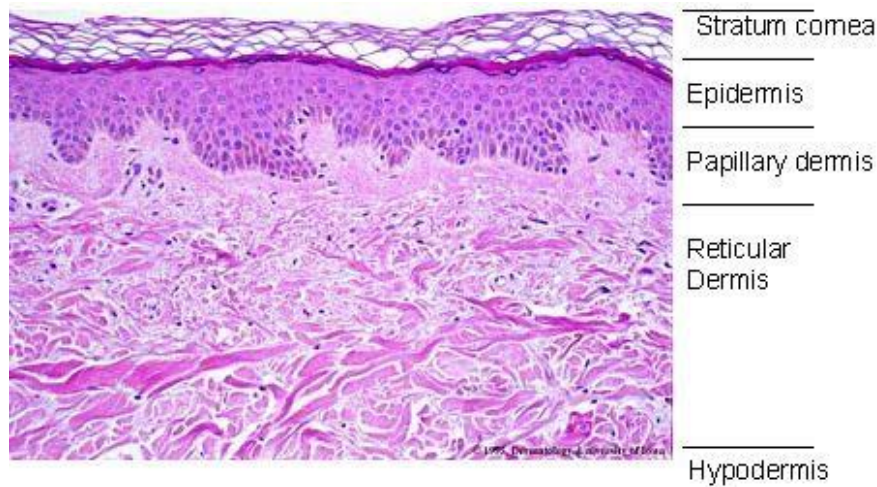
İnsan bütün vücuduyla ısı alışverişinde bulunur. Metabolizmanın çalışmasıyla vücut sıcaklığı yaşam için en ideal seviyede tutulmaya çalışılır.

3.3.1. Deri fizyolojisi

İnsan derisi Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de gösterilen katmanlara sahiptir. Şekil 3.7’de alt deri ve üst deri katmanlarının ve bu katmanlarda bulunan fizyolojik yapıların kesit görüntüsü bulunmaktadır (James vd., 2006). Şekil 3.8’de deri tabakaları mikroskopik görüntüsü gösterilmiştir (Scienceprog, 2019).



Şekil 3.7 Alt deri ve üst deri katmanları.



Şekil 3.8 Deri tabakaları mikroskopik görüntü.

Cilt vücudun en büyük organı olup toplam yetişkin vücut ağırlığının yaklaşık %15'ini oluşturur. Dıştan gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik saldırganlara karşı koruma da dâhil olmak üzere vücuttan fazla su kaybının önlenmesi ve termoregülasyondaki rolü gibi birçok hayati fonksiyonu yerine getirir (Kanitakis, 2002). Cilt üç katmandan oluşur: epidermis, dermis ve subkütan doku (Kanitakis, 2002). En dıştaki seviye epidermis, keratinosit olarak bilinen, koruyucu bir rolü olan uzun, iplik benzeri bir protein olan keratin sentezleyen belirli bir hücre kümelenmesi içerir. Orta tabaka, dermis, temelde kollajen olarak bilinen fibriler yapısal proteinden oluşur. Dermis liposit olarak bilinen küçük yağ hücreleri içeren subkutanöz doku veya pannikül üzerinde bulunur. Bu katmanların kalınlığı, vücudun anatomisindeki bölgeye bağlı olarak önemli derecede değişir. Örneğin, göz kapağı, epidermisin en ince tabakasına sahiptir, kalınlığı 0,1 mm'den daha azdır. Bununla birlikte avuç içi ve ayak tabanlarındaki epidermis kalınlığı yaklaşık 1,5 mm'dir. Dermis, üstteki epidermisten 30-40 kat daha kalındır. (James, vd., 2006).

3.3.2. Termoregülasyon

Dış etkenlerden koruma işlevinden ayrı olarak cildin başlıca işlevlerinden biri termoregülasyondur. Vücut merkezinin sıcaklığı, ısı üretimi ve ısı kaybı arasındaki dengeye bağlıdır ve solunum sisteminden gelen küçük bir katkı dışında, ısı kaybına tamamen cilt aracılık etmektedir. Bu işleme iki mekanizma katkıda bulunur: ciltteki kan akışının kontrolü ve terleme. Bu mekanizmalar bir dereceye kadar birbirine bağlıdır: tek başına kan akışında meydana gelen değişiklikler ısı kaybını etkileyebilir. Bununla birlikte terleme için gerekli olan suyun sağlanması da kan akışı kontrolüyle sağlanabilir (Cranston, 1989).

Termoregülasyon için nasıl bir kontrol mekanizmasının olduğu hala tartışmalıdır. Bazı yazarlar cildin dış sıcaklığı ölçerek açık devre bir ısı kontrolü yaptığını savunurken; bazı yazarlar cildin de vücudun bir organı olduğu ve vücudun, birden çok sıcaklık verisinin kapalı devre bir kontrolle sıcaklığı sabitlediğini söyler. Buradaki açık devre birçok yazar tarafından “ileri besleme (feed-forward)” olarak tanımlanmıştır. Kapalı devre kontrolü ise “geri besleme (feed-back)” olarak tanımlanmıştır. Bir makalede iki kontrol arasındaki fark oda sıcaklığı kontrolü örneğiyle açıklanmıştır. Evinizin ısıtma sistemi oda içindeki termostata göre çalışabilir, oda sıcaklığı termostatta ayarlanan değerin altına indiğinde ısıtma sistemi devreye girer. Bu yöntem kapalı devre ya da geri besleme olarak adlandırılır. Evinizin ısıtma sistemi sadece dış sıcaklığa göre çalışıyor olabilir. Dış sıcaklık düştüğünde ısıtma sistemi devreye girer ve evi ısıtır. Bu yöntem açık devre ya da ileri besleme olarak adlandırılmıştır (Romanovsky, 2014).

Termoregülasyon sırasında cildin tüylü yüzeyleri ısının uzaklaştırılmasına daha çok katkıda bulunur. Normal koşullarda tüylü yüzeylerde terleme sağlanır. Avuç içi ve ayak tabanı gibi tüysüz yüzeyler ise sıcaklığın hissedilmesinde daha çok rol oynar.

3.3.3. Cildin sıcaklığı algılaması

Cilt katmanlar arasında bulunan sinir hücreleriyle sıcaklığı algılar. Sıcaklık değişimlerini termoreseptör tarafından algılanır. Termoreseptörler, deri, karaciğer ve iskelet kaslarında ve hipotalamusta bulunan serbest sinir uçlarıdır. Soğuk reseptörlerin, diğer termoreseptörlerden 3,5 kat daha fazla olduğu bilinir. Termoreseptörler çok hızlı tepki verirler.

3.3.4. İnsan dokusuna ait ısı özellikler

Bu çalışmada kullanılmak üzere insan dokusunun ısı iletim katsayısı ve özgül ısı bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca insan dokusunun özgül ağırlığı da yine hesaplamalarda kullanılacaktır. İnsan dokusunun homojen olarak tek tip ısı özelliklere sahip olduğu söylenemez. İnsanın derisi ile iç dokuları arasında büyük ısı özellik farkları olduğu gibi; derisinin bile vücut üzerinde bulunduğu konuma göre farklı özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Örneğin epidermis tabakasının çok ince olduğu kısımlarda ısı iletim katsayısı büyükken, ayak tabanı gibi insan vücudunda en kalın epidermis tabakasının bulunduğu kısımlarda ısı iletim katsayısı göreceli olarak çok daha küçük bir sayısal değere sahiptir. İnsan dokusuyla yapılan ısı ölçümler sınırlı olduğundan bu çalışma için ısı iletim katsayısı değeri insan derisi olarak alınmıştır. Ayrıca özgül ısı ve özgül ağırlık insan bedeninin tamamına ait yapılan ölçümlerin sonucu dikkate alınmıştır. Buna göre Çizelge 3.2'deki (Cohen,1977; M,Lipkin, J.D.Hardy 1954, F.Sandon) değerler referans alınmıştır.

Çizelge 3.2 İnsan dokusuna ait ısı özellikler

k_i	ρ_i	c_i
W/m.K	kg/m ³	J/kg.K
0,209	980	3390

Çizelge 3.2.'deki değerlere göre insan dokusuna ait ısı atalet şöyle hesaplanabilir:

$$I_i = \sqrt{k_i \cdot c_i \cdot \rho_i} \quad (3.15)$$

$$I_i = 833 (1/(K \cdot s^2)) \cdot \sqrt{kg/s} \quad (3.16)$$

3.4. Isıl Konfor

Isıl konfor ısı ortamdan memnuniyeti ifade eden öznel bir değerlendirmedir. Çizelge 1.1’de belirtildiği gibi 37 °C iç doku sıcaklığı insanın ısı olarak konforlu hissettiği durumdur. Bu sıcaklıktan daha düşük ve daha yüksek sıcaklıklarda konfor ortadan kaybolur.

3.4.1. Isıl konfor tarihi

Isıl konfor endüstri devrimine kadar uygulanabilir bir olgu değildi. Öncesinde insanlar sıcaklık arttığında el yelpazesi kullanıyordu. Sıcaklık düştüğünde ise sobanın daha fazla yanmasını sağlıyor ya da daha kalın kıyafetler giyiyordu. Yine de yapım tarihi 2000 yıl öncesi ve daha eskiye dayanan bazı mimari eserlerde sıcaklığın düzenlenmesini sağlayacak havalandırma kanalları görülmektedir.

Isıtma teknikleri 18. Yüzyılda, soğutma teknikleri de 20. Yüzyılın başında gelişme kaydetmiştir. Bu ilerlemeler sayesinde ısı konfor olgusu daha fazla önem kazanmıştır. Ayrıca eskiden ısı konforun sadece sıcaklıkla ilgili olduğu sanılıyordu. Heberden 19. Yüzyılın başında nemin de ısı konfor konusunda önemli bir etki olduğunu ortaya koymuştur (Auliciems ve Szokolay, 1997). 1920lerin başında ASHVE laboratuvarlarında Houghten ve Yagloglou konfor bölgesi tanımını yapmıştır (Houghten ve Yagloglou, 1923). Bunlarla birlikte 2. Dünya savaşında askeri teknolojilerle birlikte ısı konfor alanında birçok mühendislik çalışması yapılmıştır.

3.4.2. İnsan vücudu için kritik sıcaklıklar

Çizelge 1.1’de kritik vücut sıcaklıkları belirtilmiştir. Deri sıcaklığı ve iç sıcaklık için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. Derin doku sıcaklığı, insan vücudunun iç sıcaklığını temsil etmektedir, 37°C olduğunda ideal konfor durumu sağlanmış olur. İç doku sıcaklığının 37°C olduğu durumda deri sıcaklığı 31-34°C arasında olmaktadır. Aradaki fark insan metabolizmasının etkinliklerinden kaynaklanmaktadır.

Sıcaklık arttığında önce vazodilatasyon gerçekleşir. Vazodilatasyon damarların genişlemesi demektir. Bu durumda kan akış hızı artar ama kan basıncı(tansiyon) düşer. Deriye giden kan akışı 2-3 kat artar, böylece vücut içindeki ısının dış ortama aktarılması artar. Derinin biraz daha pembeleştiği gözlemlenir. Sıcaklık daha fazla artarsa terleme başlar ve artar. Terleme sayesinde deri üzerinde su buharlaşması gerçekleşir ve vücut fazla ısını kaybeder. Vücutta bulunan toplam su miktarı terleme miktarını etkiler. Ayrıca terlemenin buharlaşmaya dönüşmemesini sağlayacak dış etmenler de olabilir, örneği dış ortam bağıl neminin çok yüksek olduğu durumda buharlaşma hızı düşer. Bu durumda terleme yeterli gelmeyebilir. Terlemenin

yeterli gelmediği durumda vücut hipertermi denen duruma geçer. Hipertermi durumunda merkezi sinir sistemi fonksiyonlarının bir kısmı ortadan kalkar, vücut fonksiyonlarında da bozukluklar görülür. Halk arasında “sıcak çarpması” denen durumdur. Derin doku sıcaklığı 42°C’ye geldiğinde vücut birçok yaşamsal işlemini sağlayamaz ve ölüm gerçekleşir.

Sıcaklık konfor sıcaklığı olan 37°C’den düşmeye başladığında önce vazokonstiksiyon gerçekleşir. Bu durum damarların daralmasıdır. Kan akışı azalır fakat kan basıncı (tansiyon) artar. Kan akışı azaldığı için vücut iç ısı korunmuş olur. Sıcaklık daha fazla düşerse ısı üretimi (thermogenesis) denen vücut tepkisi gerçekleşir. Isı üretimi için adrenalin ve nor-adrenalin salgılanması başta olmak üzere birçok fiziksel ve kimyasal vücut tepkisi görülür. Titreme de bu tepkilerden birisidir. Vücut sıcaklığı daha fazla düştüğünde hipotermi denilen durum ortaya çıkar. Vücut tepkileri ve kontrolü kısmen kaybolur. 37 °C sıcaklığı konfor sıcaklığı olarak belirtilirken 35 °C iç doku sıcaklığında hipotermi başlar. Yani iç doku sıcaklığı sıcaklık düşmesi durumuna çok hassastır. Hipotermi durumundan daha fazla soğuma yaşamsal döngülerin ortadan kalkmasına neden olur. 25°C iç doku sıcaklığında ölüm gerçekleşir.

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

4.1. Seramik Yüzeylerde Isıl Konforun Artırılması

Seramik yüzeylerde dokunma sırasında ısı konforun artırılması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. 2. Bölümde anlatıldığı gibi dokunma yüzeyinde ısı konforun artırılması için ısı ataletinin azaltılması gerekmektedir. Yani yoğunluğun, ısı iletim katsayısı veya özgül ısının azaltılması durumunda ısı atalet azalır ve dokunma sırasında konfor kaybı azalır.

Seramik karolarda boşluklu bir yapı oluşturularak ısı atalet azaltılabilir. Bu çalışmadan Giriş bölümünde bahsedilmiştir.

Seramik yüzeylerde ısı konforun artırılmasının başka bir yöntemi de seramik karoların ısı ataleti seramiğe göre daha düşük olan bir malzemeyle kaplanmasıdır. Bu durumda dokunma yüzeyindeki ısı atalet seramiğin ve kaplama malzemesinin bileşkesi olacaktır. Kaplanmış seramiğin bir bütün olarak düşünüldüğü durumda seramiğe göre daha düşük bir ısı ataletine sahip olacağı kesindir. Bu değer aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

4.1.1. Kaplanmış seramik karo

Seramik yer karolarında ısı konforun artırılması için daha önceki çalışmalarda seramik bünyesinde boşluklar oluşturulduğu giriş bölümünde belirtilmiştir. Aynı zamanda seramik bünyesine başka malzemeler ilave ederek seramik yer karosunun ısı özelliklerinin iyileştirildiği de bilinmektedir.

Bu çalışmada ionomer reçine ile kaplanmış seramik karonun ısı özellikleri incelenmiştir. Kullanılan kaplama malzemesi Dupont firmasının Surlyn® ticari markası ile bilinen özel bir ionomer reçinedir. Bu çalışmada 0,25 mm kalınlığında Surlyn® 1706 kullanılmıştır. Kaplamanın yapılma yöntemi ve buna dair tartışmalar başka bir çalışmanın konusudur, burada bahsedilmeyecektir.

Bu çalışmada bu kaplamanın ısı özellikleri nasıl değiştirdiği ve dokunma yüzeyindeki sıcaklığı ne kadar iyileştirildiği ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

Kaplama için kullanılan Dupont Surlyn® malzemesi şeffaflığı ve sertliği ile bilinen bir malzemedir. Bu nedenle özellikle ambalaj endüstrisinde çokça kullanılmaktadır. Surlyn® malzemenin yapılmış çok çeşitli parfüm şişeleri olduğu bilinmektedir. Ayrıca başka bir örnekte Surlyn® malzeme ile kaplanmış golf topu bulunmaktadır. Görülebileceği gibi parfüm şişelerinde kullanılabilecek kadar şeffaf; golf topuna gelen bütün darbelerle dayanım gösterecek kadar sağlam ve sert bir yapısı bulunmaktadır. Surlyn® malzemenin kendi kendini iyileştirme

özelliği (self-healing) de yine bir çalışmada bahsedilmiştir. Bu özellikler göz önüne alındığında seramik karo kaplama için çok uygun bir malzeme olduğu söylenebilir.

Seramik karoların Surlyn® malzemesi ile kaplanması sonucunda seramik karonun üzerindeki bütün desenler olduğu gibi görülebilecektir. Kullanıcı dışarıdan baktığında sıradan bir seramik döşeme karosu gibi görünmektedir. Yine malzemenin dayanım özellikleri sayesinde seramik karonun üzerine gelen bütün kuvvetleri karşılayabilecektir.

Günümüzde sıkça kullanılan ahşap desenli seramik karonun iyileştirilmiş ısı özellikleriyle birlikte kullanıcı üzerinde daha fazla olumlu psikolojik etkisi olacağı bir gerçektir.

Bu çalışma için ahşap desenli seramik yer karosu üzerine 0,25 mm Surlyn® 1706 malzeme kaplanarak numune hazırlanmıştır. Numunelerin hazırlanmasına ait fotoğraflar EK B’de gösterilmiştir.

Kaplanmış seramik karonun seramik tarafı geleneksel seramik malzeme özelliklerini taşımaktadır. Kaplama tarafının malzeme özellikleri ise aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.1 Surlyn® 1706 malzemesine ait fiziksel özellikler

k_p	ρ_p	c_p
W/m.K	kg/m ³	J/kg.K
0,33	940	2700

Kaplanmış karonun ısı özelliklerini hesaplarken, 9 mm kalınlığında seramik yer karosu ve 0,25 mm kalınlığında polimer kaplama hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2 Kaplanmış seramik karo malzeme kalınlıkları

Malzeme	Kalınlık (m)
seramik karo (L_s)	0,009
kaplama (L_p)	0,00025

Yer kaplamasının ısı özellikleri birim alan başına hesaplanabilir. Bu şekilde bulunan sonuçların hesaplamalarda kullanılması daha kolay olacaktır. Bu nedenle eşitliklerde yer alan alan ifadesi 1 m² olarak hesaplanacak ve sonuçlar buna göre ifade edilecektir.

4.1.2. Kaplanmış karo ısı iletim katsayısı

Isı iletim katsayısını hesaplamak için çift katmanlı malzeme ısı iletim eşitliği kullanılabilir:

$$R_{sp} = \left(\frac{L_p}{k_p \cdot A} \right) + \left(\frac{L_s}{k_s \cdot A} \right) \quad (4.1)$$

$$R_{sp} = \left(\frac{L_p + L_s}{k_{sp} \cdot A} \right) \quad (4.2)$$

$$k_{sp} = \left(\frac{L_p + L_s}{R_{sp} \cdot A} \right) \quad (4.3)$$

Çizelge 4.2'deki kalınlık değerleri yerine yazılırsa aşağıdaki sonuç el edilir.

$$R_{sp} = \left(\frac{0,25}{0,33 \cdot A} \right) + \left(\frac{9}{1,6 \cdot A} \right) \quad (4.4)$$

$$k_{sp} = \left(\frac{0,25+9}{R_{sp} \cdot A} \right) \quad (4.5)$$

$$k_{sp} = 1,449 \frac{W}{K.m} \quad (4.6)$$

4.1.3. Kaplanmış karo özgül ısısı

Özgül ısı, birim analizinde de görülebileceği gibi, maddenin bir birim kütlesinin sıcaklığını 1°C artıran enerji miktarıdır. Bu çalışmanın konusu olan kaplanmış karonun özgül ısısı hesaplanırken, birim alana sahip kaplanmış karoda kullanılan karo ve kaplama malzemesinin kütle oranları bulunacaktır. Daha sonra kaplanmış karonun bir birim kütlesinin sıcaklığını 1°C yükselten ısı miktarı hesaplanacaktır.

1 m² kaplanmış karonun kütlesinin hesaplanması:

Seramiğin kütlesinin hesaplanması:

$$V_s = x \cdot y \cdot z \quad (4.7)$$

$$m_s = V_s \cdot \rho_s \quad (4.8)$$

$$m_s = 9 \cdot 10^{-3} [m] \cdot 1[m] \cdot 1[m] \cdot 2700[kg/m^3] \quad (4.9)$$

$$m_s = 24,3 \text{ kg} \quad (4.10)$$

Kaplamanın kütlesinin hesaplanması:

$$m_p = V_p \cdot \rho_p \quad (4.11)$$

$$m_p = 0,25 \cdot 10^{-3} [m] \cdot 1[m] \cdot 1[m] \cdot 940[kg/m^3] \quad (4.12)$$

$$m_p = 0,235 \text{ kg} \quad (4.13)$$

1 m² kaplanmış karonun kütlesi:

$$m_{sp}=m_s+m_p \quad (4.14)$$

$$m_{sp}=24,535 \text{ kg} \quad (4.15)$$

1 m² kaplanmış karonun sıcaklığını 1 °C artıran ısıнын hesaplanması:

Seramiğin çektiği ısı:

$$Q_s = m_s \cdot c_s \cdot \Delta T \quad (4.16)$$

$$Q_s = 24,3[\text{kg}] \cdot 423,6[\text{J/kg.K}] \cdot 1 [\text{K}] \quad (4.17)$$

$$Q_s = 10293,5 \text{ J} \quad (4.18)$$

Kaplamanın çektiği ısı:

$$Q_p = m_p \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (4.19)$$

$$Q_p = 0,235 [\text{kg}] \cdot 2700[\text{J/kg.K}] \cdot 1[\text{K}] \quad (4.20)$$

$$Q_p = 445,4 \text{ J} \quad (4.21)$$

1 m² kaplanmış karonun çektiği toplam ısı:

$$Q_{sp} = Q_s + Q_p \quad (4.22)$$

$$Q_{sp} = 10928 \text{ J} \quad (4.23)$$

Kaplanmış karonun özgül ısıнын hesaplanması

$$Q_{sp} = m_{sp} \cdot c_{sp} \cdot \Delta T \quad (4.23)$$

$$c_{sp} = \frac{Q_{sp}}{m_{sp}} \quad (4.24)$$

4.23 ve 4.24 eşitliklerini kullanarak kaplanmış karonun özgül ısıısı hesaplanır:

$$c_{sp} = 445,4 \text{ J/kg.K} \quad (4.25)$$

4.1.4. Kaplanmış karonun özgül ağırlığının hesaplanması

Kaplanmış karonun 1 m² alan için ağırlığı hesaplanmıştı. Bu kütlenin 9mm seramik karo ve 0,25 mm polimer kaplama için hesaplandığına göre, bu ağırlığın 1 m² ve 9,25 mm kalınlığındaki örnek parçası için ağırlığı eşitlik 4.15'te 24,535 kg olarak bulunmuştu. Buna göre özgül ağırlık şöyle hesaplanabilir:

$$\rho_{sp} = \frac{m_{sp}}{V_{sp}} \quad (4.26)$$

$$V_{sp} = V_s + V_p \quad (4.27)$$

$$\rho_{sp} = 24,535 / (1 \cdot 0,00925) \quad (4.28)$$

$$\rho_{sp} = 2652 \text{ kg/m}^3 \quad (4.29)$$

4.1.5. Kaplanmış karonun ısı ataletinin hesaplanması

Kaplanmış karonun ısı ataleti şöyle hesaplanır:

$$I_{sp} = \sqrt{k_{sp} \cdot c_{sp} \cdot \rho_{sp}} \quad (4.30)$$

$$I_{sp} = 1308 (1/(K \cdot s^2)) \cdot \sqrt{\text{kg/s}} \quad (4.31)$$

4.1.6. Kaplanmış seramik yer karosunun dokunma ısı konforu

Önceki bölümlerde belirtilen kaplanmış seramik yer karosu ve insan dokusuna ait ısı değerler dikkate alınarak bir insanın ayağıyla kaplanmış karoya basması durumunda dokunma yüzeyindeki sıcaklık hesaplanacaktır. Hesaplama sırasında insanın iç doku sıcaklığı 37 °C; seramik yer karosunun sıcaklığı 20 °C olarak kabul edilecektir.

Eşitlik 3.13 kullanılarak yapılan hesaplama göre kaplanmış seramik yer karosuna ayakla basan birisinin hissettiği sıcaklık aşağıdaki gibidir:

$$T_{\text{yüzey,sp}} = \frac{I_i \times T_{a,\infty} + I_{sp} \times T_{sp}}{I_i + I_{sp}} \quad (4.32)$$

$$T_{\text{yüzey,sp}} = 26,61 \text{ °C} \quad (4.33)$$

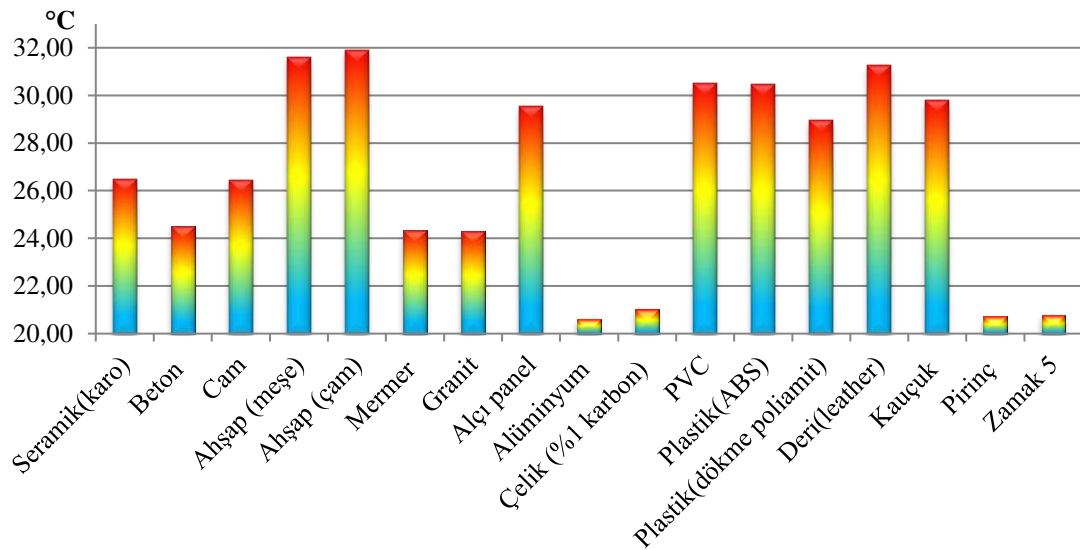
4.2. Karşılaştırma ve değerlendirme

Seramik karonun dokunma ısı konforunun artırılması için yapılan kaplamanın performansının belirlenmesi için kaplamasız karoyla ve Çizelge 3.1'de yer alan diğer malzemelerle karşılaştırılması yapılacaktır. Kaplamalı seramik karoda yer alan sıcaklık varsayımları aynen korunacaktır; buna göre iç doku sıcaklığı 37 °C, seramik yer karosunun sıcaklığı 20 °C olarak kabul edilecektir. Buna göre diğer malzemelerin dokunma yüzeylerindeki sıcaklık Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Farklı malzemelerin dokunma yüzeyi sıcaklıkları

Malzeme	I_i	T_i	I	T	$T_{yüzey}$
	$(1/(K \cdot s^2)) \cdot \sqrt{kg/s}$	K	$(1/(K \cdot s^2)) \cdot \sqrt{kg/s}$	K	°C
Seramik (karo)	833	310	1352	293	26,48
Beton	833	310	2300	293	24,52
Cam	833	310	1361	293	26,45
Ahşap (meşe)	833	310	388	293	31,6
Ahşap (çam)	833	310	356	293	31,91
Mermer	833	310	2442	293	24,32
Granit	833	310	2465	293	24,29
Alçı panel	833	310	653	293	29,53
Alüminyum	833	310	22282	293	20,61
Çelik (%1 karbon)	833	310	12836	293	21,04
PVC	833	310	515	293	30,51
Plastik (ABS)	833	310	523	293	30,44
Plastik (dökme poliamit)	833	310	749,7	293	28,95
Deri (leather)	833	310	424	293	31,27
Kauçuk	833	310	611	293	29,81
Pirinç	833	310	18617	293	20,73
Zamak 5	833	310	17478	293	20,77

Çizelge 4.4 Farklı malzemelerin dokunma yüzeyi sıcaklıkları



Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de görülebileceği gibi ısı ataleti büyük olan malzemelerden yapılan yüzeylere dokunulduğunda, temas yüzeyinde düşük sıcaklıklar hissedilmektedir. En yüksek dokunma konforu ise ahşap ve deri malzemelerde hesaplanmıştır. Buna göre yapılarda kullanılan ve taşıyıcı olarak görev yapan yüksek dayanımlı malzemelerin daha düşük dokunma konforuna sahip olduğu görülebilir. Ancak taşıyıcı elemanların üstünün kaplanmasıyla elde edilecek yüzeylerde dokunma konforu iyileştirilebilir. Isıl dokunma konforunun önemli olduğu yerlerde bu çalışmaya konu olan polimer kaplama seçeneği düşünülmelidir.

Kaplanmış seramik karonun dokunma yüzeyindeki sıcaklık ile kaplanmamış seramik karo karşılaştırıldığında aradaki farkın çok az olduğu görülmektedir.

Isıl dokunma konforu hakkında yapılan önceki çalışmalarda, tıpkı bu tez çalışmasında olduğu gibi ısı atalet olgusunun önemi vurgulanmıştır. Isıl ataletin malzemenin ısı iletim katsayısına, özgül ısıya ve yoğunluğuna bağlı bir değişken olduğu ve ısı dokunma konforunun sadece ısı ataletine bağlı olduğu yapılan hesaplamalarla gösterilmiştir.

Daha önceki yapılan çalışmalarda seramik karonun ısı konforunun artırılması için yapılanlar Giriş bölümünde anlatılmıştı. Seramik yapısında boşluklar oluşturularak ısı iletim katsayısı ve yoğunluğu düşürülmeye çalışılmıştı. Söz konusu Effting vd. çalışmasında, seramiğin ısı ataletinde %30’luk bir düşüş sağlandığı belirtilmiştir. Bu tezde çalışılan kaplamada ise kaplanmış seramik karo ısı ataleti ancak %4’lük bir düşüş sağlayabilmiştir. Efftin vd. yaptığı çalışmada bahsedilen karonun üretilebilirliğini sorgulamamıştır. Ayrıca yine seramik karo bünyesinde oluşturulan boşlukları yapısal dayanıma olumsuz etkisi de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmaya konu olan seramiğin polimer bir malzeme ile kaplanması konusunda hâlihazırda seri üretim yapabilen bir seri üretim hattı bulunmamaktadır. Ancak aynı ya da benzer polimer hammadde ile kaplama yapıldığı bilinmektedir. Yine söz konusu polimer hammadde üreticisinin, seri üretim olarak kaplama yapılması hakkında önerileri de mevcuttur. Seri üretim konusunda yatırım kararı alındığında hammadde üreticisinden bilgi alınabilir.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Seramik karolar günümüzde yapı elemanları için çok önemli bir kaplama malzemesidir. Dünyanın büyük bir kısmındaki yapılarda ıslak zeminler seramik yer karosu ile kaplanmaktadır. Birçok üstün özelliğine karşılık seramiğe dokunulduğunda soğuk hissettirir. Bu tez çalışmasında bu problem incelenmiştir.

Seramik yer karolarının ne kadar soğuk hissettirdiğinin bulunması için ısı analiz yapılmıştır. Kısa süreli dokunma sırasında hissedilen sıcaklığın hesaplanabilmesi için ısıl atalet olgusunun kullanılabileceği öne sürülmüştür. Buna göre birbirine dokunan iki cismin ısıl ataletleri arasındaki orantı dokunma yüzeyindeki sıcaklığı belirlemektedir.

Isıl konfor için malzeme seçimi yapıldığında genellikle ısı iletim katsayısı düşük olan malzemeler seçilmektedir. Bu çalışmada görüldüğü gibi ısı iletim katsayısı bu konfor için tek değişken değildir. Isıl ataleti oluşturan ısı iletim katsayısı, yoğunluk ve özgül ısı aynı oranda ısıl ataleti değiştirmektedir.

İnsan vücudunun sıcaklığa verdiği tepkiler incelenmiştir. İnsanın sıcaklığı nasıl hissettiği ve insan derisinin fizyolojik yapısı anlatılmıştır. İnsan için ısıl dokunma konforunun sınırları açıklanmıştır.

Problemin çözümü için seramik yer karosunun bir polimer malzemeyle kaplanması seçeneği incelenmiştir. Bu çalışmada 9 mm kalınlığındaki seramik karo, 0,25 mm kalınlığındaki Surlyn® 1706 malzemesiyle kaplanmıştır. Bu kaplama sonucunda seramik karonun ısıl ataleti yaklaşık % 4 oranında düşürülmüştür. Kaplama malzemesi şeffaftır, bu nedenle seramik yer karosunun görsel tasarımını etkilememiştir. Ayrıca kaplama haline geldiğinde çok sert olması ve üzerindeki çentiklerin kendiliğinden iyileşmesi (self healing) özellikleriyle seramik karonun kaplanması için en uygun malzemelerden birisi olduğu söylenebilir.

Seramik yer karosunun Surlyn® 1706 gibi bir polimerle kaplanması için özel bir ekipman gereklidir. Bu ekipman seri imalat şartlarına göre yeterince yüksek kapasitede çalışabilmelidir. Polimer belirli bir sıcaklığa getirilerek seramik karonu üzerine serilmeli ve aynı zamanda belirli bir süre baskı uygulanmalıdır. Bu ütüleme süresince sıcaklığın ve basıncın hassas kontrolü, ortaya çıkan son ürünün kalitesini etkileyecektir.

Bu durumda sıradan bir karonun üzerine ikincil bir işlem yapılarak katma değer sağlandığı söylenebilir. Ancak seramiğin söz konusu iyonmer reçine ile kaplanması için gereken özel ekipmanın yüksek yatırım maliyetlerine sahip olması bu ürünün ticarileşmesi önünde en büyük engeldir.

Yapılacak ayrıntılı pazar araştırmaları ile ısı dokunma konforu artırılmış seramik yer karosunun karlılığı ne kadar artırabileceği hesaplanmalı ve bu değere göre bir fizibilite çalışması yapılmalıdır.

Günümüzde birçok ürün, kullanıcı tarafından algılanan kalitesiyle doğru orantılı bir satış hacmi oluşturmaktadır. Bu çalışmada ortaya konan dokunma konforu hesabı ile tersine bir işlem de yürütülebilir. Bazı ürünlerde daha soğuk bir dokunma hissi tüketicide daha yüksek bir kalite algısı bırakabilir. Örneğin günümüzde otomotiv ve beyaz eşya sektöründe birçok parça metal yerine polimer malzemeden üretilmektedir. Bu parçalar bazı durumlarda krom ile kaplanarak tüketiciler tarafından metal olarak algılanması sağlanmaktadır. Kullanıcı bu tip durumlarda dokunduğu yüzeyi soğuk olarak hissettiğinde daha yüksek bir kalite algısı oluşmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Auliciems, A., ve Szokolay, S. V., (1997) Thermal Comfort, Passive and Low Energy Architecture International, Design Tools and Techniques.
- Chianta, M. A., Stoll, A. M., Piergallini J. R.,(1979) Thermal Conduction Effects In Human Skin: I.Experimental Data Acquisition, Aircraft and Crew Systems Technology Directorate Naval Air Development Center.
- Cranston W.I. (1989) Thermoregulation and the Skin. In: Greaves M.W., Shuster S. (eds) *Pharmacology of the Skin I. Handbook of Experimental Pharmacology, vol 87 / 1. Springer*, Berlin, Heidelberg.
- Efftinga, C., Güthsb, S., Alarcon, O. E., (2006) Influence Of Porosity On Thermal Properties Of Ceramic Floor Tiles, Qualicer 2006, s.409-420.
- Garcia, E., Pablos, A., Bengoechea, M.A., Guaita, L., Osendi, M.I., Miranzo, P., (2010) Thermal Conductivity Studies On Ceramic Floor Tiles, *Ceramics International* 37 (2011), s.369–375.
- Houghten, F.C., Yagloglou, C. P., (1923) *Determination of the comfort zone*, ASHVE Trans 29.
- <https://artistryinmosaics.com/wp-content/uploads/2017/08/GC82323T2-2-112113.jpg> (2019).
- <https://dictionary.cambridge.org/tr/s%C3%B6zl%C3%BCk/ingilizce/comfort> (2019).
- <https://www.dekorolog.com/dekorasyonda-mutfak-karo-seramiklerinin-yeri/> (2019).
- <https://i.ebayimg.com/images/g/L~QAAOSwCJxaKxy5/s-l300.jpg> (2019).
- <https://scienceprog.com/histological-skin-structure-diagram/> (2018).
- <http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/100.pdf> (2019).
- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Lavine, A. S., Bergman, T. L. (2010). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer (6th ed.)*. United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd.,
- ISO 13732-1:2006 (2006) Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 1: Hot surfaces.
- James, W. D., Berger, T. G., ve Elston D. M. (2006). *Andrews' Diseases of the Skin: Clinical Dermatology (10th ed., p.1)*. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Kanitakis, J., (2002) Anatomy, Histology And Immunohistochemistry of Normal Human Skin.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Pereira, F. R., Abreu, L. P., Silva, R. A. Á., Alarcon, O. E., Roman, H. R., Labrincha J. A., (2010) Development of Ceramic Coating With Thermal Comfort On Contact, Qualicer 2010.

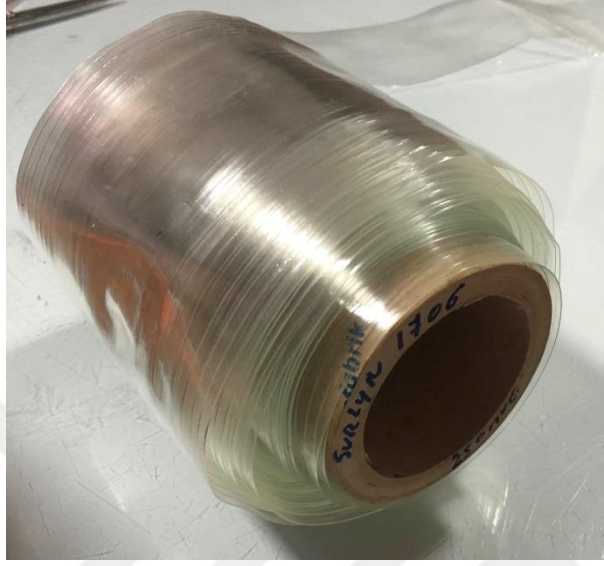
Romanovsky, AA., (2014) Skin Temperature: Its Role in Thermoregulation, *Acta Physiologica*, John Wiley and Sons Ltd., 2014 Mar; 210(3), s.498–507.

Ungar, E., Stroud, K.,(2010) A New Approach to Defining Human Touch Temperature Standards, <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100020960.pdf>

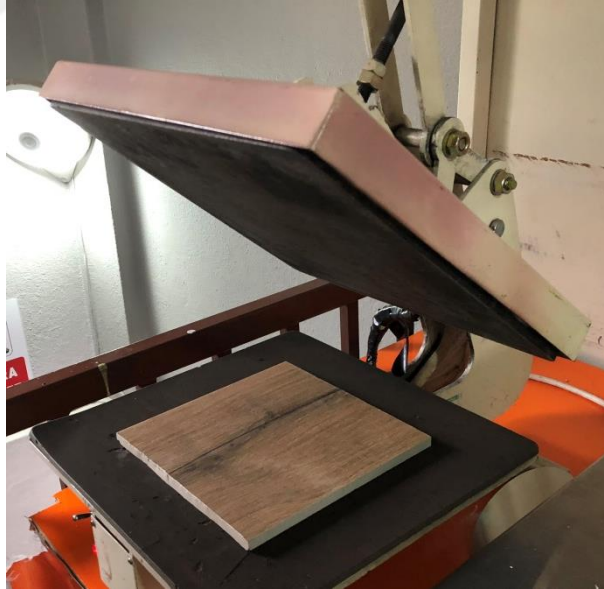


EKLER

EK A: Kaplanmış seramik karo numunelerinin hazırlanması.



1. Surlyn® 1706 malzeme



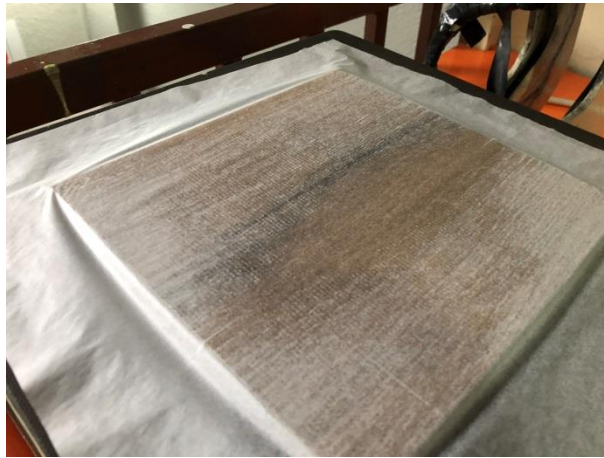
2. Sıcak baskı makinesine seramik numunenin yerleştirilmesi



3. Numune üzerine polimer malzemenin (Surlyn® 1706) yerleştirilmesi



4. Sıcak baskı sırasında polimerin degrade olmaması için yağlı kağıt yerleştirilmesi



5. Baskı sonrası numunenin görünümü



6. Baskı sonrası yağlı kağıdın kaldırılması



7. Kaplanmış ve kaplanmamış numunenin görüntüsü

EK B: Kaplama malzemesinin teknik verileri:

Description			
Product Description	DuPont™ Surlyn® 1706 is an ionomer of ethylene acid copolymer.		
	The resin can be processed in conventional blown film, cast film, sheet extrusion and coextrusion equipment designed to process polyethylene and ethylene copolymer type resins.		
Restrictions			
Material Status	Commercial: Active		
Typical Characteristics			
Composition	Zinc Ionomer		
Typical Properties			
Physical	Nominal Values		Test Method(s)
*Density ()	0.95 g/cm³	ASTM D792	ISO 1183
*Melt Flow Rate (190°C/2.16kg)	0.7 g/10 min	ASTM D1238	ISO 1133
Thermal	Nominal Values		Test Method(s)
*Melting Point (DSC)	90 °C (194 °F)	ASTM D3417	ISO 3146
Freezing Point (DSC)	54 °C (129.2 °F)	ASTM D3417	ISO 3146
Vicat Softening Point ()	65 °C (149 °F)	ASTM D1525	ISO 306
Processing Information			
*Maximum Processing Temperature	285 °C (545 °F)		
General Processing Information	Surlyn® 1706 is normally processed at melt temperatures ranging from 160°-260°C (320°-500°F) in blown and flat die equipment. Typical extruder profiles are shown below. Actual processing temperatures will usually be determined by either the specific equipment or substrate or one of the other polymers in a coextrusion. Materials of construction used in the processing of this resin should be corrosion resistant. Stainless steels of the types 316, 15-5PH, and 17-4PH are excellent, as is quality chrome or nickel plating, and in particular duplex chrome plating. Type 410 stainless steel is satisfactory, but needs to be tempered at a minimum temperature of 600°C (1112°F) to avoid hydrogen-assisted stress corrosion cracking. Alloy steels such as 4140 are borderline in performance. Carbon steels are not satisfactory. While stainless steels can provide adequate corrosion protection, in some cases severe purging difficulties have been encountered. Nickel plating has been satisfactory, but experiments have shown that chrome surfaces have the least adhesion to acid based polymers. In recent years, the quality of chrome plating has been deteriorating due to environmental pressures, and the corrosion protection has not always been adequate. Chrome over top of stainless steel seems to provide the best combination for corrosion protection and ease of purging. If surface properties of the extruded resin require modification (such as, lower C.o.F. for packaging machine processing), refer to the Conpol™ Processing Additive Resins product information guide.		

	After processing Surlyn®, purge the material out using a polyethylene resin, preferably with a lower melt flow rate than the Surlyn resin in use. The "Disco Purge Method" is suggested as the preferred purging method, as this method usually results in a more effective purging process. Information on the Disco Purge Method can be obtained via your DuPont Sales Representative. Never shut down the extrusion system with Surlyn® in the extruder and die. Properly purge out the Surlyn® with a polyethylene, and shut down the line with polyethylene or polypropylene in the system.
Blown Film Processing	Nominal Values
Processing Information	A suggested initial extruder temperature set profile.
Feed Zone	135 °C (275 °F)
Second Zone	160 °C (320 °F)
Third Zone	185 °C (365 °F)
Fourth Zone	185 °C (365 °F)
Fifth Zone	185 °C (365 °F)
Adapter Zone	185 °C (365 °F)
Die Zone	185 °C (365 °F)
Cast Film / Sheet Processing	Nominal Values
Processing Information	A suggested initial extruder temperature set profile.
Feed Zone	160 °C (320 °F)
Second Zone	210 °C (410 °F)
Third Zone	235 °C (455 °F)
Fourth Zone	235 °C (455 °F)
Fifth Zone	235 °C (455 °F)
Adapter Zone	235 °C (455 °F)
Die Zone	235 °C (455 °F)
FDA Status Information	SURLYN® 1706 complies with Food and Drug Administration Regulation 21 CFR 177.1330(a) - - Ionomeric resins, subject to the limitations and requirements therein. This Regulation describes polymers that may be used in contact with food, subject to the finished food-contact article meeting the extractive limitations under the intended conditions of use, as shown in paragraph (c) of the Regulation. The information and certifications provided herein are based on data we believe to be reliable, to the best of our knowledge. The information and certifications apply only to the specific material designated herein as sold by DuPont and do not apply to use in any process or in combination with any other material. They are provided at the request of and without charge to our customers. Accordingly, DuPont cannot guarantee or warrant such certifications or information and assumes no liability for their use.
Regulatory Information	For information on regulatory compliance outside of the U.S.A., consult your local DuPont representative.
Safety & Handling	For information on appropriate Handling & Storage of this polymeric resin, please refer to the material Safety Data Sheet. A Product Safety Bulletin, material Safety Data Sheet, and/or more detailed information on extrusion processing and/or compounding of this polymeric resin for specific applications are available from your DuPont Performance Materials representative.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Kemaneci, Halil İbrahim
Doğum tarihi ve yeri : 10.06.1985 Eskişehir
e-posta : kemaneci@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Orta Doğu Teknik Üniversitesi	27.06.2010
Lise	Eskişehir Cumhuriyet Lisesi	15.06.2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2010	TAI, Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.	Proje Mühendisi
2011-2015	LAV	Teknopark Mühendisi
2015-	Eczacıbaşı Yapı Gereçleri	Arge Uzman Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce : ileri seviye

Yayınlar