

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**PORSELEN SOFRA EŞYASI ÜRETİMİNDE KARŞILAŞILAN
DEFORMASYONLAR VE GİDERİLME ÖNERİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gizem ÖZKAN

Enstitü Ana Sanat Dalı: Seramik ve Cam

Tez Danışmanı: Doç. Buket ACARTÜRK AKYURTLAKLI

AĞUSTOS– 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

PORSELEN SOFRA EŞYASI ÜRETİMİNDE KARŞILAŞILAN
DEFORMASYONLAR VE GİDERİLME ÖNERİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gizem ÖZKAN

Enstitü Ana Sanat Dalı: Seramik ve Cam

“Bu tez 19/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.”

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ	İMZA
Doç. Buket Acartürk	Başarılı	Buket
Doç. Kadir SEVİM	Başarılı	K. Sevim
Doç. Öğr. Üyesi Dile Öner	Başarılı	D. Öner



SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEZ SAVUNULABİLİRLİK VE ORJİNALLİK BEYAN FORMU

Sayfa : 1/1

Öğrencinin

Adı Soyadı	:	Gizem Özkan
Öğrenci Numarası	:	y166031003
Enstitü Anabilim Dalı	:	Seramik ve Cam Anasanat Dalı
Enstitü Bilim Dalı	:	Seramik ve Cam
Programı	:	☒ YÜKSEK LİSANS ☐ DOKTORA
Tezin Başlığı	:	Porselen Sofra Eşyası Üretiminde Karşılaşılan Deformasyonlar ve Giderilme Önerileri
Benzerlik Oranı	:	% 8

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

☒ Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

Gizem Özkan
17.09/2019
Öğrenci İmza

☒ Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez çalışması ile ilgili gerekli düzenleme tarafımda yapılmış olup, yeniden değerlendirilmek üzere sbtezler@sakarya.edu.tr adresine yüklenmiştir.

Bilgilerinize arz ederim.

Gizem Özkan
17.09/2019
Öğrenci İmza

Uygundur

Danışman
Unvanı / Adı-Soyadı: Doç.Buket Acartürk Akyurtlaklı

Tarih: 17.09.2019

İmza: *Buket*

☐KABUL EDİLMİŞTİR

☐REDDEDİLMİŞTİR

EYK Tarih ve No:

Enstitü Birim Sorumlusu Onayı

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans eğitimime başlamama vesile olan ve tez kapsamı boyunca desteklerini esirgemeyen saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Doç. Buket Acartürk Akyurtlaklı'ya, tez süresi boyunca endüstriyel seramik tasarımı bilgi ve birikimiyle yol gösteren hocam Dr. Öğr. Üyesi Dicle Öney'e, jürim olmayı kabul ederek tezime katkı sağlayan hocam Doç. Kadir Sevim'e, yüksek lisans ders sürecinde vermiş oldukları katkılardan dolayı Sakarya Üniversitesi Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesindeki hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Burak Delier'e, Dr. Öğr. Üyesi Pınar Güzelgün Hangün'e ve Dr. Öğr. Üyesi Bilgen Aydın Sevim'e teşekkürlerimi bir borç belirim.

Tez tasarımlarının uygulanması ve geliştirilmesi için bütün fabrika olanaklarını sağlayan ve çalışırken yüksek lisans yapmama imkan tanıyan Porland Porselen A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Süleyman Pamukçuya,

Fabrika içerisinde ve yüksek lisans sürecimde bütün desteğini sağlayan Model Tasarım Müdürü Hayri Vardar'a,

Üretim aşamalarında vermiş olduğu desteklerden dolayı Üretim Grup Müdürü Sonay Kelebek Doğanç'a, tecrübesiyle tezime katlı sağlayan Fatma Mant'a, Model Tasarım Geliştirme departmanına ve emeği geçen tüm Porland Porselenin çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim sürecinde desteklerini hiç esirgemeyen hayatımın her alanında beni yalnız bırakmayan her zaman yanımda olan aileme; Annem Aynur Özkan'a, Babam Murat Özkan'a ve kardeşim Mert Özkan'a bu süreçte benimle aynı heyecanı paylaştıkları için teşekkürlerimi sunarım.

Gizem ÖZKAN

19.08.2019

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
GÖRSEL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi

GİRİŞ	1
BÖLÜM 1: PORSELEN ÜRETİMİ	4
1.1. Porselenin Tarihçesi	4
1.2. Porselenin Tanımı	5
1.2.1. Sert Porselen Özellikleri	5
1.2.2. Yumuşak Porselen Özellikleri	6
1.3. Porselen Şekillendirme Sistemi	8
1.3.1. İzostatik Toz Presleme Sistemi	10
1.3.2. Plastik (Şablon Kalıpla) Şekillendirme Sistemi	16
1.3.3. Dökümle Şekillendirme Sistemi	20
1.3.3.1. Boş/ Dolu Döküm Şekillendirme	22
1.3.3.2. Basıncılı Döküm Şekillendirme Sistemi	28
1.3.4. Ram Pres Şekillendirme Sistemi	31

BÖLÜM 2: PORSELEN SOFRA EŞYASI ÜRETİMİNDE KARŞILAŞILAN

DEFORMASYONLAR	32
2.1. Porselen Üretiminde Deformasyonların Nedenleri	32
2.1.1. Tasarım Faktörü	32
2.1.2. Hammadde Seçimi ve Reçetenin Deformasyona Etkisi	33
2.2. Üretim Sistemlerine Göre Deformasyon Çeşitleri	35
2.2.1. İzostatik Toz Presleme Sisteminde Karşılaşılan Deformasyonlar	35
2.2.1.1. Kalıp Tasarımı	35
2.2.1.2. Üretim Şartları	49
2.2.2. Döküm Sisteminde Karşılaşılan Deformasyonlar	50

2.2.2.1. Model Yapımı.....	50
2.2.2.2. Alçı Kalıp Yapımı	54
2.2.2.3. Döküm Aşamasında Oluşan Deformasyonlar	57
2.2.2.4. Döküm Çamurunun Etkisi	63
2.2.2.5. Dökümhane Ortamının Uygunluğu	63
2.2.2.6. İnsan Faktörü	64
2.2.3. Plastik (Şablon Kalıpla) Şekillendirme Sisteminde Karşılaşılan Deformasyonlar	64
2.2.3.1. Alçı/Su Oranları.....	64
2.2.4.2. Alçı Kalıp (Şablon Kalıp).....	66
2.2.4.3. Çamur Reçetesinin Etkisi	68
2.2.4.4. Şekillendirme Aşaması	69
2.2.4.5. Kalıptan Çıkarma Zorluğu.....	70
2.2.4.6. Rötüşlama İşleminin Deformasyona Etkisi	70
2.3. Kurutmanın Deformasyona Etkisi.....	71
2.4. Küçülmenin Deformasyona Etkisi	75
2.5. Pişirmenin Deformasyona Etkisi	76
2.5.1. Bisküvi Pişirimi.....	77
2.5.2. Sır Pişirimi	77

BÖLÜM 3: UYGULAMALAR: BELİRLENEN ÜRÜNLERDE

DEFORMASYONLARIN TESPİTİ VE GİDERİLMESİ	79
3.1. İzostatik Toz Preslemede Deformasyonların Tespiti ve Giderilmesi	80
3.1.1. Dikdörtgen Biçimli Düz Tabak.....	80
3.1.2. Dairesel Biçimli Düz Tabak.....	84
3.1.3. Dikdörtgen Biçimli Çukur Tabak	89
3.1.4. Kâse.....	93
3.2. Plastik(Şablon Kalıp) Sisteminde Deformasyonların Tespiti ve Giderilmesi	96
3.2.1. Kahve Fincanı	96
3.2.2. Saklama Kabı	99
3.3. Dökümle Şekillendirme Sisteminde Deformasyonların Tespiti ve Giderilmesi....	103
3.3.1. Demlik /Demlik Kapağı.....	103
3.3.2. Sosluk.....	111

3.4. Basınçlı Döküm Sisteminde Karşılaşılan Deformasyonların Tespiti ve Giderilmesi.....	115
3.4.1. Fırın Kabı	115
SONUÇ	121
KAYNAKÇA	123
ÖZGEÇMİŞ.....	126



KISALTMALAR

AR-GE : Araştırma ve Geliştirme

CAD : Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)

CAM : Bilgisayar Destekli Üretim (Computer Aided Manufacturing)

CNC : Bilgisayar programı aracılığıyla uygulanan modeli işleyen makine.
(Computer Numerical Control)

ISO : Uluslararası alanda kalite sistemi standardı (International Organization for Standardization)

BKZ : Bakınız.



GÖRSEL LİSTESİ

Görsel 1	: 3D Tasarlanan Pres Kalıp Parçaları	11
Görsel 2	: Preslemede Kullanılan Membran Parçası	13
Görsel 3	: İzostatik Toz Presleme Kalıpları.....	13
Görsel 4	: İzostatik Toz Preslemede Basılan Tabaklar	14
Görsel 5	: İzostatik Toz Presleme Rötuşlama Aşamaları	15
Görsel 6	: Plastik Şekillendirme Sisteminde Metal Şablon	18
Görsel 7	: Plastik Şekillendirme Sistemi, Fincan Üretimi	18
Görsel 8	: Plastik Şekillendirme Sistemi Üretim Aşamaları	19
Görsel 9	: Kulp Döküm Aşaması.....	19
Görsel 10	: Kulp Montaj Aşaması	20
Görsel 11	: Model Parçaları	23
Görsel 12	: Model Parçalarının Kalıplanması	24
Görsel 13	: Döküm Aşaması.....	24
Görsel 14	: Dökümle Şekillendirme	25
Görsel 15	: Boş Döküm Kâse Üretimi.....	26
Görsel 16	: Dolu Döküm Sistemi.....	27
Görsel 17	: Peçetelik Alçı Kalıbı	29
Görsel 18	: Peçetelik Araldit Teksir Kalıbı	29
Görsel 19	: Basınçlı Döküm Kalıbı Hazırlama Aşaması	29
Görsel 20	: Peçetelik Basınçlı Döküm Kalıbı.....	30
Görsel 21	: Basınçlı Döküm Sisteminde, Döküm Aşaması	30
Görsel 22	: Ram Pres	31
Görsel 23	: 3D Tasarlanan Kahve Fincanı.....	32
Görsel 24	: Kalıp Tasarımında Ön Gerilim (Taban Bombesi)	36
Görsel 25	: Kalıp Tasarımı Üzerinde Ön gerilim Hareketi.....	37
Görsel 26	: Deformasyon payının hesaplanması	38
Görsel 27	: Ön Gerilim Uygulanan Yarı Mamul	40
Görsel 28	: Porselen Ürün Kesiti	40
Görsel 29	: Kalıp Tasarımında Kontra Ayak	41
Görsel 30	: Kalıp Tasarımı Üzerinde Çizim Kontra Ayak	42
Görsel 31	: İzostatik Toz Presleme Sisteminde Ürün Eğilmesi.....	44

Görsel 32 : Triyaj Boyasıyla Çatlak Kontrolü	47
Görsel 33 : ürün çatlağı.....	47
Görsel 34 : Basınçlı Döküm Sisteminde Ürün Çatlağı	49
Görsel 35 : Model Kulp Yapımında Deformasyon Önleme Çalışmaları	53
Görsel 36 : Kesme Şablonu Örneği	57
Görsel 37 : Döküm Aşamasında Deformasyon Önlemek İçin Kullanılan Kesme Şablonu.....	59
Görsel 38 : Mamulün Vakum Yapması Sonucunda Çökmesi	60
Görsel 39 : Basınçlı Döküm Rötüşlama	62
Görsel 40 : Vantuz Yardımıyla Mamulün Bırakılması.....	62
Görsel 41 : Deformasyon Çubuğu	69
Görsel 42 : Plastik şekillendirme sisteminde kulp eğilmesi	69
Görsel 43 : Rötüşlama Aşaması.....	71
Görsel 44 : Plastik Şekillendirmede Rötüşlama İşlemi	71
Görsel 45 : Tezgâh’da Kurutulan Demlik Mamulleri.....	73
Görsel 46 : Fincan Bomsesinde Kurutma.....	75
Görsel 47 : Yarı Mamulleri İstiflenme Yöntemi	77
Görsel 48 : Sır Fırını	78
Görsel 49 : Deformasyonlu Düz Tabak	80
Görsel 50 : Deformasyonlu Düz Tabak, Yan Görünüş.....	81
Görsel 51 : Düz tabak Revizyon Çizimi	81
Görsel 52 : Deformasyon Tespiti Yapılan Bölgenin Revizyon Çizimi	82
Görsel 53 : Deformasyon Tespiti Yapılan Bölgenin Revizyon Çizimi	82
Görsel 54 : Deformasyon Giderilme Çalışması Yapılan Mamul	83
Görsel 55 : Deformasyonları Giderilen Tabak, Üst Görünüş.....	83
Görsel 56 : Deformasyonlu Dairesel Biçimli Düz Tabak Kesiti	85
Görsel 57 : Deformasyonlu Dairesel Biçimli Düz Tabak.....	85
Görsel 58 : Dairesel Biçimli Düz Tabak Revizyon Kalıp Çizimi	86
Görsel 59 : Deformasyon Giderilme Çalışması Yapılan Mamul	87
Görsel 60 : Deformasyonlu Çukur Tabak.....	89
Görsel 61 : Çukur Tabak Revizyon Çizimi	90
Görsel 62 : Çukur Tabak Formunun İkinci Denemesi.....	91
Görsel 63 : Çukur Tabak Rötüşlama Aşaması.....	91

Görsel 64	: Deformasyonlu Kase.....	93
Görsel 65	: Mamulün Rezvizyon Sonrası Denemeleri	94
Görsel 66	: Deformasyonlu Kahve Fincanı	96
Görsel 67	: Kahve Fincanı İkici Denemesi, Yarı Mamul	97
Görsel 68	: Deformasyonlu Ürün	99
Görsel 69	: Tasarım ve Teknik Çizimi	100
Görsel 70	: Deneme Üretimi Aşamaları	101
Görsel 71	: Demlik Modeli	103
Görsel 72	: Kulpta Görülen Deformasyon.....	104
Görsel 73	: Kulp Teknik Çizimi	104
Görsel 74	: Demlik Kulp ve Emzik Deformasyonu İyileştirme Çalışması	105
Görsel 75	: Demlik Kalıbı.....	105
Görsel 76	: Boş Döküm Aşaması.....	106
Görsel 77	: Serbest Elle Kesilme Aşaması	107
Görsel 78	: Kestamit Parçayla Kesilme Aşaması	107
Görsel 79	: Kalıbın Açılması ve Mamulün Bekletilmesi.....	108
Görsel 80	: Kapak Dökümü	108
Görsel 81	: Dökümü Yapılan Demliğin Kurutulması.....	109
Görsel 82	: Demlik Bisküvi Pişirimi	109
Görsel 83	: Deformasyonlu Ürün	111
Görsel 84	: Model Üzerinde Tadilat Aşaması	112
Görsel 85	: Mamul deneme Döküm Aşaması.....	112
Görsel 86	: Revizyonlu Ürün.....	113
Görsel 87	: Deformasyonlu Ürün	115
Görsel 88	: Model Aşaması	116
Görsel 89	: Deneme alçı kalıbı	116
Görsel 90	: Basınçlı Döküm Hazırlama Aşaması	117
Görsel 91	:Deformasyona Uğrayan Mamul.....	118
Görsel 92	: Mamul Deneme Aşaması.....	118
Görsel 93	: Mamulun Et Kalınlığı Kontrolü.....	119
Görsel 94	: Deneme Üretimi Yapılan Mamul.....	119

TABLO LİSTESİ

Tablo 1	: Üretimde Kullanılan Birincil Hammaddeler.....	33
Tablo 2	: Alfa ve Beta Alçı Çeşitleri.....	65
Tablo 3	: Alçı/su Oranına Göre Karışım Sertliği	66
Tablo 4	: Porselen Üretim Sistemlerinde Uygulanan Ürünler	79
Tablo 5	: Dikdörtgen Biçimli Düz Tabak Deformasyon Karşılaştırma Tablosu	84
Tablo 6	: Dairesel Biçimli Düz Tabak Deformasyon Karşılaştırma Tablosu	88
Tablo 7	: Dikdörtgen Biçimli Çukur Tabak Deformasyon Karşılaştırma Tablosu ...	92
Tablo 8	: Kâse Formunun Deformasyon Karşılaştırma Tablosu.....	95
Tablo 9	: Kahve Fincanı Deformasyon Karşılaştırma Tablosu.....	98
Tablo 10	: Saklama Kabı Deformasyon Karşılaştırma Tablosu.....	102
Tablo 11	: Demlik Deformasyon Karşılaştırma Tablosu	110
Tablo 12	: Sosluk Deformasyon Karşılaştırma Tablosu	114
Tablo 13	: Fırın Kabı Deformasyon Karşılaştırma Tablosu.....	120

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1	: Porselen üretimi	9
Şekil 2	: İzostatik Toz Presleme Kalıp Sistemi	12
Şekil 3	: Presleme Kalıplarının Basılması.....	14
Şekil 4	: Metal Şablon Teknik Çizimi	16
Şekil 5	: İçten ve Dıştan Şekillendirme	17
Şekil 6	: Teknik Çizim	22
Şekil 7	: Çizim Üzerinde Ön Gerilimin.....	38
Şekil 8	: 3D Kalıp Tasarımında Ön Gerilimin Oluşturulması.....	39
Şekil 9	: Dairesel Tabak Yanak Eğilmesi, 1/1teknik Çizim.....	43
Şekil 10	: Dikdörtgen tabak ürün eğilmesi.....	43
Şekil 11	: Tabaklarda ve Silindirik Yüzeylerde Yüzey Deformasyonu	45
Şekil 12	: Mamullerde Görülen Ayak Çatlağı Bölgesi	48
Şekil 13	: Modellerde Taban Çökmesini Önlemek.	52
Şekil 14	: Dip Takoza Yanlış	55
Şekil 15	: Dip Takoza Doğru	56
Şekil 16	: Dolu Döküm Sisteminde Takviye Ayağın Yapılma Sırası.....	61
Şekil 17	: Kuruma ve Pişme Küçülmelerinden Toplam Çekmenin Hesaplanması....	75

Sakarya Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Özeti

Yüksek Lisans	☒	Doktora	☐
Tezin Başlığı: Porselen Sofra Eşyası Üretiminde Karşılaşılan Deformasyonlar ve Giderilme Önerileri			
Tezin Yazarı: Gizem ÖZKAN		Danışman: Doç. Buket ACARTÜRK AKYURTLAKLI	
Kabul Tarihi: 19.08.2019		Sayfa Sayısı: xi (ön kısım) + 126 (tez)	
Ana Sanat Dalı: Seramik ve Cam		Sanat Dalı: Seramik ve Cam	
Porselen sofa eşyaları, sert, gözeneksiz ve yarı-saydam bünye yapılarıyla seramik endüstrisinin bir parçasıdır. Porselen sektöründe kaliteli ürün çeşitliliğinin artmasını sağlamak ve maliyetleri düşürmek ekonomik yönden öncelikli ve önemlidir. Porselen sofa eşyası üretiminin her aşamasında bir den çok sebebe bağlı olarak farklı türde deformasyonlar görülmektedir. Bu deformasyonların nedenlerini bilerek üretim sürecini planlamak veya giderilme çalışmalarını gerçekleştirmek, ürün kalitesinin ve üretim kapasitesinin artmasını böylelikle maliyetlerin düşürülmesini sağlayan en önemli faktörlerin başında gelir. Deformasyonlu ürünlerin fazla olması kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle porselen sofa eşyası üretiminde karşılaşılan deformasyonlar ve giderilme önerileri bu araştırmanın genel konusunu oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında, literatür taraması yapılmış, porselen sofa eşyası tasarımı ve üretimi yapan fabrika belirlenerek alanında uzman kişilerle röportajlar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, aynı fabrikada porselen ürünlerin uygulamaları yapılarak deformasyonları tespit edilmiş ve giderilme çalışmaları ürünler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasının birinci bölümünde porselenin tanımı, tarihçesi ve sofa eşyası üretim yöntemlerine değinilmiştir. İkinci bölümde, belirlenmiş olan ürün çeşitleri üzerinden deformasyonların nedenleri ve etkenleri anlatılmıştır. Üçüncü bölümde ise, söz konusu ürünlerde oluşan deformasyonlar tespit edilmiş, bu deformasyonların giderilmesi sağlanmış ve son olarak ISO 9001 standartlarına uygun ürün uygulamaları yapılmıştır. Porselen sofa eşyası sektöründe ürün geliştirme ve deformasyon önleme konularında yeterli yazılı kaynak olmadığı için bu tezin akademik literatüre ve endüstriyel seramik eğitime katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Diğer bir yönden ise tez çalışması ile Üniversite ve sanayi arasındaki bağların güçlendirilmesine katkı sağlanmıştır.			
Anahtar Kelimeler: Porselen, Deformasyon, Sofa eşyası, Seramik			

Sakarya University
Institute of Social Sciences Abstract of Thesis

Master Degree	☒	Ph.D.	☐
Title of Thesis: Deformation in Porcelain Production and Recommendations for Removal			
Author of Thesis: Gizem ÖZKAN		Supervisor: Assoc. Prof. Buket ACARTÜRK AKYURTLAKLI	
Accepted Date: 19.08.2019		Number of Pages: xi (pretext)+126(main body)	
Department: Ceramic and Glass		Subfield: Ceramic and Glass	
Porcelain tableware; it is a part of the ceramic industry with its hard non-porous and semi-transparent structure. In the porcelain sector, increasing the variety of quality products and lowering the costs are of economic importance and priority. There are different kinds of deformations depending on multiple reasons at every stage of the production of porcelain tableware. Knowing the reasons for these deformations, planning the production process or performing the remediation works is one of the factors that increase the product quality and production capacity, thus reducing the costs. Excessive deformation products affect quality negatively. For this reason, the deformations encountered in the production of porcelain tableware and the suggestions for removal are the subject of this research. Within the scope of the research, the literature review was performed and the factory that designs and produced porcelain tableware was interviewed and interviews were conducted with experts in the field. Also, porcelain products were applied and deformations were determined in the same factory. And remediation works were carried out. In the first part of the thesis, the definition, history and tableware production methods of porcelain are mentioned. In the second part, the causes and factors of deformations are explained by the product types. In the third part, deformations in the products in question were determined, these deformations were corrected and finally product applications in accordance with ISO 9001 standards were made. It is foreseen that this thesis will contribute to academic literature and industrial ceramics education as there is not enough written resources in product development and deformation prevention in porcelain tableware sector. On the other hand, it contributed to the strengthening of the ties between the university and the industry with the thesis study.			
Keywords: Porcelain, Deformation, Tableware, Ceramic			

GİRİŞ

Porselenin en belirgin özellikleri arasında, mukavemeti ve sertliği yer almaktadır. Sofra eşyasında kullanılan porselen hammadde çeşitleri, pişme sıcaklıklarına göre sert porselen ve yumuşak porselen olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Her iki porselen çeşidinin genel yapısının da kuvars-feldspat ve kaolen hammaddeleri oluşturur.

Porselen sofras eşyalarının endüstriyel üretiminde; şekillendirme yöntemleri olarak, izostatik toz presleme, plastik şekillendirme(şablon kalıpla)ve dökümle şekillendirme sistemleri yer almaktadır. Porselen üretiminde genel olarak alçı ve özel malzemelerden oluşan kalıplar aracılığı ile şekillendirilme işlemi gerçekleştirilir. Ürünün genel geometrik yapısına göre belirlenen üretim yöntemleri aynı zamanda üretim adet sayısına göre de farklılık gösterebilmektedir. Bazı durumlarda belirlenen üretim yönteminden ya da form kaynaklı problemler de oluşabilmektedir. İstenilen ürünün elde edilebilmesi için dikkat edilmesi gereken önlemler bulunmaktadır. En sık rastlanan sorunlar arasında deformasyon çeşitleri yer alır. Bu gibi durumlarda porselen sofras eşyası üretiminde alınabilecek çeşitli deformasyon önleme çalışmaları bulunmaktadır.

Tez kapsamında porselenin şekillendirilmesinden pişirilmesine kadar olan süreçte mamullerde meydana gelen çeşitli deformasyonlar incelenmiştir. Seri üretim sistemlerinde, porselen sofras eşyalarının üretiminde deformasyonlara neden olan faktörler, deformasyon çeşitleri ve giderilme önerilerine yer verilmiştir.

Çalışmanın Konusu

Türkiye’de porselen sofras eşyası üretimi en büyük sektörlerden biridir. Porselen sofras eşyaları, sert, gözeneksiz ve yarı-saydam bünye yapılarıyla seramik endüstrisinin bir parçasıdır. Porselen sektöründe kaliteli ürün çeşitliliğinin artmasını sağlamak ve maliyetleri düşürmek ekonomik yönden öncelikli ve önemlidir. Porselen sofras eşyası üretiminin her aşamasında birden çok sebebe bağlı olarak farklı türde deformasyonlar görülebilmektedir. Bu deformasyonların nedenlerini bilerek üretim sürecini planlamak veya giderilme çalışmalarını gerçekleştirmek, ürün kalitesinin ve üretim kapasitesinin artmasını, böylelikle maliyetlerin düşürülmesini sağlayan faktörlerin başında gelir. Deformasyonlu ürünlerin fazla olması kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu

nedenle porselen sofr  eşyası üretiminde karşılaşılan deformasyonlar ve giderilme önerileri tezin araştırma konusunu oluşturmaktadır.

Tez kapsamında, porselen sofr  eşyası üretimi alanında ayrıntılı literatür taraması yapılmıştır. Ancak konu ile ilgili yazılı kaynak olmadığı anlaşılmıştır. Tezin genel içeriğinde porselen sofr  eşyası üretimi hakkında bilgilendirme yapıldıktan sonra, porselen ürünler de karşılaşılan deformasyonların nedenlerine değinilerek, oluşan deformasyonların giderilmesiyle ilgili yöntemler araştırılmış ve uygulamalar kapsamında deformasyon önleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın Önemi

Porselen sofr  eşyası üretiminde karşılaşılan problemler arasında önemli bir sorun olan deformasyonlar üretim sürecinde zaman ve maliyet kaybına sebep olmaktadır. Konu ile ilgili akademik alanda yazılı kaynak bulunmadığı ve porselen sektörünün kendi içinde çözümlerin üretildiği saptanmıştır. Bu çalışma Üniversite sanayi arasındaki bağı kuvvetlendirilmesi ve konu ile ilgili yayınların artmasının gerekliliğine de odaklanmaktadır. Tez kapsamında porselen sofr  eşyası üretimindeki deformasyonların giderilmesiyle ilgili uygulamalar ve yeterli sayıda örneklemeler yapılabilmesi sağlanmıştır.

Çalışmanın Amacı

Tez çalışmasının önemi, akademik yazına, porselen sofr  eşyası üretimine ve endüstriyel seramik eğitime katkı sağlayabilmesi hedeflenmiştir. Tez çalışması kapsamında, porselen sektöründe verimliliğin artırılabilmesi için deformasyonların önlenmesi ve minimum seviyelere indirilmesi gerekmektedir. Üretimin her aşamasında karşılaşılan deformasyonlar belirlenerek, bu ürünler üzerinde iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında yapılacak olan bu iyileştirme çalışmalarının akademik literatürle paylaşılarak gerek eğitimde gerekse işletmelere katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Çalışmanın Yöntemi

Tez süresinde uygulama sahası olarak seçilen Porland Porselen A.Ş. fabrikası seçilmiş ve uygulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Fabrikada konu ile ilgili saha araştırması yapılarak, uzman kişilerle röportajlar gerçekleştirilmiştir. Bu sayede uygulamaların detaylı bilgilerine ulaşılmış ve tez konusu kapsamında porselen üretim süreçleri

izlenmiştir. Ürünlerin, tasarım aşamasından fırın çıkışına kadar geçen süreçleri aşamalar halinde takip edilmiştir. Üretim sürecinde karşılaşılan deformasyonlar tespit edilmiştir, deformasyona maruz kalmış mamuller üzerinde denemeler yapıp sorunlar giderilerek, çözüm önerileri ile birlikte ürünler yeniden üretilmiştir. Bu tez çalışması sonunda oluşturulacak veriler karşılaştırmalı olarak deformasyon, giderme ve yeniden üretme uygulamaları ile sonuçlandırılmıştır. Yapılan mamullerin denemelerinin deformasyonlu ve giderilme çalışması yapılmış durumlarıyla değerlendirilmiştir. Uygulanan yöntemler doğrultusunda porselen sofraya eşyasındaki deformasyon problemleri AR-GE merkezindeki testlerinin gerçekleşmesiyle oluşan deformasyon çalışmaları ve gerekli önlemleri alınarak gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında uygulamaya alınan tüm ürünlerin üretim aşamaları ve izlenilen yöntemler uygulamalar bölümünde ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

BÖLÜM 1: PORSELEN ÜRETİMİ

1.1. Porselenin Tarihçesi

“Porselen sözcüğü Portekizceden gelir (Porcellena). Porsellena Portekizcede, Afrika ve Asya’nın bazı bölgelerinde, geçmişte para olarak da kullanılmış olan bir cins beyaz, küçük deniz salyangozu kabuğunun adıdır (Erbahar, 1984, s. 1-3).”

Porselen olarak tanımlanabilen ilk ürünlerin Çin’de M.S. 10. Yy dan Sung devrinde yapıldığı sanılmaktadır. En son bulgulara göre porselenin yaklaşık 2600 yıl önce M.Ö. 1122-770 yılları arasında, Çin’de batı Chou kültürlerinde üretildiği saptanmıştır. Böylelikle Çin’de çok eskiden beri bilindiği tartışmasız kabul edilen porselenin yapısı, başlangıçta bir ince pekişmiş çini çamurunun bulunup geliştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Teknik açıdan porselen olarak tanımlanabilecek ilk ürün, Almanya’nın Meissen kentinde 1709 yılında Johann Friederich Böttger tarafından yapıldı. Saksonya’nın Aue kaolinini süzerek kullanan Böttger, “sert porselen” türünde bir porselen üretti (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 132).

Marco Polo porselenin Avrupa’ya gelmesinde büyük rol oynamıştır. “Almanya bu konuda öncü olan ilk Avrupa ülkesidir. 1710 yılında kurulan Meissen Kraliyet Porselen Fabrikası ile birlikte, Çin’in porselen tekniği ve sanatındaki egemenliği Avrupa’ya geçmiş oldu” (Dündar, 2019). Avrupa’da tam olarak “sert porselen 1709 tarihinde başlar. Çin’de porselen bundan yüzyıllarca imal edilmiş, (15. Yüzyıl ortalarında), Ming döneminde mükemmelliğin doruğuna ulaşmıştı” (Baykal, 2000, s. 31). Porselenin Yeniçağla beraber Avrupa da yeniden doğma süreci başlamıştır.

Maissen’i izleyen ve çoğu prenslik yönetiminde kurulan diğer Avrupa porselen manifakturları; Viyana Augarten (1720), Main Höchst (1740), Furstenberg (1750), Berlin(1750), Frankenthal (1772), Münih-Nymphenburg (1758), St. Petersburg (1756), Kopenhag (1722). Avrupa’nın diğer ülkelerinde de porselen yapım girişimleri vardı. Örneğin İngiltere de akçini ve pekişmiş çiniye adını veren Josiah Wedwood 1759 dan başlayarak araştırmalarını sürekli olarak sürdürmüştür. Rus Winogradow, Petersburg da 1748’de pişmiş kieselgur ve ateş toprağından porselen yapmak için çalışmalar yaptı (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 132).

1770 yıllarında porselen gerçek anlamıyla İngiltere'nin çeşitli bölgelerinde başlanmış bulunmaktadır. Chelsea Porselenleri¹ İngiltere'nin en dikkat çeken porselenleri arasında yer almıştır.

“ Özel ve ticari amaçlı ilk büyük porselen fabrikası Caroluo Magnuo Hutschenreuther Bavyera- Hohenberg 1814 'de kurdu. Oğlu Lorenz Hutschenreuther de Selb'de 1857'de yeni bir porselen fabrikası kurularak bu bölgedeki bugünkü ünlü kaliteli porselen endüstrisini başlattı” (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 132). Kaliteli porselenlerin üretilmesi sonucunda İngiliz porselenlerinin ihracatı Portekiz, Amerika, İspanya ve Hindistan'a ihraç edilmesi sağlanmıştır. “İngiltere'deki gerçek anlamda ilk sert porselen, William Cook Worthy'nin (eczacı) kaolinle çin taşının (Chinastone) karışımı sonucu, Plymouth Porselenleri olarak ortaya çıkmıştır” (Baykal, 2000, s. 48).

1.2. Porselenin Tanımı

Porselen; yarı saydam, beyaz, mukavemet ve sertliğe sahip ürün olarak tanımlanmaktadır. Porselenler kullanımlarına göre sofraya eşyası, sağlık gereçleri, kimyasal, teknik ve elektrik porselenleri olarak sınıflandırılırlar. Porselenlerin tümü kuvars, feldspat ve kaolen hammaddelerinden oluşur. Ayrıca kaolen, kuvars ve alkalice zengin fritten oluşan özel frit porselenleriyle, kaolen, petmatit ve kemik külünden oluşan kemik porseleni ifade edilmesi gereken porselen türleri arasındadır, yerlere göre bu özellikleri değişiklik göstermektedir (Kadıoğlu, 2009, s. 13).

Porseleni seramikten ayıran en belirgin özelliği de şeffaflığıdır. “Porselenin değişik türleri vardır. Bunları esas alarak iki grupta toplayabiliriz ilki sert porselen(pate dure, hard paste) genellikle kıta Avrupa'sında üretilen porselenlerdir. Diğer bir porselen türü ise yumuşak porselen(pate tendre, soft paste)dir” (Baykal, 2000, s. 14)

1.2.1. Sert Porselen Özellikleri

Sert porselenler 1350 – 1400°C aralığında pişirilip transparan, beyaz ve %0 su emme özelliğine sahiptirler. %50 kaolen, %25 kuvars ve %25 feldspat karışımından oluşan porselen türüdür.

Çoğunlukla kap-kacak, teknik ve elekroporselen ürünler sert porselen grubunda yer alır. Özellikle elektro teknik amaçlı kullanılan çamurlarda Al_2O_3 oranı, kalsine, kaolin veya

¹ Chelsea Porselenleri:Çin'in Blanc de Chine figürlerinin ve Japon kakiemonlarının kopyalarından sıkılan, zaten Yediyıl Savaşları nedeniyle ithalatı iyice duran İngiliz porselen sanayisi yeni arayışlara girmiş ve sonunda yeni modellerde Chelsea ortaya çıkmıştır (Baykal, 2000, s. 44).

çok ince öğütölmüş korund ile yükseltilir. Bu tür çamurların sıcaklık değışikliklerine direnci de yüksek olur (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 141) .

En belirgin özellikleri;

- Pekişmiş bir yapıya sahiptir.
- Mekanik dayanımı yüksek, darbelere dayanıklıdır ve kolay kırılmazlar.
- Kendine özgü porselen beyazlığı vardır.
- Transparandır.
- Yüzey sertliği yüksek bir üründür.
- Mikrop barındırmaz, hijyeniktir ve kolay temizlenir (Porland, 2019).

Sert porselen pişiriminde, pişirim aşamalarındaki oksidasyon- redüksiyon zincirine uyulması gerekir.

- 20 - 1000 aralıklı oksidasyonlu pişirim,
- 1000 -1100° C tam oksitleyici pişirim,
- 1100 -1300° C tam indirgeyici pişirim,
- 1300 -1450° C nötr pişirim.

Ön ısıtmada(1. Aşama) porselen eşit bir şekilde ısıtılır, bu sırada bisküvi üzerinde biriken karbon, sıcaklığın 800° C 'ye ulaşması ile kaybolur. 1000-1100° C lerde bol havalı pişirim de çamur karbondan yeterince arındırılır (2. Aşama).

Üçüncü aşama, gerek çamurun ,gerekse sırn gözeneklerinin henüz kapanmaya başladığı bir sıcaklıkta, 1050-1100° C lerde başlar, 1300° C 'ye dek sürer. Böylelikle fırın atmosferinin indirgeyici etkisinin çamur üzerinde görülmesi sağlanır (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 138)

1.2.2. Yumuşak Porselen Özellikleri

Yumuşak Porselen 1250 – 1270°C sıcaklığında pişirimi gerçekleştirilir, “ yumuşak porselenin pişiriminde fırın atmosferinin oksitleyici veya nötr ile oksitleyici arasında olması istenir. Sıcaklık artışının da yavaş ve eşit olması gerekir. Erişilen son sıcaklığın en az bir saat tutulması ile tam bir pişme sağlanabilir” (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 138).

Yumuşak porselenler çeşitleri 4'e ayrılırlar;

- Kemik Porseleni (Bone China)

Kemik porseleni, ilk kez Spode tarafından 1794 yılında İngiltere'de üretilmiştir. Fosfat porseleni olarak da tanımlanan bu porselenin esas yapısını kemik külü (bone ash) oluşturur. Kemikler (genellikle sığır kemiği) su buharı ile yağlarından arındırılır, yıkanır ve bol havalı olarak beyaz bir kül oluşuncaya dek kızdırılırlar. Kemik külü yaklaşık olarak %85 oranında kalsiyum fosfat – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - az da olsa CaCO_3 , MgCO_3 ve SiO_2 içerir (Özer, 2009, s. 5).

- Kaolin- Feldspat- kuvarz yumuşak porseleni

Kaolin- Feldspat- kuvarz yumuşak porseleni adını Segerden almasından dolayı seger porseleni olarakta adlandırılır. “ Yalnız kullanılan kaolenler, kaolinitin yanı sıra çok ince formu ile glimmer, illit ve montmorillonit minerallerini de içermekteydiler” (Özer, 2009, s. 5)

- Sırçalı Porselen

Bünyesinde %60 feldispat, %20 kuvars, %20 talk kullanılan sırçanın içinde bulunmaktadır. İngiltere'de Bellek Porseleni olarakda bilinmektedir, bünyesinde: “ % 50 alkalice zengin sırça, %40 kil veya kaolen, %10 kuvarsdır” (Özer, 2009, s. 6)

- Ötektik Ergiticili Porselen

“Ergitici maddeli, örneğin nefelin siyenit, petalit, lepidolit, talk, sabuntaşı, dolomit ve vollastonitli porselenler ilk kez Amerika'da üretildi. Kullanılan ergitici maddeler ile porselenin pişme sıcaklığı 150-200°C düşürüldü ve geliştirilen bu porselen, “Ötektik Ergiticili Porselen” olarak isimlendirildi” (Özer, 2009, s. 6)

- Yumuşak porselenin en belirgin özellikleri;

- Pekişmiş bir yapıya sahiptir.

- Kendine özgü kremsi bir beyazlığı vardır.

- Transparandır.

- Mekanik dayanımı ve yüzey sertliği sert porselene göre düşük bir üründür (Porland, 2019).

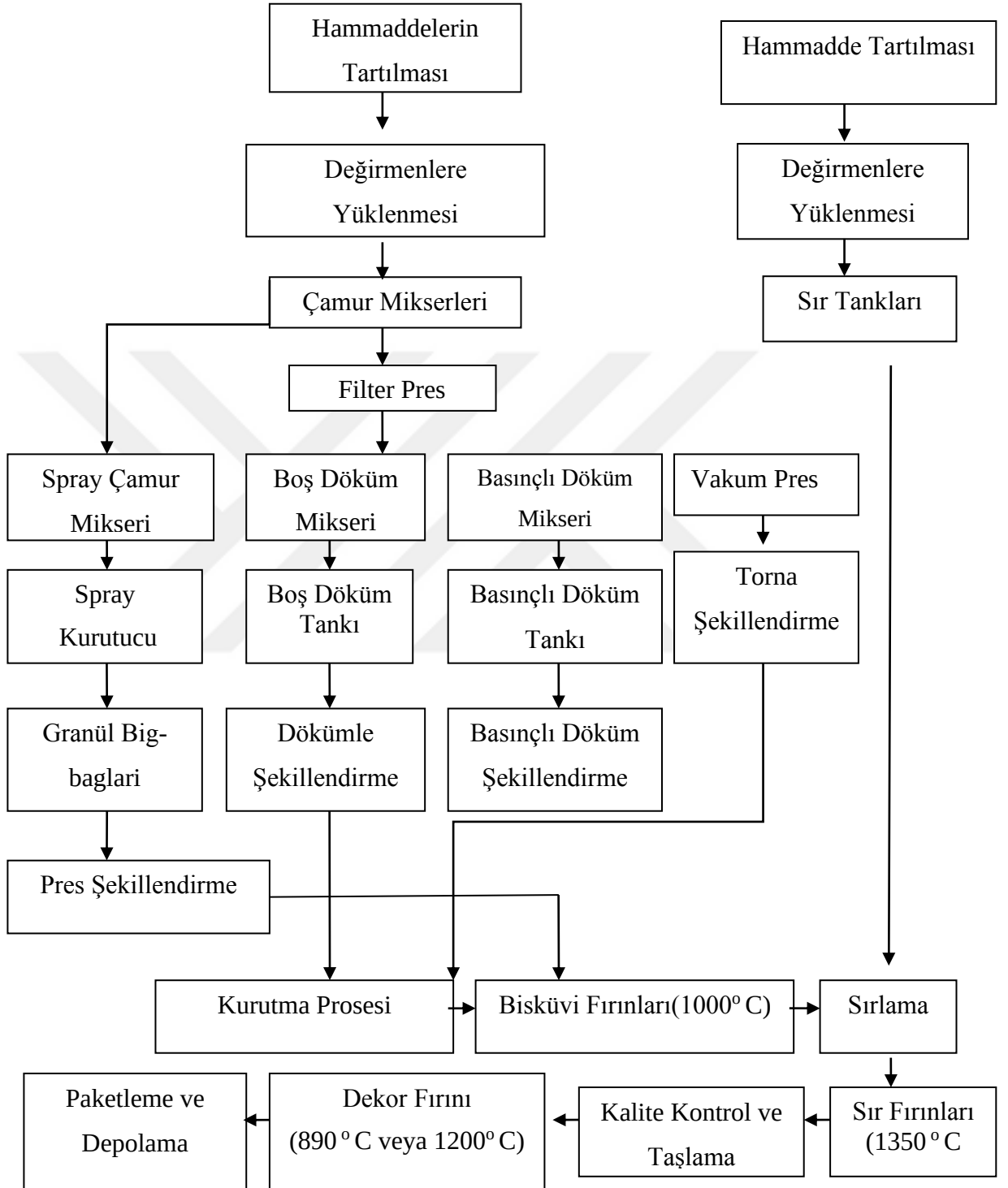
Yumuşak porselenin pişiriminde fırın atmosferinin oksitleyici veya nötr ile oksitleyici arasında olması istenir. Sıcaklık artışının da yavaş ve eşit olması gerekir. Erişilen son sıcaklığın en az bir saat sabit tutulması ile tam bir pişme sağlanır (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 138)

1.3. Porselen Şekillendirme Sistemi

Porselen sofa eşyası üretimin de şekillendirme yöntemleri ürün grubuna göre farklılık göstermektedir. Porselen üretiminde izostatik toz presleme, ram pres, plastik şekillendirme ve dökümle şekillendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Üretilecek olan formun şekillendirme sistemine uygunluğuna göre üretim şekli belirlenmektedir.

Örneğin tabak çeşitleri veya geometrik yapısı uygun formların üretimi için izostatik toz presleme en çok tercih edilen yöntemdir. Bu üretim yönteminin tercih edilmesinin bir diğer nedeni ise üretim maliyetlerini düşürmesidir. Ancak, sütlük, sosluk, sürahi, çorbalık, tuzluk/biberlik gibi ürünler presleme üretim sistemine uygun olmadığından, döküm şekillendirme sistemi kullanılır. Kupa, fincan ve kürdanlık gibi ürünler ise, formlarından dolayı plastik(şablon kalıpla) şekillendirme sisteminde şekillendirilir.

Şekil 1: Porselen üretimi



Kaynak: (Özen, 2015, s. 9).

1.3.1. İzostatik Toz Presleme Sistemi

İzostatik toz presleme sisteminin şekillendirmesinde granül² teknolojisi kullanılmaktadır. Granülün elde edilebilmesi için, filter preste fazla suyundan uzaklaştırılmış pideler, makarna çıkışlı bulgulu preslere verilir. Presin çıkışına yerleştirilen ve kurutma kanalına giden bir bant aracılığı ile presin ağzından çıkan makarna formundaki çamur, belli bir rutubete gelinceye dek kurutulur. Sonradan delikli kollerganglarda³ istenen tane büyüklüğünde (1-2 mm) ufalanan çamur kuru pres çamuru olarak değerlendirilir. Filter presten alınan pidelerin kurutma odalarında kurutulup, kollerganglarda istenen rutubette ufalanması ile de, % 5-8 rutubeti gerektiren kuru pres çamuru da elde edilebilir. Büyük endüstri kuruluşlarında pres çamuru üretiminde püskürtmeli kurutuculara gönderilir. Böylelikle çamur kurutucunun altındaki çıkışa vardığında istenilen nemliğe gelmiş olur (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 122)

Plastik çamur pidelerin, makarna çıkışlı preslerden geçirdikten sonra, kurutma tüneline belli bir rutubete kadar kurutulması ve sonuçta delikli kollerganglardan geçirilerek öğütülmesi ile granüle(=tanecikli) pres çamuru elde edilir (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 65).

Presleme sisteminde kullanılacak olan çamurun granül haline gelmesi sonucunda, son yıllarda da en çok tercih edilen sistem olan izostatik presleme yönteminde tabak, kase, vb. çeşitli formlardaki sofraya eşyalarının üretilmesi sağlanmaktadır. “Kuru preslemede çok çeşitli preslerden yararlanılır. Her birinin çalışma prensibi ve basıncı ile, kullanıldıkları yerler farklıdır” (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 66).

Presleme sisteminde üretilmesi için tasarımı gerçekleştirilen ürünün, eskizleri oluşturularak, tasarım çalışmaları hazır hale getirilir ve model ölçüsünde ürünün çizimleri 3D olarak oluşturulur. Bu işlemlerin, CAD / CAM işlemlerinden önce yapılması gerekmektedir.

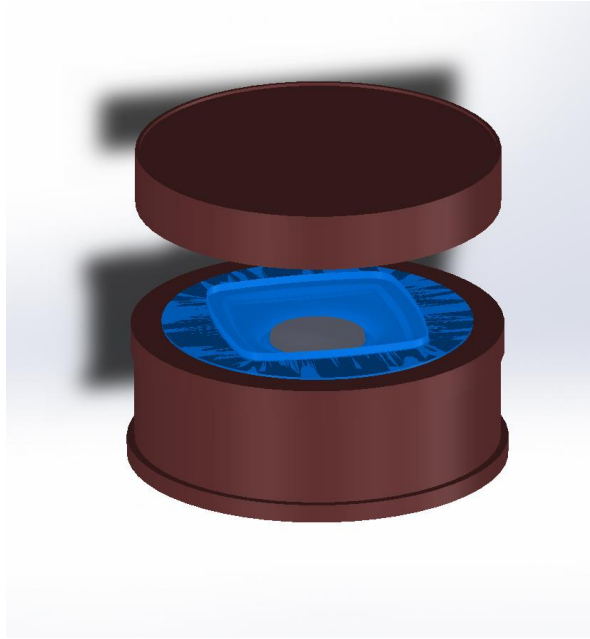
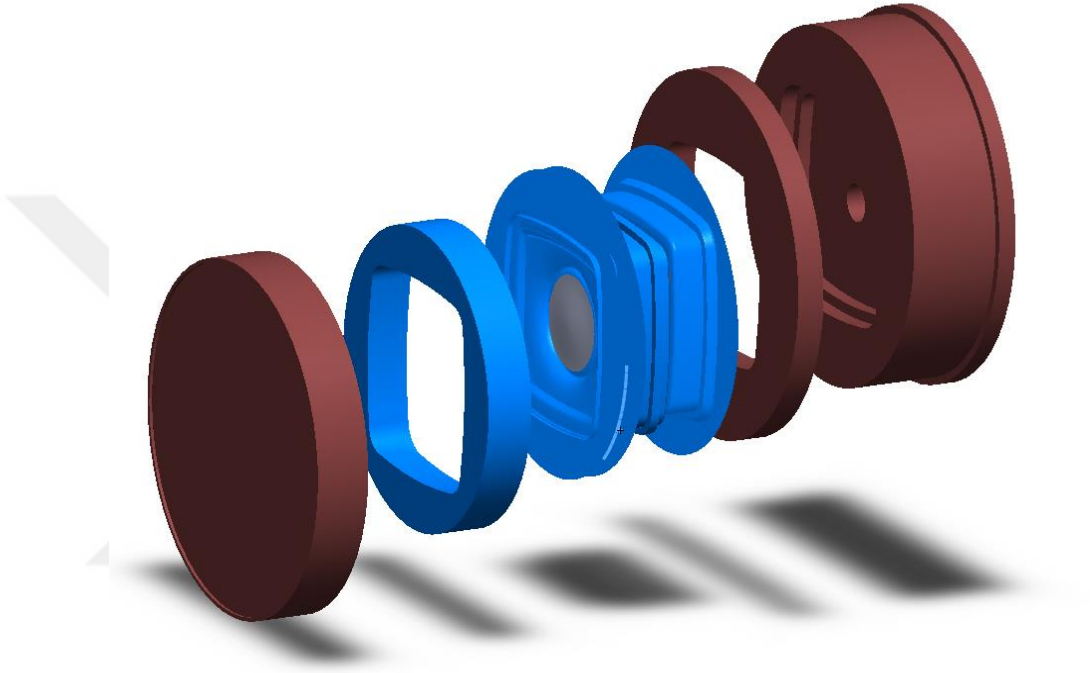
Sistem olarak İzostatik toz preslemede üretilecek bir ürünün ikinci aşaması olarak kalıbın üç boyutlu parçaları CAD/CAM programında model ölçüsüne ve deformasyon paylarına bağlı kalınarak, üretime uygun şekilde CNC'ye gönderilerek işlenmesi sağlanır. 3D tasarım programında oluşturulan parçaların İzostatik toz presleme

² Granül, bir maddenin en küçük tanesi (TDK, 2019).

³ Kollergang: Her türlü kilin öğütülmesi doğal ve yapay sert maddelerin parçalanarak belli bir tane büyüklüğüne getirilmesi işleminde kullanılan bir makinedir (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 56).

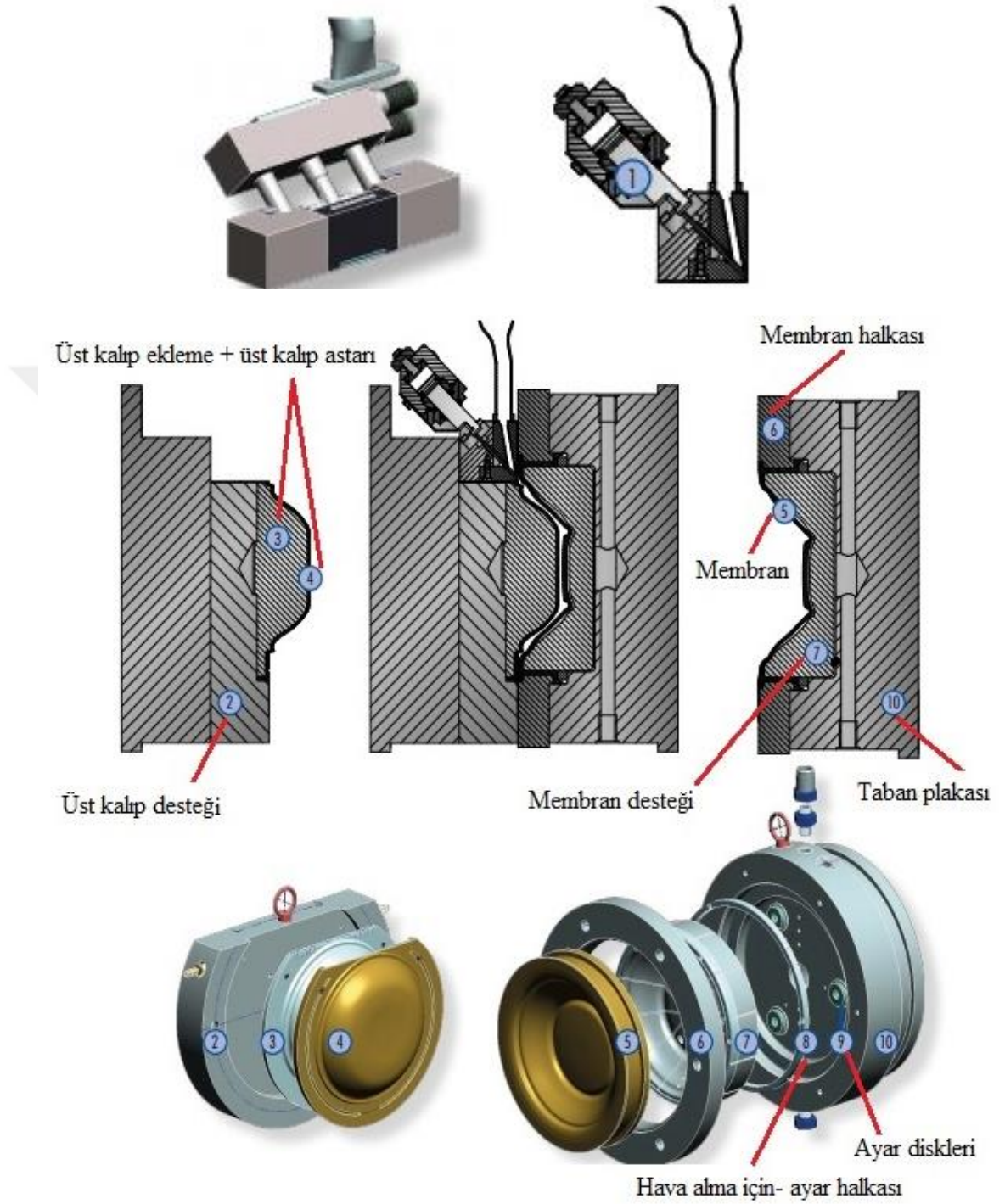
makinesine bağlanması için tüm parçaların birleştirilerek kalıbın iki parça haline getirilmesi sağlanır.

Görsel 1: 3D Tasarlanan Pres Kalıp Parçaları



Kaynak: Porland Porselen A.Ş. Kalıp Tasarımı

Şekil 2: İzostatik Toz Presleme Kalıp Sistemi



Kaynak: (SAMA, 2019)

Şekil 2’de izostatik toz presleme sisteminin üretimi için gerekli metal kalıpların 3D çizimleri gösterilmiştir. Pres kalıplarının iç kısımlarındaki parçaların her biri tek parça

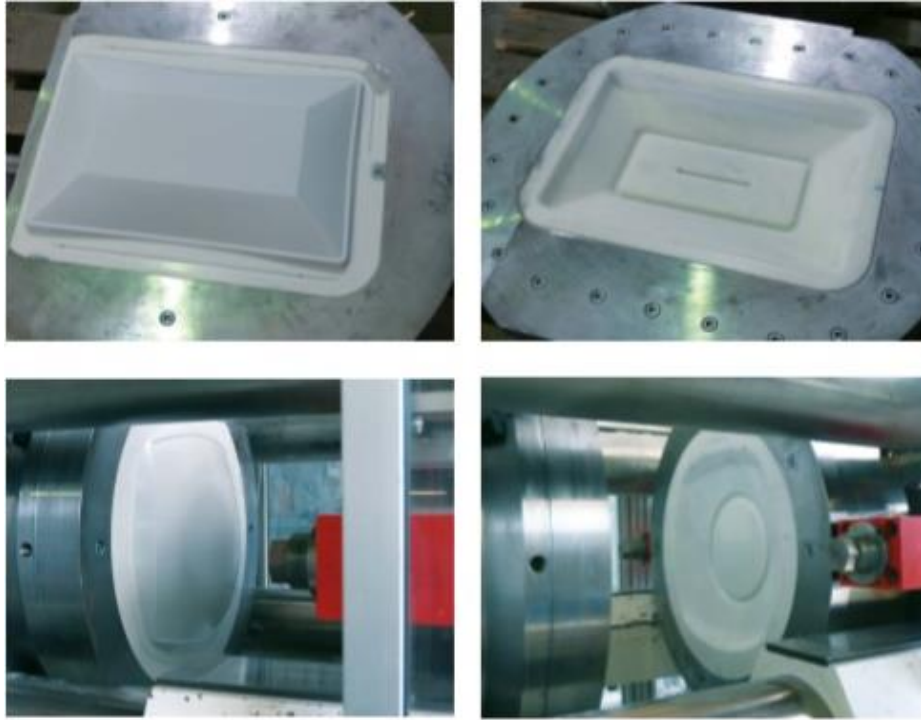
olarak işlenir. Pres kalıbının dışı poliüretan membran⁴ kaplamadan oluşur, erkek parçası da poliüretan kaplama olarak yapılır. Poliüretan membranın kalıbın içinde hareket etmesini sağlamak amacıyla hidrolik yağ kullanılarak esnekliği sağlanmaktadır. Bu sayede oluşturulan kalıbın içerisine granül çamurun dolum işlemi yapılır.

Görsel 2: Preslemede Kullanılan Membran Parçası



Kaynak: (SAMA, 2019)

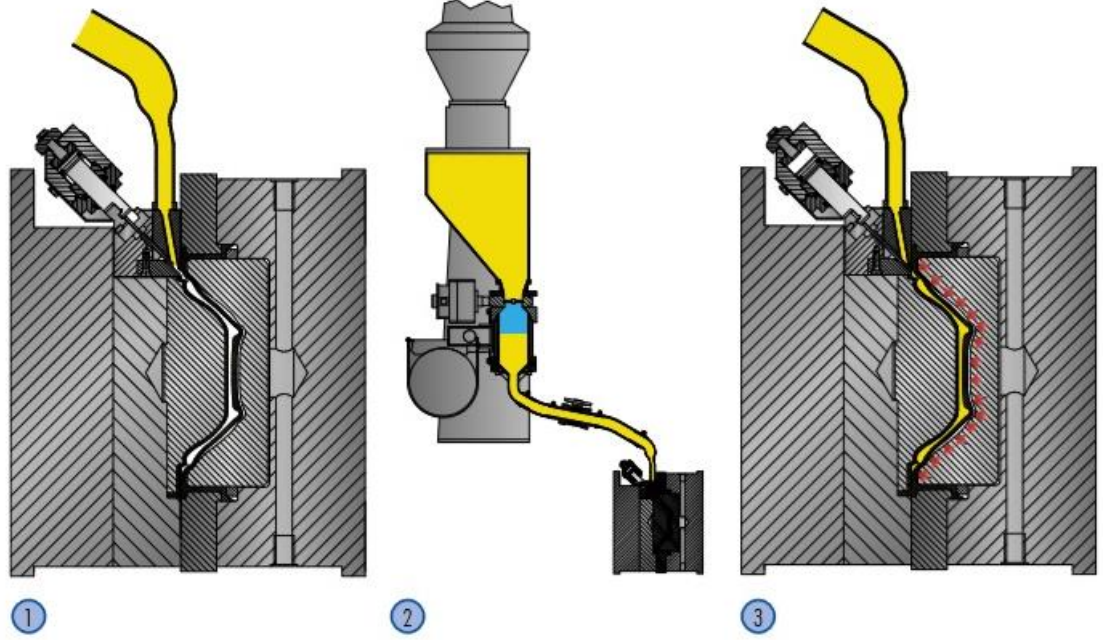
Görsel 3: İzostatik Toz Presleme Kalıpları



Kaynak: (SAMA, 2019)

⁴ Membran: Özel bir malzemeden yapılan pres sisteminin kalıplanması sırasında kullanılan parça.

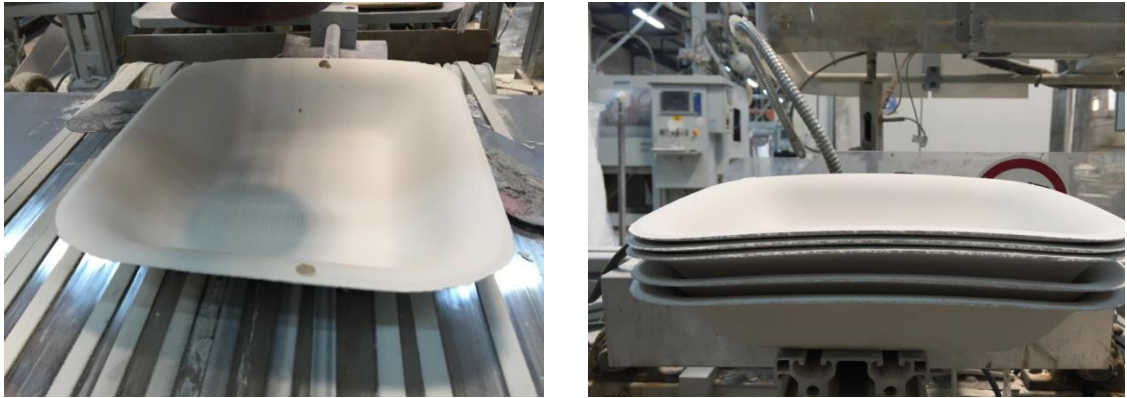
Şekil 3: Presleme Kalıplarının Basılması



Kaynak: (SAMA, 2019)

Şekil 3’de, 1 nolu bölgeden, granül çamurun kalıbın içine dolması sağlanmaktadır. 2 nolu bölgede ise basınçla beraber çamurun kalıbın içine dolması gerçekleşir. Sonrasında 3 nolu bölgede dolma işlemi tamamlanır ve ağız kısmı kapanarak, porselen mamul şekillendirilir. Görsel 4’de üretilen mamulün pres makinesinin bant kısmından düşmesi ve sonrasında istiflenme aşaması gösterilmiştir.

Görsel 4: İzostatik Toz Preslemede Basılan Tabaklar



Kaynak: Porland Porselen A.Ş.

Görsel 4’de presleme sisteminde üretilen mamullerin yaklaşık 45-50 adet arasında basılmış ve ilk denemeleri yapılmıştır. Gerekli kontroller yapılmış herhangi bir sorunla karşılaşmadığından rötuş işlemleri plastik ayak yardımıyla robot sisteminde gerçekleştirilmiştir. Seri üretim sistemlerinde rötuşlama işlemi zımpara ve sünger yardımıyla çapaklarının olduğu bölgeler makinelere bağlanarak gerçekleştirilir. Mamullerin rötuşlanabilmesi için, pres makinelerine formun koordinatları tanımlanarak rötuş işlemleri tamamlanır.

Görsel 5: İzostatik Toz Presleme Rötuşlama Aşamaları



Kaynak: Porland Porselen A.Ş.

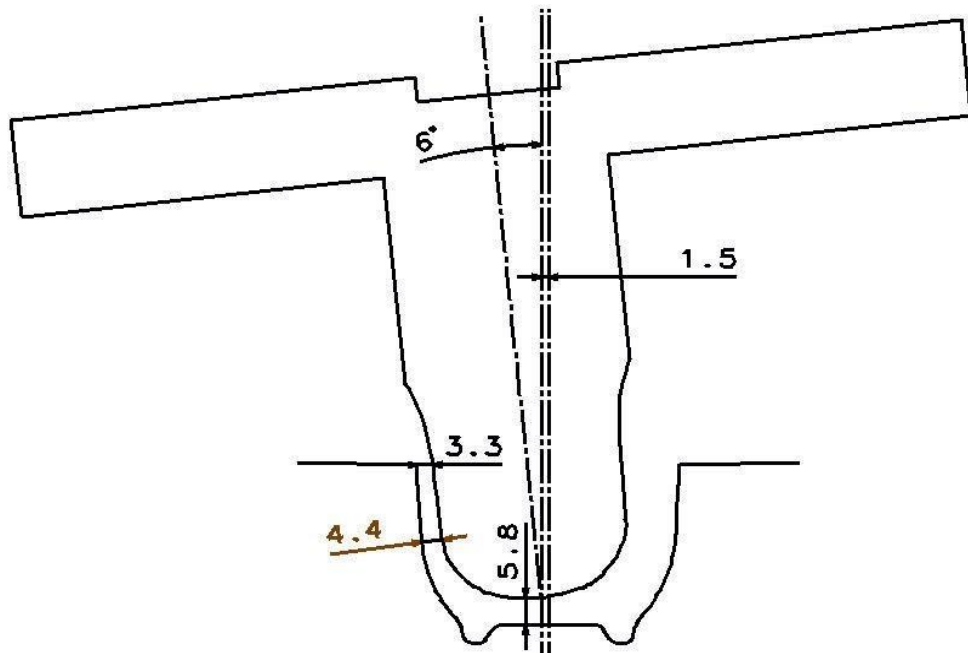
Preslenen mamullerin rötuşlanması işleminden sonra bisküvi pişirimi 1000° C de, sır pişirimi de 1350 – 1400°C aralığında gerçekleştirilir. İstenilen ürünün en son porselen olarak çıkan ürünlerde deformasyon çeşitleri ve hataları görülmediği takdirde seri üretime geçilir.

1.3.2. Plastik (Şablon Kalıpla) Şekillendirme Sistemi

Plastik şekillendirme sisteminde kullanılan çamur çamur, özsüz ve maddeler bilyalı değirmenlerde su ile öğütülürler. Diğer taraftan suda açılabilen maddeler pervaneli açıcılarda su ile açılırlar. Değirmenden gelen sulu karışım açıcıdaki karışım ile karıştırılarak bir havuzda toplanır. Bu havuzlardan pompalar aracılığı ile çekilen çamur, suyundan uzaklaştırmak üzere fitler preslere basılır. Filter presden çıkan plastik çamur, vakumlu veya vakumsuz karıştırıcılarda karıştırılarak kullanılır (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 49). Çamur hazırlama kısmın da hazırlanmış olan sucuklar (vakumlanmış şekillendirme çamuru) plastik şekillendirme malzemesi olarak kullanılır ve bu şekillendirme yöntemi ile kase, kupa, fincan gibi çeşitli ürünler üretilir.

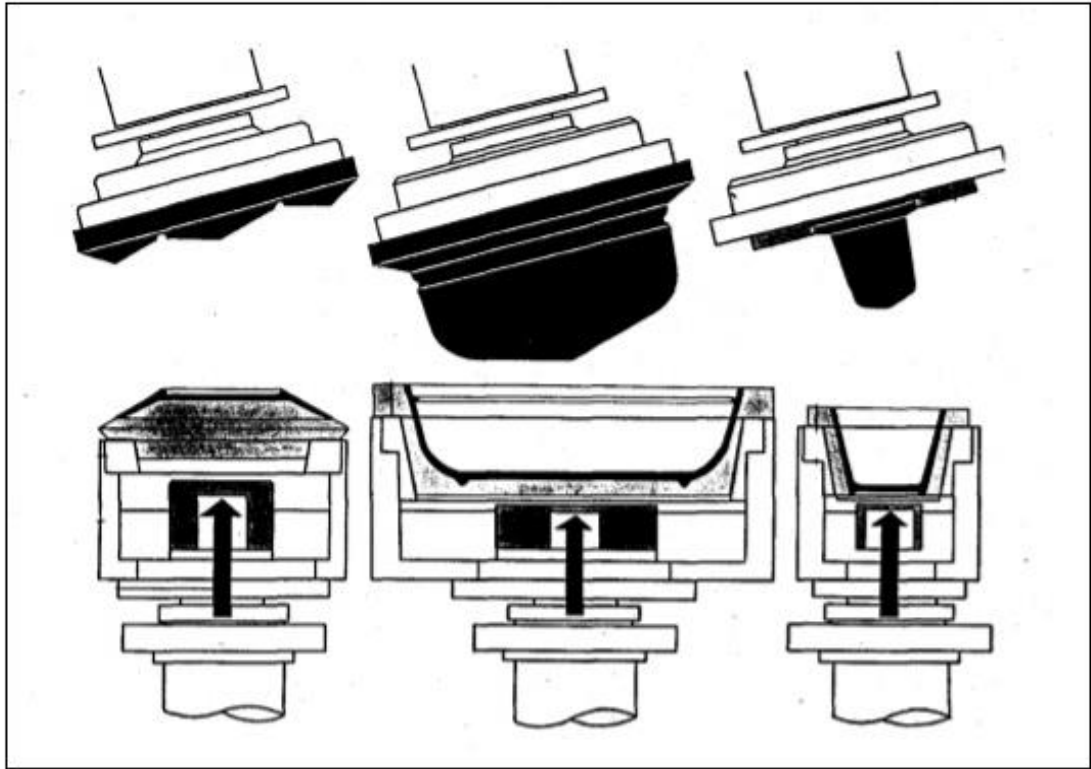
Tasarım süreci tamamlanan ürünün modeli plastik şekillendirme üretimine uygun olarak alçı tornasında şekillendirilmesi yapılır. Dairesel formlu tasarımlar, (kâse, kürdanlık, kupa ve fincan) torna üretimine uygun olduğu sürece plastik şekillendirme yöntemi kullanılmaktadır. Plastik şekillendirme aynı zamanda şablon kalıpla ve torna şekillendirme sistemi olarak da isimlendirilir. Üretilcek porselen ürünün tornada şekillenebilmesi için metal şablonu çizim programında oluşturulur ve CNC de işlenmeye uygun hale getirilir. Şekil 4’de şekillendirme şablonu örneği gösterilmiştir. Her ürün için ayrı şablon oluşturularak, 6° derecelik açıyla mamulün formuna uygun metal şablon yapılır.

Şekil 4: Metal Şablon Teknik Çizimi



Yapılacak olan ürünün metal şablonu mamulün şekillendirilmesi için kullanılır. Şekillendirmede saniyede 1200-1400 devir hızla dönen üst kalıp (şablon), alt kısmında 300-400 devir ile dönen alçı kalıbın iç kısmına geçmesiyle kalıbın içindeki çamurun şekillendirilmesi sağlanır.

Şekil 5: İçten ve Dıştan Şekillendirme



Kaynak: (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983)

Kupa, fincan ve kase gibi ürünler içten şekillendirme yöntemi kullanılarak üretilmektedir. “ Stoklanan sucuklar tornalarda şekillendirmek üzere belirli boyutlarda kesilir. Kesilen sucuk massenin dilim kalınlığı modele göre değişiklik gösterir” (Kadıoğlu, 2009, s. 22). İçten şekillendirme sisteminde, alçı kalıpların üst kısmına yerleştirilen metal şablon sayesinde çamurun sıkıştırmasıyla şekillendirilir. Plastik şekillendirme sistemin de dıştan şekillendirmeyeyle tabak üretimi de yapılabilir. Ancak seri bir üretim elde etmek istendiğinden üretim sayısı fazla olan tabak grupları için farklı sistemler tercih edilmektedir.

İçten sıvama yöntemiyle üretilen mamullerin aşamaları görsellerde uygulamalı olarak gösterilmiştir.

Görsel 6: Plastik Şekillendirme Sisteminde Metal Şablon



Kaynak: (SAMA, 2019)

Görsel 7: Plastik Şekillendirme Sistemi, Fincan Üretimi



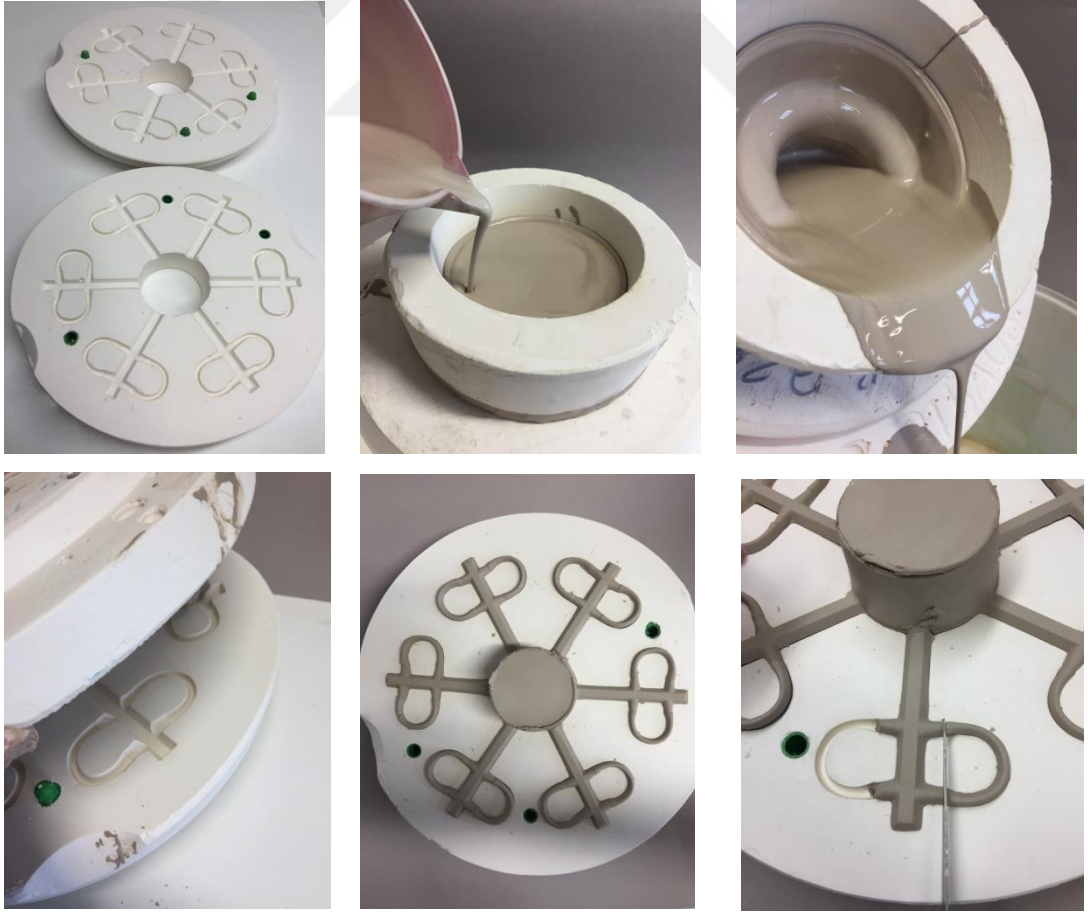
Kaynak: Porland Porselen A.Ş.

Görsel 8: Plastik Şekillendirme Sistemi Üretim Aşamaları



İçten sıvamayla şekillendirilen mamullerin, makinelerden çıkarılarak vantuz yardımıyla rötuşlama işlemi yapılır. Üretilen fincan grupları, kupa ve kâse gibi ürünlerde kulplu bir model tasarlandıysa, kulpların üretimi ayrı alçı kalıplarda şekillendirilir.

Görsel 9: Kulp Döküm Aşaması



Görsel 10: Kulp Montaj Aşaması



Mamulün şekillendirme işleminin tamamlanmasının ardından rötuş işlemleri yapılarak, mamul gövdesi ve kulplar deri sertliğine geldiğinde görsel 10’da gösterildiği gibi gövdeye yapıştırılması sağlanır. Yapıştırma sırasında oluşan çapaklanmalar sünger yardımıyla temizlenerek şekillendirilmesi tamamlanır. Mamul kurutulduktan sonra pişirim aşamasına geçmesi için hazır hale getirilir.

1.3.3. Dökümle Şekillendirme Sistemi

Bu yöntemle kullanılan çamur, ”döküm çamuru” adı verilen akışkan bir çamurdur. Döküm yolu ile şekillendirme, en sık kullanılan şekillendirme yöntemidir. Diğer şekillendirme yöntemleri ile üretilmeyen her türlü parça dökümle şekillendirilir. Örneğin, karışık parça ve şekillerden oluşan sağlık gereçleri tornada şekillendirilemeyen dairesel olmayan parçalar, pres kalıplarının yapılması zor ve pahalı olan parçalar, alçı kalıp üzerine sıvamakla şekillendirilemeyen simetrik olmayan tabaklar, bazı özel ateş tuğlaları, çaydanlık, kase gibi sofrta takımları parçaları, biblo, vazo ve diğer süs eşyaları, lavabo, klozet, küvet gibi sağlık gereçleri parçalarının şekillendirilmesinde döküm yöntemi kullanılır (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 74).

Döküm sisteminde, üretilen kalıplarda alçı⁵ malzemesi kullanılmaktadır. Minimum iki parçadan oluşan kalıplar ürünün geometrik yapısına göre parça sayısı değişkenlik göstermektedir. Kalıplarda alçı çeşidi olarak alfa ve beta alçısı⁶ kullanılmaktadır. Her iki alçı çeşidinin oransal içerikleri farklıdır. Döküm sistemlerinde kalıplamada

⁵Alçı: Yarı molekül su ihtiva eden kalsiyum sülfattır. Alçının kimyasal formülü $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ’dur (Kundul, 2013).

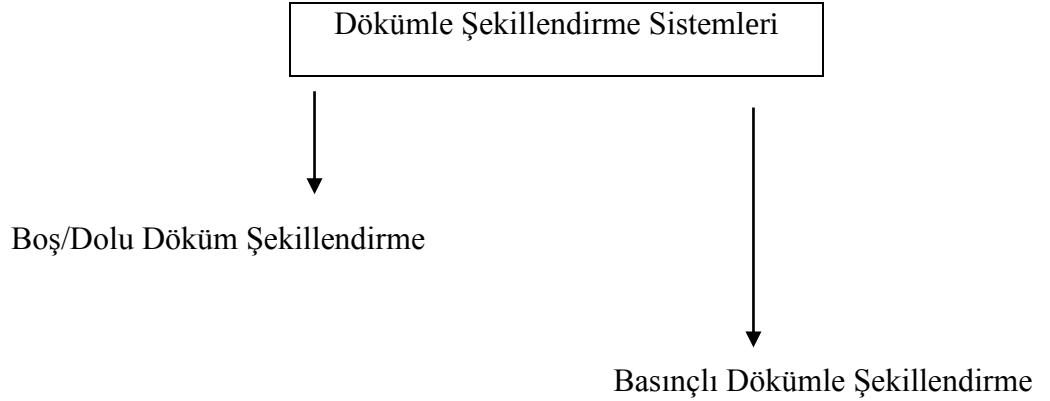
⁶ Alfa ve Beta alçısı(α tipi ve β tipi): Her ikisi de aynı kimyasal bileşime sahiptir, fakat bunları oluşturan kristallerin yapısı ve morfolojisi bakımından birbirlerinden farklıdırlar. Bu farklar, dehidrasyon aşamasında kullanılan tekniklerin özel bir sonucudur. Aslında, α -alçı doymuş buhar atmosferinde bir otoklav içerisinde yavaş bir şekilde (birkaç saat) meydana gelen dehidrasyonun sonucudur: bu teknik, α -hemihidratın oluşumunda yeni kristallerin yavaş bir şekilde büyümesiyle ve böylelikle kristallerin boyutlarıyla saflıklarının artmasıyla sonuçlanır (Fortuna, s. 92).

kullanılacak olan alçı su oranlarına uygun şekilde hazırlanması gerekmektedir. Kullanılacak olan 100 gr suya konulacak alçının oranlarının hesaplanması tabloda belirtilmiştir.

100 gr. Alçı 70 gr Su				
	100x100		10000	
100 gr Su	$\frac{100 \times 100}{70}$	=	$\frac{10000}{70}$	= 142.857 gr /143 gr alçı X

Kullanılacak olan alçı 1.43, 1.55 ya da 1.66 olarak ifade edilmektedir. Porselen sektöründe döküm sisteminde kalıplarda en çok kullanılan 1.43'lük (gözeneklilik sebebinden dolayı) beta alçı çeşididir. Alçı su oranlarının hazırlanmasında dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır; Bunlar, kullanılacak olan kalıpların iyi sonuçlar vermesi için suyun ne sıcak nede ılık olmaması, suyun ve alçının sıcaklık derecesinin aynı olması ve kullanılacak olan suyun hijyen olması içinde herhangi bir kimyasalın olmaması gerekmektedir.

Döküm Yönteminde kullanılan şekillendirme sistemleri ikiye ayrılmaktadır;



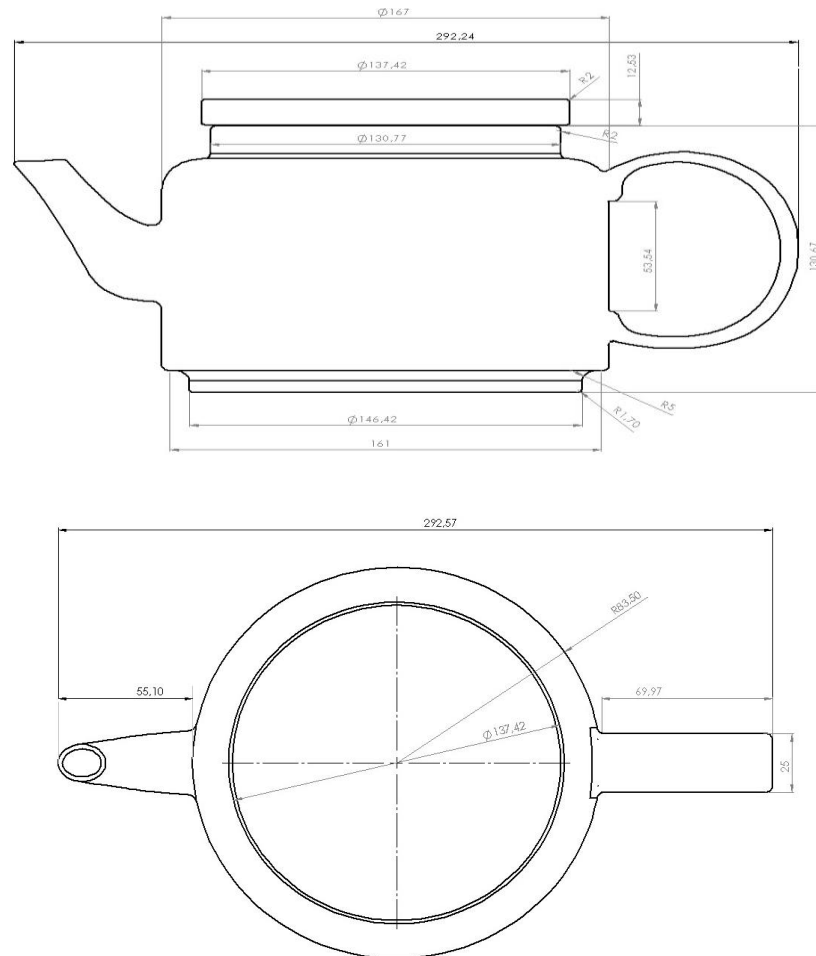
1.3.3.1. Boş/ Dolu Döküm Şekillendirme

Boş Döküm:

Döküm şekillendirme yönteminde tuzluk, biberlik, çorbalık, demlik, kürdanlık ve sosluk gibi ürünler boş döküm yöntemi ile şekillendirilirken, kaşıklar, kulplar ve geometrik yapısı farklı tabaklar dolu döküm şekillendirme yöntemi ile üretilmektedir. Her iki döküm yönteminde de alçı kalıplar kullanılarak üretim yapılmaktadır. Fincan ve kâse grupları da genellikle plastik şekillendirme sisteminde üretilmektedir fakat formun yapısına bağlı olarak plastik şekillendirmenin uygun olmadığı durumlarda dökümle şekillendirme sistemi de kullanılmaktadır.

Dökümle kalıplanacak olan formun ilk olarak teknik çizimi yapılır ve 1/1 ölçekli prototip numunesiyle değerlendirilerek uygunluğunun kontrolü sağlanır. Ürünün önceden görülebilmesi için ilk örnek olan (prototip) model farklı malzemeler kullanılarak 3D yazıcılarda yapımı gerçekleştirilir.

Şekil 6: Teknik Çizim



Teknik çizimi tamamlanan ürünlerin model yapım aşamasına geçilerek, form alçı tornasında, geometrik yapısına göre şablonla veya elle şekillendirme yöntemleri kullanılır. Form yuvarlak bir demlik, sosluk, sütlük veya vazo gibi dökümle üretilecek bir ürün ise, alçı tornasında şekillendirmesi sağlanır. Teknik çizimlerindeki ölçülere bağlı kalınarak çeşitli alçı bıçakları kullanılarak şekillendirme işlemleri gerçekleştirilir.

Boş dökümle şekillendirilen formun kulp ya da emziği mevcutsa elle şekillendirme yöntemi kullanılarak parçaların oluşturulması sağlanır ve gövdeye(emzik ve kulp kendinden olacağı durumlarda birlikte kalıplanması gerekir) yapıştırılarak kalıplama işlemine geçilir. Kulp ve emzik birleşimleri tamamlanan modele alçıyı sertleştirmek için gomalak⁷ ve ayırıcı görevini sağlaması için arap sabunu sürülerek kalıplama işlemine geçilir. Eğer ürünün emzik ya da kulp bölgeleri yapıştırma olacak ise, her bir parçası(gövde, emziği ve kulp) ayrı kalıplanarak döküm aşamasında gövdeye yapıştırılır. Kalıba ek parça olarak modelin alt kısmına dip takozu, pim ve üst ağız bölgesine de döküm ağızı (bilezik) parçası eklenir.(bkz. görsel 10-11)

Görsel 11: Model Parçaları



⁷ Gomalak: Renkli ispirto veya alkolle çözülen (eriyen) hayvansal kökenli, bal renginde, şeffaf, ince, küçük pul plaka halinde bulunan bir reçinedir (Kundul, 2013, s. 38).

Görsel 12: Model Parçalarının Kalıplanması



Modelin bütün parçalarının tamamlanmasından sonra, model çamur üzerine yatay olarak konularak eksenleri çizilir, yatak yapılarak formun kalıplanması sağlanır. İlk olarak tek bir parçası dökülür daha sonra alçının donma süresi tamamlandığında ikinci parçası dökülür. Üst kalıp döküm ağzı (bilezik) kaldırılarak kalıbın kestamit parçası dökülür. Ağız deformasyonunu engellemek için sert olan kestamit parça döküm aşamasında kalıbın üst parçası yerine konularak ağız kesme şablonu olarak kullanılır.

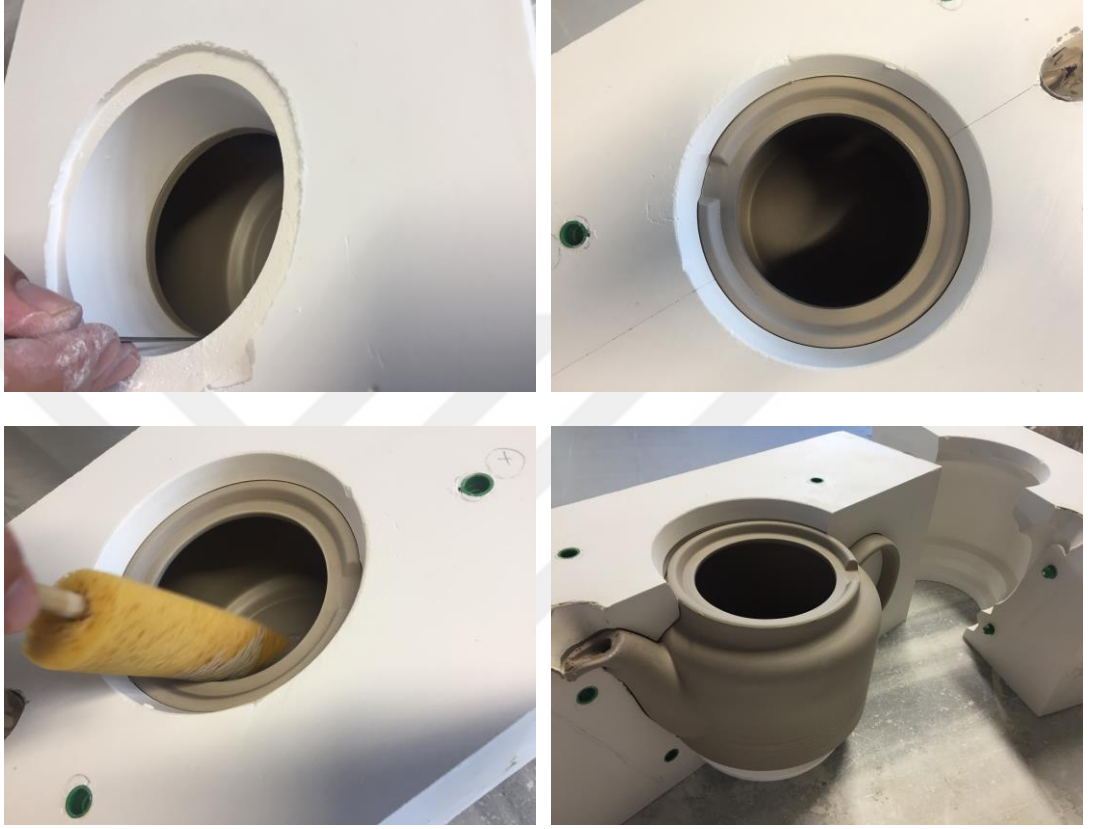
Kalıplanması tamamlanan modelin deneme dökümü aynı kalıp üzerinden yapılacağından kurutulması sağlanır 25-30° C lik alçı kurutma odasında kurutulan kalıp, deneme üretimine hazır hale getirilerek döküm işlemi gerçekleşir. Boş döküm sistemi, alçı kalıpların içine çamur doldurulmasıyla gerçekleştirilir. Döküm aşamasında yaklaşık olarak 10- 12 adet ürün dökülür, döküm esnasında kalıbın kuru olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Edilmediği takdirde mamulde deformasyonlar, kalıptan çıkarken mamulün zor çıkması gibi problemler görülür.

Görsel 13: Döküm Aşaması



Döküm işlemi kalıpların üst döküm ağız bölgesinden dökülerek gerçekleştirilir ve çamur yaklaşık olarak 20-25(mamul büyüklüğüne göre değişiklik gösterebilir) dakika bekletilir istenilen et kalınlığına geldiğinde kalıp ters çevrilerek geri boşaltılır.

Görsel 14: Dökümle Şekillendirme



Dökümle şekillendirme sisteminde et kalınlığı alma süresi tamamlanan mamulün kalıptan çıkarılma süresi önemlidir, istenilen sürede çıkarılmadığı durumlarda üründe çatlama problemi yaşanmaktadır. Boş döküm sisteminde kalıptan çamurun tam olarak süzülmesinden sonra, mamulün kalıptan bir süre kalıbın içinde bekletilip kurutucularda (kalıpla birlikte kurutma) durması gerekmektedir. Deri sertliğindeki mamul raflara alınarak, homojen bir hava atmosferinde kurutması sağlanır, sonrasında sırası ile rötuşlanır ve pişirime hazır hale getirilir.

Görsel 15: Boş Döküm Kâse Üretimi

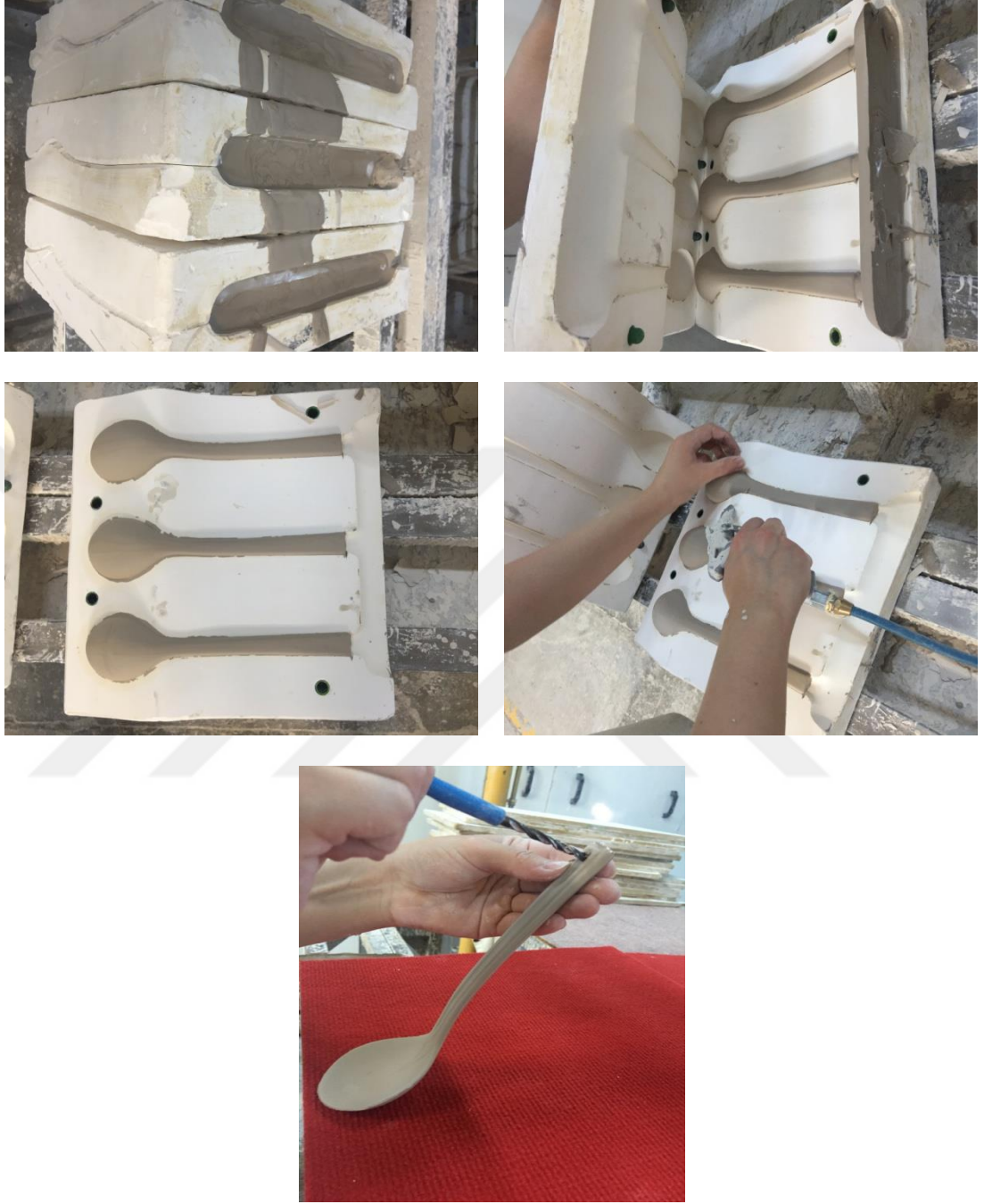


Görsel 15’de dökümü işlemleri yapılan mamulün sonrasında elle rötuşlana işleminin yapıldığı görülmektedir. Örnek kâse üretimi izostatik presleme de üretilemeyen bir tasarım olmasından dolayı dökümle şekillendirilmesi sağlanmıştır.

Dolu Döküm:

Dolu döküm sisteminde üretilecek olan mamulün üretim yöntemine uygun olması gerekir. Boş döküm sisteminde üretilemeyecek mamuller “Üretilecek ürünün et kalınlığı, alçı kalıbın iki yüzü arasında meydana geliyor, döküm ağzından kalıbın içersine doldurulan döküm çamuru istenilen et kalınlığına ulaştıktan sonra, döküm ağzından geriye döküm çamuru boşaltılmıyorsa bu şekillendirmeye “dolu döküm (masif, çift cidarlı) döküm denir” (Kundul, 2013, s. 218).

Görsel 16: Dolu Döküm Sistemi



Görsel 16’da dolu döküm sisteminde örneğin, üretilen kaşık dökümü, çamurun kalıba dökülmesinin ardından, uygun deri sertliğine gelmesiyle kalıbın bir üst parçası açılarak kalıptan çıkarma işlemi tamamlanarak kalıp birleşim yerlerindeki izleri ve ağız bölgesi, bıçak sünger yardımıyla rötuşlanarak kurutulur. Kurutulması sırasında zeminin düzgün olması ve homojen bir ısı dağılımının olması önemlidir. Mamullerin kurutma süresi 50-55° C olup 25-30 dakika arasında kurutma işlemi yapılmaktadır. Mamulün kurutma süresi büyüklüğüne ve küçüklüğüne göre değişiklik göstermektedir.

1.3.2.2. Basınçlı Döküm Şekillendirme Sistemi

Dökümle şekillendirme de kullanılan bir yöntem olan basınç ile şekillendirme sistemi üretim sayısı fazla ürünlerde kullanılmaktadır. Dolu döküm yerine daha seri üretim yapılabilmesi için tercih edilen sistemdir.

Süs ve mutfak ürünleri üreten bazı porselen üreticileri, bu sistemle üretim yapmaktadır. Bu sisteme uygun modellerini basınçlı döküm sistemiyle üretilmektedirler. Yüksek basınç döküm sistemi 1960 yıllarında, İsviçre de sıhhi tesisat malzemeleri üretim yapan Laufen firması, Almanya da seramik makineleri üretimi yapan Dorst firmasıyla anlaşarak ortak bir çalışma yapmışlar ve yüksek basınçlı döküm için model ve sentetik kalıplarını geliştirmişlerdir.

Basınçlı dökümde kullanılan iş kalıpları mikroporoz sentetik kalıplardır. Alçı kalıplar gibi su emişi olan, içine döşenmiş hava kanalları sayesinde bünyesine emmiş olduğu suyu kendisinden uzaklaştırabilen sentetik malzemeden yapılmış kalıplardır (Kundul, 2013, s. 235-237)

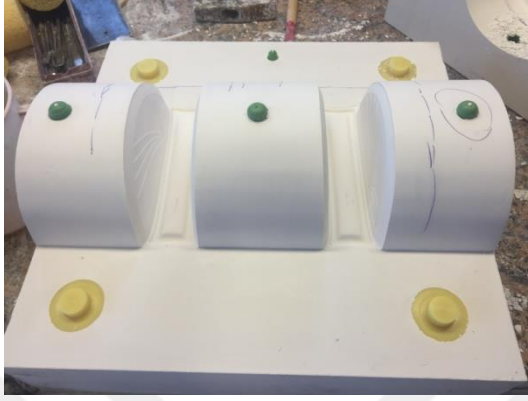
Basınçlı döküm sisteminde yapılacak olan formun %11 ile %12 arasında büyütülerek teknik çizim ölçülerinde alçı modeli yapılır. Yapılan model üzerinden alçı deneme kalıbı alınarak, deneme dökümleri yapılır, sırlı mamulün basınçlı döküme geçmeden önceki ürün kontrolü sağlanarak, çıkan ürün sonucunda deformasyon çeşitleri, çatlak oluşumları ve üretimden kaynaklı hatalar görüldüyse revizyon işlemleri modele uygulanır.

Gerekli revizyon çalışmalarından sonra tekrardan alçı kalıbı alınarak, deneme olarak 3-4 adet mamul dökümü elde edilir. Sır fırın çıkışından sonra ürünün kontrolü sağlanarak, çıkan ürün kontrollerinin ardından standartlara uygun olduğu tespit edildiğinde basınçlı döküm kalıplama işlemine geçilir. Örnek olarak, peçetelik basınçlı döküm kalıplama aşamaları gösterilmiştir. Basınçlı döküm kalıplamada kalıbın içindeki adet sayısı değişebilmektedir. Mamul büyük ise, tekli yada çift olarak, model küçük ise çoklu basınçlı kalıpları hazırlanır.

Basınçlı döküm kalıplama aşamasında, tekrardan modelin alçı kalıbı hazırlanır, 8 ile 10 gün arasında 40° ile 50° C kurutma işlemi gerçekleştirilir. Kurutulan alçı kalıpların

araldit⁸ (basınçlı döküm teksiri) aşamasına geçilir. Görsel 17,18 ve 19 ‘da basınçlı döküm aşamaları gösterilmiştir.

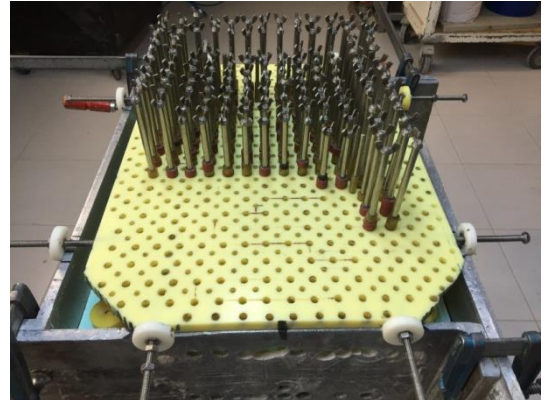
Görsel 17: Peçetelik Alçı Kalıbı



Görsel 18: Peçetelik Araldit Teksir Kalıbı



Görsel 19: Basınçlı Döküm Kalıbı Hazırlama Aşaması



Basınçlı döküm kalıbı teksir üzerine özel bir malzeme olan polimer kullanılmaktadır. Teksire ayırıcı sürülerek çivileme işlemi yapılır, basınçlı döküm kurgusu oluşturulur.

⁸ Araldit: Çoğaltma kalıplarının alçıdan daha mukavemetli olan sert yüzeyli kimyasal malzemedir.

Kalıbın tek parçası üzerinden özel bir malzeme yapılarak, ölçüleri hazırlanır ve kalıp tek parçası üzerine dökülür. Aynı işlemler diğer kalıp parçasında da yapılarak, basınçlı döküm kalıbı oluşturulur. Basınçla üretilecek olan kalıp üretime hazır hale getirilir.

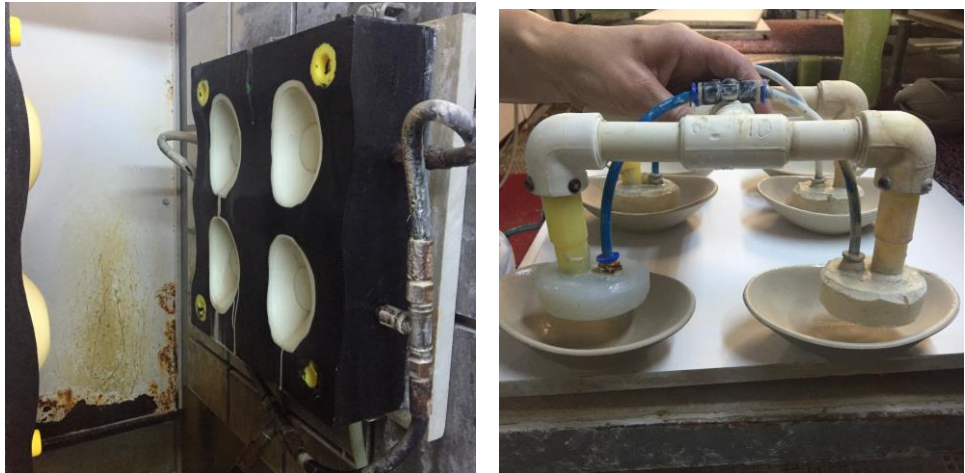
Hazır hale getirilen kalıpların, aynı zamanda şekillendirme sırasında kalıptan alınması amacıyla kullanılan vantuzlar yapılır. Vantuzlar mamulün adet sayısına göre tekli ya da çoklu olarak oluşturulur.

Görsel 20: Peçetelik Basınçlı Döküm Kalıbı



Basınçlı döküm sisteminde “Döküm çamuru sentetik kalıpların içine ilk olarak basınçsız, çamurun kendi ağırlığı ile doldurulur. Çamur belli bir miktar doldurulduktan sonra 10-15 bar basınç ile sentetik kalıplara basılır ve kalınlık alma başlar. Kalınlık alma süresi yaklaşık olarak 12-20 dakikadır. Bu sürede döküm çamuru 8-9 mm kalınlık alır” (Kundul, 2013, s. 237).

Görsel 21: Basınçlı Döküm Sisteminde, Döküm Aşaması



Görsel 21’de mamullerin kalıptan çıkartılma aşaması gösterilmiştir. Basınçla üretilen mamullerin vantuz yardımıyla kalıptan alınarak, rötuş işlemleri yapılır. Sonrasında mamulün kontrolü sağlanarak, kurutma odalarına yerleştirilir.

1.3.4. Ram Pres Şekillendirme Sistemi

Ram pres; ilk olarak 1940 yılında Amerika da, tabak, çanak gibi seramik ürünlerin üretimi amacı ile yapılmış ve geliştirilmiştir. Çalışma prensibi; yarı sertlikteki plastik çamurun, özel olarak üretilmiş sert pres alçısından yapılmış, gözenekli iki parçalı alçı kalıp arasında dikey hareket ile uygulanan basınç sayesinde sıkıştırılması, preslenmesidir (Kundul, 2013, s. 249)

Görsel 22: Ram Pres



Kaynak: (Kundul, 2013, s. 252)

Ram pres şekillendirme sisteminde yuvarlak olmayan farklı form yapısına sahip süs ve sofraya eşyası üretimi yapılmaktadır. Ram pres de alçı kalıplar kullanılarak presleme işlemi gerçekleştirilir. Kullanılan alçı özel olarak hazırlanır, genel olarak az su emme ve alçının geç donması önemlidir.

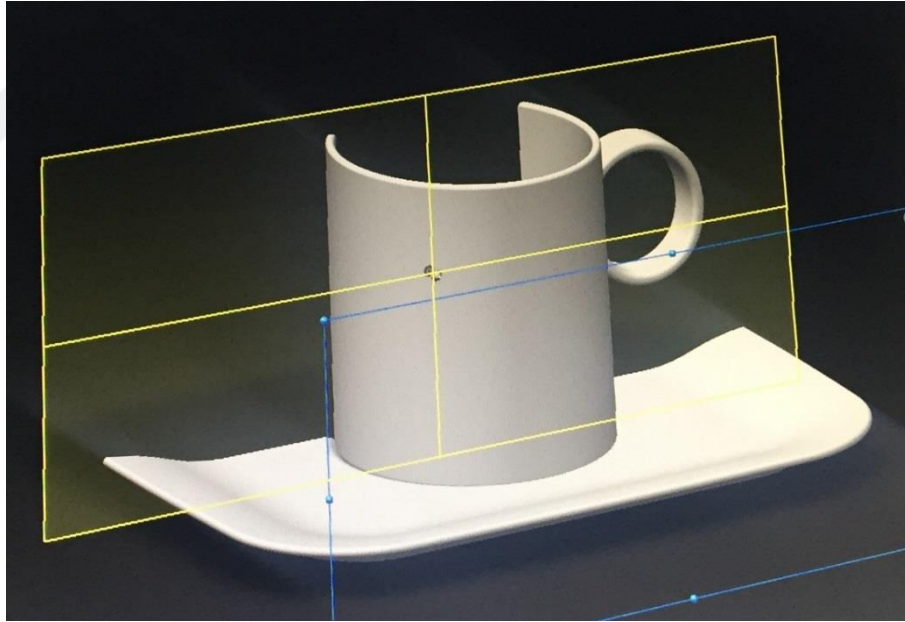
BÖLÜM 2: PORSELEN SOFRA EŞYASI ÜRETİMİNDE KARŞILAŞILAN DEFORMASYONLAR

2.1. Porselen Üretiminde Deformasyonların Nedenleri

2.1.1. Tasarım Faktörü

Tasarımlama işi veya zihinde tasarımılanan şekil, tasavvur anlamına gelir. İki katlı, balkonlu bir ev düşününüz dendiğinde herkesin zihinde canlanan ev şekli birer ev tasarımıdır. Her bir tasarım kesinleşmiş ve mükemmelliğe erişmiş olmamakla birlikte istenilen amaca cevap veren bir düzeni, ortalama bir büyüklüğü ve netleşmiş biçimleri içerir. Bu nedenle tasarım, bir projenin, bir eserin zihinde düşünülen hali sayılır. Bir tasarım, kağıt üzerine çizilmek ya da başka bir tarzda ifade edilmek suretiyle TASARI haline gelir. Tasarım, form sözcüğünün mimarlıktaki karşılığıdır. (Güngör, 2005, s. 5).

Görsel 23: 3D Tasarlanan Kahve Fincanı



Tasarımcı, seri üretim sistemleriyle üretilecek bir ürün tasarımıyorsa ürünün malzeme ve üretim süreçlerinin bilgisine vakıf olması beklenir, bu durum özellikle seramik ve porselen tasarımı için daha da önemlidir. Tasarımcı üretim sürecine hâkim değilse ve seri üretimi zorlayan ürünler tasarlandıysa, üretim yöntemlerinin çalışmasını zorlaştırmaktadır. Seri üretime uygun tasarım gerçekleştirmek, porselen üretiminde karşılaşılan deformasyonları engelleyen önemli faktörlerden birisidir. Bu etken aynı zamanda, porselen üretim sistemlerinin sorunsuz işleyebilmesi için de gereklidir.

Üretim aşamalarında formun şekli deformasyona etki eden diğer bir faktördür. Tasarım aşamasında gerçekleşecek olan ürün kadar kalıp tasarımının da önemi bulunmaktadır. Örneğin tasarlanan ürünün kalıp parçalarının doğru oluşturulmaması ve keskin açılarının (kalıptan çıkma açısı) doğru olmaması deformasyona sebebiyet verebilmektedir.

2.1.2. Hammadde Seçimi ve Reçetenin Deformasyona Etkisi

Porselen üretiminde hammadde hazırlanma aşamasıyla, şekillendirilecek ürüne göre oluşturulan çamur şekillendirme sistemlerine göre işlemlerden geçirilir; porselenin bünyesinde kullanılan reçeteye göre, hammadde miktarları belirlenmektedir. Kullanılacak olan Hammadde oranları reçeteye göre seçilerek oluşturulur.

Porselen bünyeler 1220°-1350° C (2228 °-2462 ° F), Kon aralığında pişirilir; beyaz camsı ve yarı saydam olması ile karakterize edilir. Genellikle kaolen, feldspat ve kuvars içerirler. Porselen bünyelerde plastik kil kullanımı transparan özelliğini bozar. Kullanılmaması halinde ise bünyenin ham mukavemeti ve kuru küçülmesi azalır. Ham mukavemeti ve plastikliği arttırmak için bentonit veya organik plastikleştiriciler kullanılır. Porselen bünyede kullanılan kuvars çok ince tane boyutlu olduğu zaman cam faz oluşmaz. Bu nedenle kuvarsın tane büyüklüğüne dikkat etmek gerekir (Fraser, 2010, s. 14).

Porselen bünyede kullanılan hammaddeler tabloda gösterilmektedir.

Tablo 1:
Üretimde Kullanılan Birincil Hammaddeler

Hammadde	Kompozisyon	Genel Safsızlıklar
Ball Clay (plastic)	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	Kuvars, TiO_2 , Fe_2O_3
Kaolen (china) Clay	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	Montmorillonit, kuvars
Sodyum Feldispat	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	K_2O , CaO , MgO , kuvars
Potasyum Feldispat	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	Na_2O , CaO , MgO , kuvars
Nefelin Siyanit	$K_2O \cdot 3Na_2O \cdot 4Al_2O_3 \cdot 9SiO_2$	CaO , MgO , kuvars
Alümina	Al_2O_3	Na_2O
Kuvars	SiO_2	TiO_2 , Fe_2O_3

Kaynak: (Özer, 2009, s. 8)

Porselen üretiminde kullanılan plastik çamurun kesinlikle vakum presten geçirilmesi gerekir. Bu nedenle, çamur üretim planında, çamur plastik olarak şekillendirilecekse, filter pres aşamasından hemen sonra, vakum pres devreye girer (Özer, 2009, s. 14).

Porselen sofraya eşyası üretiminde, çamur reçetesini oluşturan hammaddelerin oranlarındaki hatalardan veya kalitesiz hammadde kullanımına bağlı olarak ürünlerde deformasyon oluşumları görülebilmektedir. Porland Porselen model tasarım müdürü Hayri Vardar ile yapılan röportajda konu ile ilgili şu bilgileri vermiştir;

Deformasyonlar hammaddeden başlayarak, fırınlanma aşamasına kadar birçok sebepten oluşur. Kalitesi düşük hammadde kullanımının da deformasyon çeşitleri üzerinde etkileri vardır. Hammaddede ki plastikliğin fazla olmasıyla, kalıptan çıkartılan yarı mamullerin çatlak oluşumları ve eğilmeleri engellenir. Reçete üzerindeki değişimlerde deformasyona en çok etki eden hammaddeler feldspatlar ve kuvarstır.

Kullanılan reçetenin deformasyonlar üzerinde etkili olduğu, bu nedenle feldspat gibi eriticilerin oranlarının yüksek tutulması gereklidir. Dolayısıyla hammadde kullanımı ve kontrolleri dikkatli bir şekilde sağlanırsa reçetede katkı oranlarının sabit kalması sağlanır (Vardar, 2018).

Porland Porselen üretim bünyesi Şefi Sevgin Kurular ile yapılan röportajda hammaddelerle ilgili şu bilgileri vermiştir;

Porselen üretim reçetesinde, deneme, yanılma yöntemiyle yapılmış ve kullanılan reçetenin, süreç aşamasında yanlış tartılma ve uygulama kaynaklı sorunlar oluşabilmektedir. Reçetenin düzgün, birebir tartımı ve uygulaması deformasyonların engellemesi açısından önemlidir.

Reçetenin üretimde düzgün şekilde ve doğru uygulanabilmesi için kullanılan hammaddelerin tedarikçi firmalardan sürekli aynı homojenlikte ve kalitede gelmesini sağlamak için kontrollerinin yapılması gereklidir. Bir hammaddenin alındığı tedarikçisinin üretimi sırasında değişen şartlara bağlı olarak hammaddeyle birlikte porselen reçetesine girdiğinde fiziksel olarak değişimlere (deformasyonlara) neden olabilmektedir. Hammaddelerin içeriğindeki sodyum oksit ve potasyum oksit oranları da deformasyonu etkilemektedir. Hammaddelerin üretildiği firmalardaki ocakların veya üretim sahası değişmesi koşullarında da, çamur reçetesi aynı olsa bile mamullerde deformasyonlar oluşur (Kurular, 2019).

Üretimde kullanılan sır şeffaf olduğundan görünen renk gövdeye aittir. Bu nedenle kullanılan hammaddeler temiz olmalıdır. Ayrıca ürün çeşidi çok fazla olduğu için deformasyon vs. gibi hataların görülme ihtimaline karşılık da kullanılan hammaddeler yüksek saflıkta olmalıdır. Bunula birlikte hammaddelerin öğütülmüş olması ve 45 µ boyutunun altında olması istenir. Tüm bu sebeplerden ötürü sofa eşyası üretiminde hammadde giderlerin önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Özen, 2015, s. 10).

2.2. Üretim Sistemlerine Göre Deformasyon Çeşitleri

Porselen sofa eşyası üretimindeki farklı şekillendirme sistemlerinde tasarım aşamasından başlayarak fırınlanmasına kadar olan süreçlerde birçok etkene maruz kalabilmektedir. Mamulün et kalınlığının gereğinden ince olması, mamulün uygun ağırlığa ulaşmaması ve tasarım faktörü deformasyon oluşumuna sebep olan etkenlerdir.

İzostatik toz presleme sisteminde en önemli kısım kalıp tasarımı ve üretim şartlarıdır.

Döküm sisteminde deformasyon önlemleri en başta model yapımında alınması gereken aşamadır, modelin üzerinde yapılan hatalar üretim aşamasında problem olarak karşımıza çıkabilir. Diğer bir döküm yöntemi olan basınçlı dökümde model önlemlerinin alınması dışında, üretim aşamasında da birçok deformasyonlar görülebilir

2.2.1. İzostatik Toz Presleme Sisteminde Karşılaşılan Deformasyonlar

İzostatik toz presleme sisteminde “Presleme sırasında basıncın malın her tarafına çok eşit dağılabildiği izostatik (veya hidrostatik) presler vardır. Sıvıların kendilerine yapılan basıncı, her tarafa aynı şekilde iletmesi prensibinden yararlanılarak geliştirilen bu preslerde, üretilen basınç, çamurun her tarafına aynı eşit basıncı yaptığından, elde edilen ürün hatasız olur (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 67).” Üretim aşamasında alınan önlemlerin bir çok nedene bağlı olarak gerçekleşen sonuçlar görülebilmektedir. Bunlar ilk olarak kalıp tasarımına faktörüne (eğilme, çökme) bağlı deformasyonlar kalıp tasarımından kaynaklı deformasyonların dışında preslemede üretim şartlarına bağlı olarak gelişen deformasyonlar görülebilir.

2.2.1.1. Kalıp Tasarımı

Tasarımcı, izostatik toz presleme sisteminde ürünlerin kalıp tasarımlarını gerçekleştirmeden önce prototip⁹ üzerinde ürünün uygunluğunu belirler. İstenilen uygunluğa sahip prototip çalışmasının kalıp tasarımı aşamasına geçilerek presleme

⁹ Prototip: ilk örnek, model (TDK, 2019).

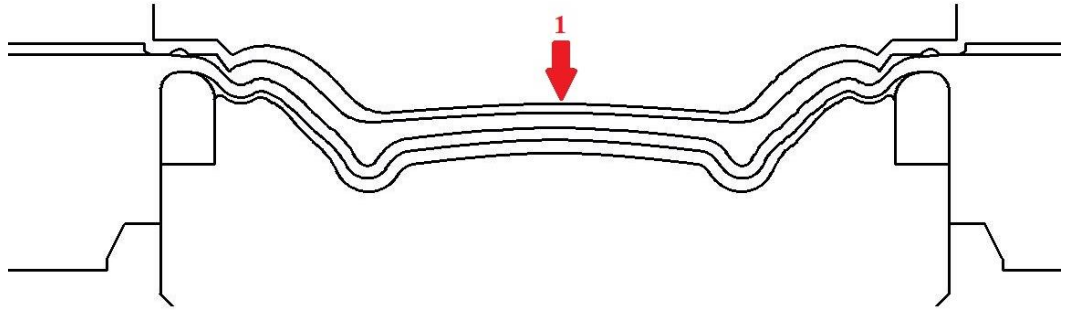
sisteminin parçaları 3D modelleme programında oluşturulur. Kalıp tasarımı çizimleri yapılırken kuru presleme sisteminde karşılaşılabilecek deformasyonlar model ölçüsünde ve rötuş paylarıyla hesaplanarak çizim oluşturulur. İzostatik toz presleme sisteminde çökme ve eğilmeler sıklıkla görülen deformasyonlardır.

Ürün Çökmesi (ön gerilim):

Çeşitli üretim metotları ile üretilen silindirik formlarda veya düz formlarda, kuruma ve pişme sırasında içe doğru çökmeler meydana gelebilir, bunu önlemek için model yapılırken modelin yüzeyi düz yapılamaz, meydana gelen deformasyon (içe çökme ölçüsü kadar) kadar dışa bombe verilir. Kuruma ve pişme sonucunda modelde istenilen düz yüzeye ulaşılır.

İzah edilen deformasyon, daha çok porselen çamurunda üretilmiş ürünlerde görülür. Köşeli ve yüksek kenarlı tabaklar da, kenarların düz olması için, tabakların modeli yapılırken kenarlar daima dışarı bombeli olarak yapılmalıdır. Kalıptan çıkan ürün kuruduktan ve piştikten sonra istenilen düzlüğe gelecektir. Modelde verilecek bombenin ölçüsü, model büyüklüğüne, kullanılan çamurun cinsine ve pişme derecesine göre değişir. Modelci deneyerek ve tecrübesi ile tespit eder (Kundul, 2013).

Görsel 24: Kalıp Tasarımında Ön Gerilim (Taban Bombesi)



Presleme sisteminde tasarlanan kalıp parçalarında çökme probleminin yaşanmaması için kalıp tasarımında görsel 24’de kesit bölgesinde gösterilen önlemlerin alınması gerekmektedir. Tasarımı gerçekleştirilen ilk ürünün boyutlarında ve şeklinde farklılıklar oluşabilmektedir. Bunlardan en önemlisi de üründe oluşabilecek deformasyonların kalıp tasarımında hesaplanmasının en doğru şekilde önceden tespit edilerek uygulanabiliyor

olması önemlidir. Deformasyonların tasarım aşamasında kalıpta verilen ön gerilimi ve fırından çıktıktan sonraki taban görüntüsü görselde gösterilmiştir.

Görsel 25:Kalıp Tasarımı Üzerinde Ön gerilim Hareketi



Kaynak: Porland Porselen A.Ş. Arşivi

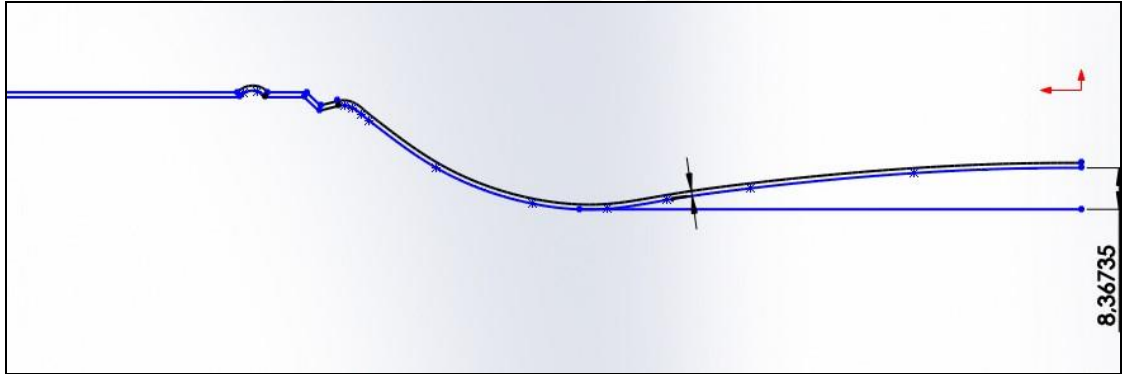
Tabaklarda oluşan çökmelerin sonucunda deformasyona uğramaması için ön gerilim olarak adlandırdığımız yöntemin kullanılmasıyla deformasyon oluşması engellenmektedir. Tasarım aşaması tamamlanan ürünlerin fırın çıkışındaki deformasyonlarına bakıldığında istenilen ölçülerden farklı ve tabanda çökmenin olduğu görülebilir. Kalıp tasarımının da verilen ön gerilim bazı formlarda yeterli olmaması durumunda tekrardan ön gerilimin arttırılması gerekmektedir.

Görsel 26: Deformasyon payının hesaplanması



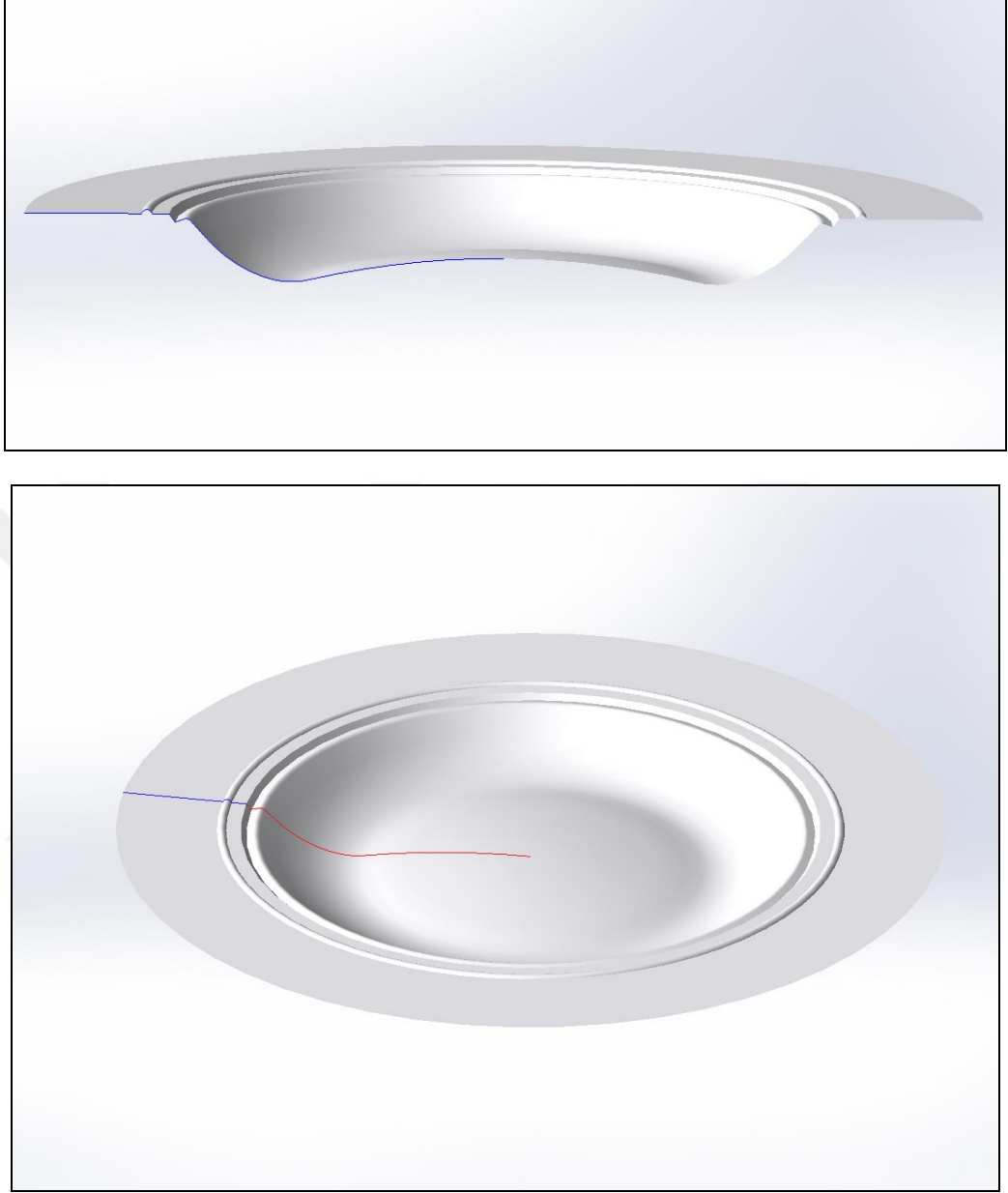
Ön gerilim arttırma işlemi için, porselen ürün üzerinden deformasyon ölçümleri yapılarak, ürünün çökme payı ve tabanda görülen deformasyonu hesaplanır. Yeterli ön gerilimin verilmesi için ürünün merkez noktasından ölçüm aleti (kumpas) yardımıyla hesaplaması yapılır. Çökmenin ölçülmesiyle, kalıp çizimi üzerinden parçaların revizyon işlemleri gerçekleştirilir.

Şekil 7: Çizim Üzerinde Ön Gerilimin



Ön gerilimin şekil 7'deki gibi arttırılarak çökme işlemi için kalıp tasarımı yenilenilir. Tespit edilen çökme hesaplanarak tekrardan CAD/CAM olarak metal işlenerek kalıp parçaları yenilenerek deformasyon önleme çalışmaları gerçekleştirilir. CAD/CAM olarak ürün tabanında uygulanan ön gerilim çizim üzerinde tekrardan %11 ile %13 arasında hesaplanarak kalıp çizimi değiştirilir.

Şekil 8: 3D Kalıp Tasarımında Ön Gerilimin Oluşturulması

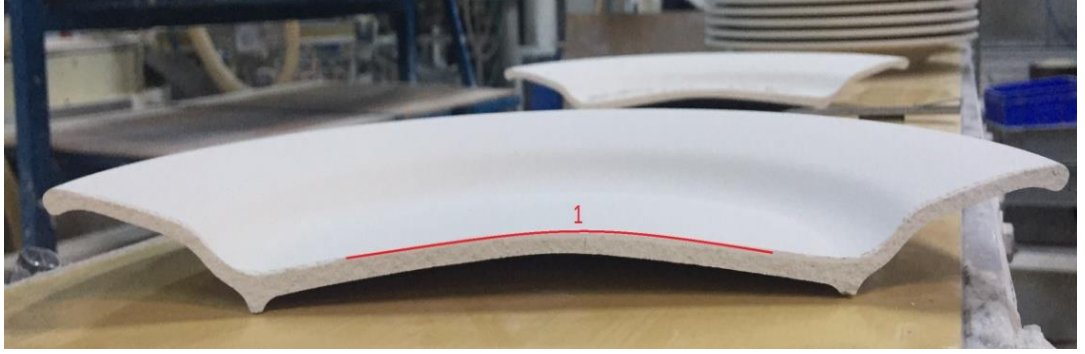


Şekil 8’de tasarım üzerinde deformasyon payının uygulaması gösterilmiştir. Kalıp tasarımında gösterilen bölgelerde ön gerilim işleminin hesaplanması yapılarak 3D çizim programında oluşturulmuş olarak gösterilmiştir. Hesaplamaları model ölçüsünün üstünden artı olarak verilir. Yeterli gelmediği durumlarda tabağın dip bölgesinde çökmeler meydana gelir. Presleme sisteminde üretimi gerçekleştirilen tabaklarda genel olarak ayaklı tüm modellerde alınan önlemdir.

Model yapılırken verilen ön gerilim bombesinin derinliği de önemlidir. “Bu derinlik formun büyüklüğüne, küçüklüğüne göre değişik olur. Formun ayak kısmı(taban) düz

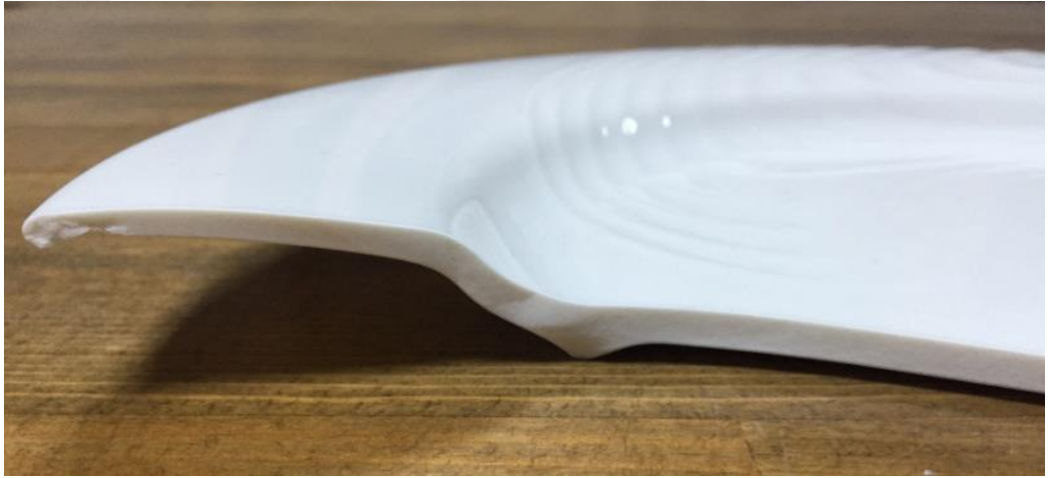
olmamalıdır. Mutlaka bombeli olmalıdır. Bombenin ölçüsü, yüksek derecede pişen ürünlerde fazla olmamalıdır” (Kundul, 2013, s. 133).

Görsel 27: Ön Gerilim Uygulanan Yarı Mamul



Örnek olarak gösterilen görsel 27’ de 1 nolu bölgede revizyon yapılan mamulün izostatik toz presleme yöntemiyle basılmış yarı mamul hali gösterilmiştir. Mamuldeki ön gerilim kalıp tasarımında verilen ölçüleriyle aynıdır. Sıkıştırma sırasında ön gerilim de herhangi bir değişiklik görülmez.

Görsel 28: Porselen Ürün Kesiti



Ürünlerin fırın çıkışından sonraki deformasyon kontrolleri sağlanır. Ölçülerin hesaplanması sonucunda hesaplanan deformasyon payı uygun gelmediği durumlarda yapılan yenileme işlemleri aynı pres kalıplarının parçasında revizyonları sağlanarak ön gerilim arttırılır.

Bazı ürünlerde ön gerilim işlemi uygulaması gerekli görülmez. Bu ürünler ayak kısmı olmayan düz olarak tasarlanan ürünlerdir ya da tabanında takviye ayak uygulaması yapılan tasarımlardır ve modelleri oluşturulurken sadece model ölçüleri hesaplanır.

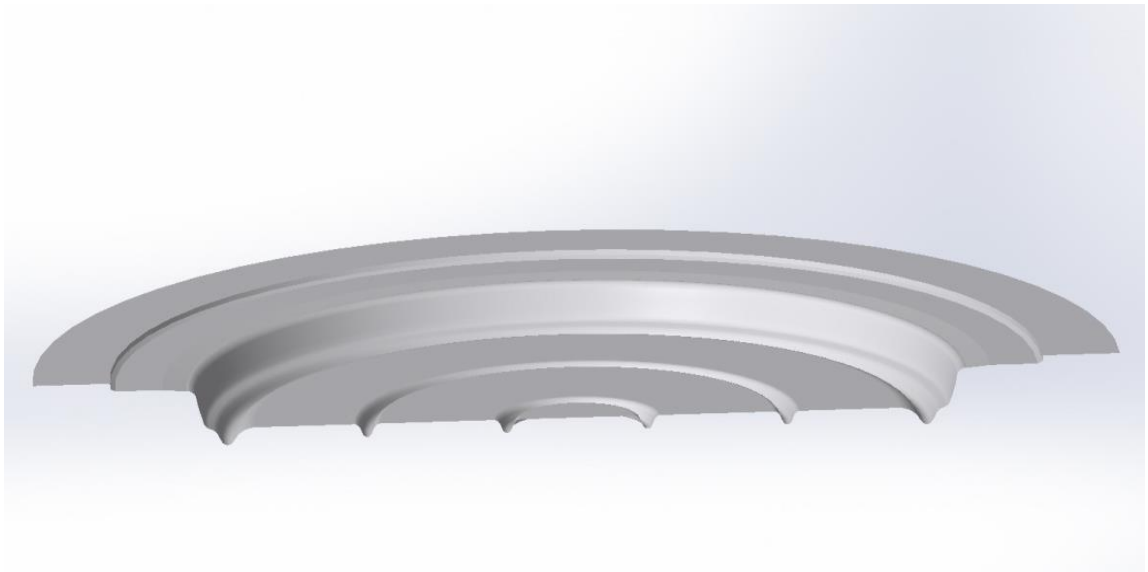
Ürün çökmelerinin birçok sebepleri bulunmaktadır. Bunlar; mamulün olması gereken gramajın altında üretilmesi, et kalınlığının ince olması ve tasarım kaynaklı sebeplerin yer almasıdır.

Ürün Çökmesi (Takviye ayak):

Pişmiş ürünlerdeki deformasyonları önleme çalışmaları model çizimleri üzerinde yapılır. Taban bölgeleri geniş olan ürünlerde deformasyon önlemi olan ön gerilim uygulaması dışında “takviye ayak” olarak adlandırdığımız ilave ayak sistemi uygulanmaktadır. Ürünlerin ayak yüksekliğinden genellikle 1 mm yukarıda(takviye ayak çökmesi sonucunda tabana oturması ve bombe oluşmaması amacıyla formun tabana oturduğu yerden 1mm yukarıda olacak şekilde yapılır) olacak şekilde tabağın taban bölgesine uygulanır. Takviye ayak eklenmesi formun yapısına göre değişkenlik gösterebilir. Yani kayık tabaklarda sadece düz parça halinde tabağın merkezine konularak yapılır. Yuvarlak tabaklarda ise formun şeklinde yuvarlak olarak yerleştirilir, gerekli görüldüğü takdirde görsel 29 ve 30 'da ki gibi birden fazlada uygulanabilir.

Takviye ayak uygulaması presleme sisteminde kalıp tasarımı aşamasında tasarlanan kalıbın parçasına ek olarak çizilir. Takviye ayak uygulaması yapılan bölgeye deformasyonu önlemek amacıyla yaptığımız ön gerilim hareketi uygulanmaz. (bkz görsel 27) Tabağın taban gölgesi çökmemesi için alınan takviye ayak yeterli gelmektedir.

Görsel 29: Kalıp Tasarımında Kontra Ayak



Görsel 30: Kalıp Tasarımı Üzerinde Çizim Kontra Ayak



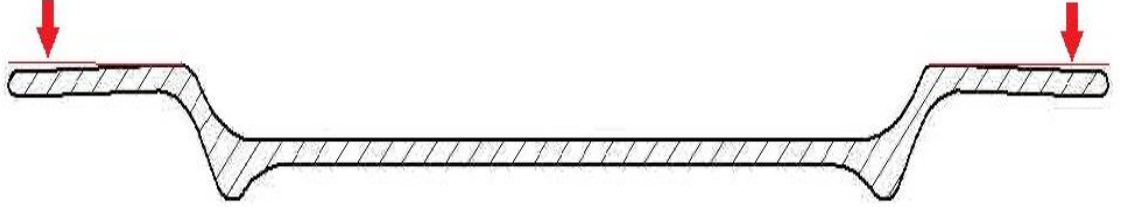
Ürün eğilmeleri:

Porselen sofraya eşyası üretiminde düz tabak, kayık tabak ve kâse gibi ürünlerin her birinde çeşitli deformasyon biçimleri görülebilir. Üretilen ürünlerin ISO 9001 standartlarına uygun olarak gerçekleşmesi önemlidir. Porselen tabak gruplarında en çok karşılaşılan deformasyonlar mamulün yan kısımlarının yüksek sıcaklıklara maruz kalmasından dolayı gerçekleşen ürün eğilmeleridir. Bu eğilmeler mamulün üretiminin gerçekleşmesinden önce model kalıp yapımında ayarlanarak ön gerilimleri uygulanır. Ürünün çeşitli bölgelerinden sağa, sola ya da yan kısımlarından yatması mamullerde en sık rastlanan deformasyon çeşitleridir.

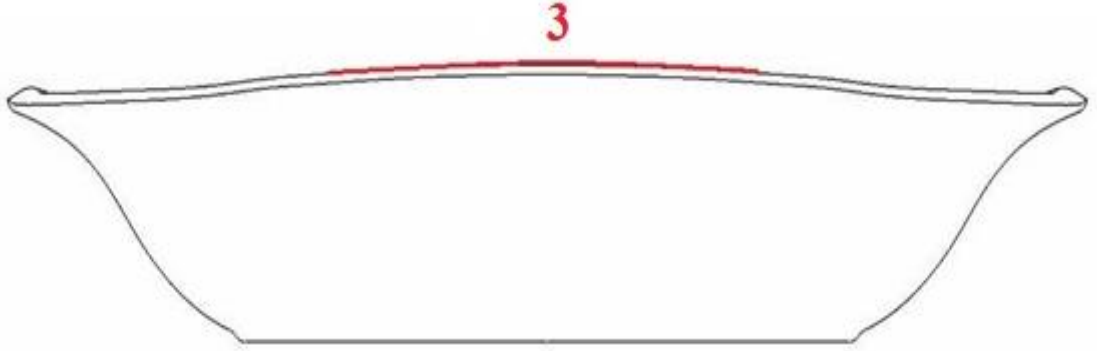
İzostatik toz presleme sisteminde şekillendirilen mamullerde sıklıkla görülen deformasyon çeşidi ürün yanaklarında görülen eğilmelerdir. Bu deformasyon çeşidi genellikle tasarım faktöründen kaynaklı bir problem olmakla birlikte, mamul et kalınlığı ve model kalıp yapımında hatalı tasarım yapılması, deformasyon payının verilmemesi

sonucunda görülen eğilmelerdir. Yanak bölgesi olan tüm ürünlerde deformasyon önleme uygulaması yapılmadığı takdirde görülme olasılığı yüksektir. Bu yöntem daha çok yanak bölgesi geniş ve düz ürünlerde sıklıkla kullanılmaktadır.

Şekil 9: Dairesel Tabak Yanak Eğilmesi, 1/1 teknik Çizim



Şekil 10: Dikdörtgen tabak ürün eğilmesi



Şekil 9 ve 10’da model çizimi gösterilen izostatik toz presleme de üretimi yapılacak olan tabağın, yan bölgesinde belirtilerek deformasyona maruz kalan bölgeler gösterilmiştir. Yapılan çukur tabak uygulamasının yukarı eğim hareketiyle sağlanması da mamulde oluşabilecek eğilmelere karşı alınması gereken deformasyon önlemleri de çizimde belirtilmiştir.

Pres kalıp tasarımında, “ bazı formlarda tabağın yanak kenar ucunun et kalınlığı, gövde et kalınlığından incedir. Örnek olarak, gövde et kalınlığı 6 mm ise, yanak kenar ucu kalınlığı 4 mm'dir. Tabak yanak kenarının uç kısmına yarı yuvarlak bir çıkıntı yapılır, bunun adına deformasyon halkası denir” (Kundul, 2013, s. 132). Deformasyon halkası (gerilim halkası) eklenen ürünlerde kenar dayanıklılığı yüksek olmaktadır.

Tabakların yan bölgelerinin eğilmesi dışında dış kısımlarında da eğilmeler olabileceği gibi, formun üst kısmının çok açık olması, ince olması vb. etkenlerden dolayı da

deformasyon oluşumları görölebilir. Bütün bu deformasyon önlemlerinde eğim ölçüleri deformasyon paylarına göre hesaplanarak, mamule uygulanması gereken en uygun eğilme payı verilir.

Porselen tabak ve kâse grubu ürünler içinde benzer deformasyon önlemleri uygulanmaktadır.

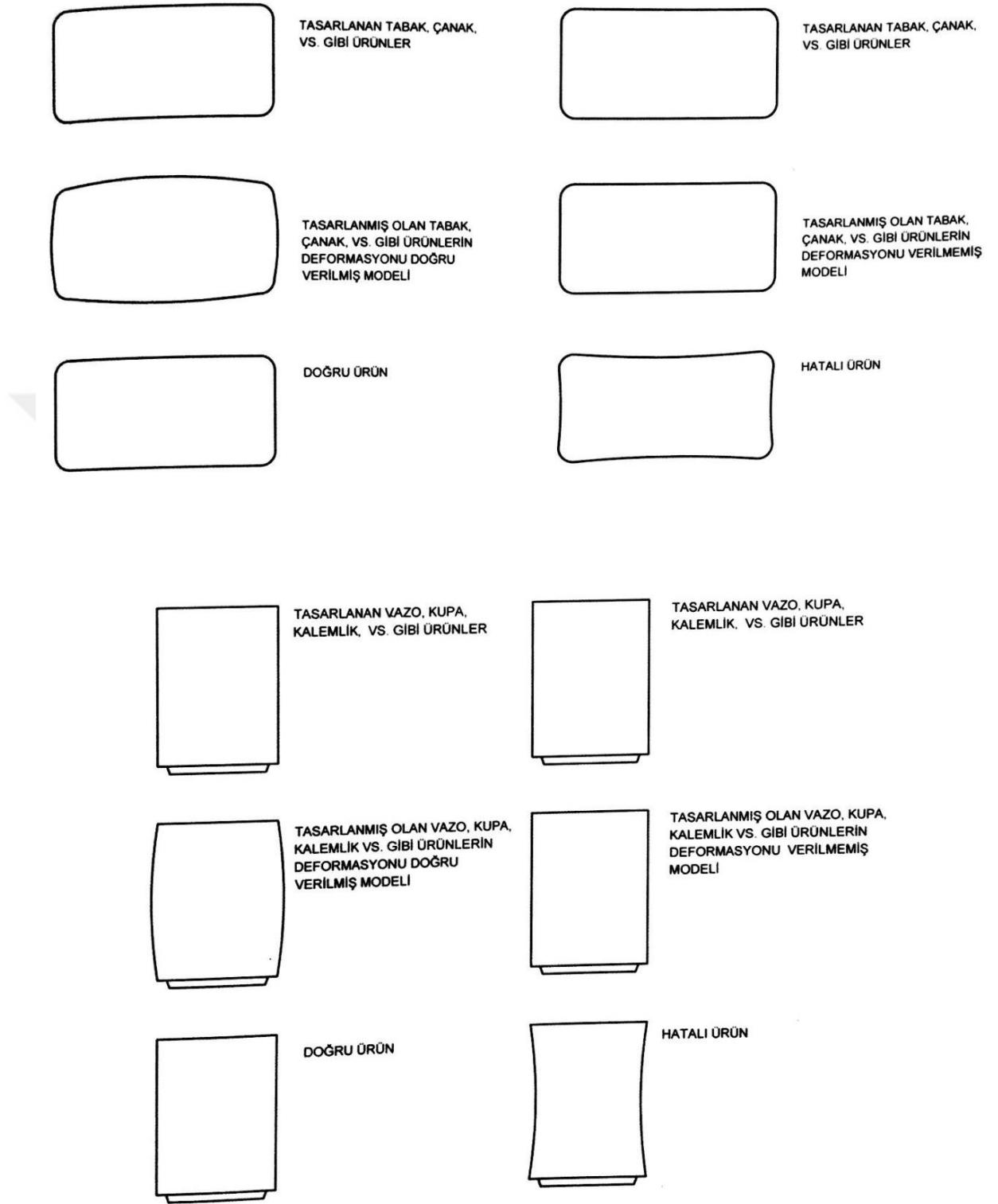
Görsel 31: İzostatik Toz Presleme Sisteminde Ürün Eğilmesi



Dikdörtgen tabağın yan bölgelerinde oluşan deformasyonu önlemek amacıyla görsel 31’de 1 nolu bölgede yukarı eğim uygulanması gerçekleştirilmiştir. Belirtilen kısımda kullanılan eğim mamulün porselen ürün haline geldiğinde istenilen düzlükte çıkması için verilmektedir.

Mamullerin yanak kısımlarında görölen eğilmeler tasarım aşamasında bombe verilerek giderilmektedir.

Şekil 11:Tabaklarda ve Silindirik Yüzeylerde Yüzey Deformasyonu



Kaynak: (Kundul, 2013, s. 133).

Mamullerde görülen eğilmeler tasarım aşamasında şekil 11’de gösterildiği gibi bombe verilerek giderilmektedir.

Bu bölgede verilen tersine eğimin az olması durumunda, deformasyon sonucuna göre revizyon çalışmaları yapılmaktadır. Mamule uygulanan tersine eğim hareketi tüm köşelerde eşit olarak uygulanarak, bütün deformasyon paylarının verilmesiyle oluşturulur.

Tabağın yan kısımlarına uygulanan ters açıdaki eğimin ayarlanması bazı durumlarda yeterli gelmeyebilir, böyle durumlarda açının biraz daha artırılması gerekebilir. Tabaklar da uygulanan bu eğimin verilmesi gereken bölgeler genellikle yan kısımlardır. Tabağın formunun farklı olması yuvarlak, kare veya dikdörtgen olması deformasyon riskini etkilemez, bu gruptaki tüm ürünlerde aynı dış bükey deformasyon önlemleri uygulanır.

Ürün Çatlakları:

Çatlaklar gövdedeki gerilimler nedeniyle oluşur. Bazı killer ve formlar çatlamaya karşı diğerlerinden daha fazla dayanıklıdır. Fakat ürünün tasarımı, kurutma ve pişirme şartları uygunsa plastiklik yönünden zayıf killer de bile çatlama görülmez. Çatlaklar kendiliğinden oluşmazlar, oluşumuna sebep olan nedenler vardır. Aniden de ortaya çıkmazlar, gövdede oluşan bazı hataların ve maksimum gerilimlerden oluşur ve sonra da yayılırlar. Bir çatlağın yüzeyi ve kenarları çatlağın kaynağı hakkında önemli ipuçları verir. Çatlağın her iki tarafındaki kenar ve yüzeyin pürüzlü olması kurutma sırasında oluşmuş yavaş ilerleyen bir çatlak olduğunu gösterir. Bununda yapım sırasındaki gerilimlerden ortaya çıktığı düşünülür. Diğer taraftan hatanın kaynağını belirlemek için izlenen daha iyi bir yöntemde çatlağın şeklini ve yolunu incelemektir. Çatlağın en geniş ucu muhtemelen başlangıç noktasıdır (Fraser, 2010, s. 29).

Porselen üretiminde çatlak kontrollerinin sağlanması için bisküvi aşamasındaki mamule triyaj¹⁰ boyası sürülerek gözle görülemeyenler çatlakların kontrolleri sağlanır. Triyaj boyasının porselen bünyeye karşı hiçbir zararı bulunmayıp aynı zamanda pişirim esnasında kaybolmaktadır.

¹⁰ Triyaj: Anilin boya,(ispirto ve su ile eriyen) boya çeşitleri (Gomalak, 2019).

Görsel 32: Triyaj Boyasıyla Çatlak Kontrolü



Görsel 33: ürün çatlağı

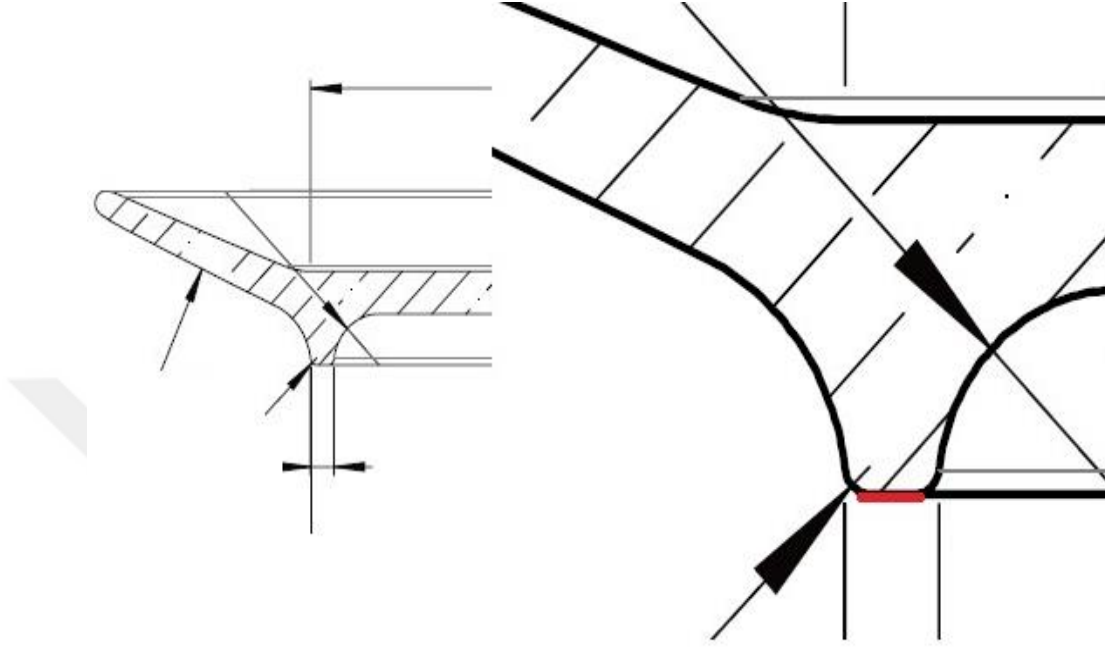


Yüzey ve Ayak Çatlakları:

Porselen üretiminde izostatik toz presleme yöntemi kullanılarak yapılan formların keskin oluşturulan yüzeylerinde basınç kaynaklı (sıkışmaya maruz kalan yüzeyler) çatlaklar görülebilmektedir. Çatlakların olduğu yüzeylerde kopmalar ve tabakların yüzeylerinde hafif kılcal çatlaklar oluşabilmektedir. Aynı zamanda tabakların uç kısmında ve yanak dip kısmında çatlak oluşumları görülebilmektedir. Yüzey

çatlaklarının en çok görüldüğü bölgeler ise; ayak (iç, dış), yanak uç kısımları ve dip bölgeleridir.

Şekil 12: Mamullerde Görülen Ayak Çatlağı Bölgesi



Presleme sisteminde Şekil 12’de belirtilen bölgede (ayak iç) çatlak oluşmaması için kalıp tasarımında formun geometrik yapısına uygun açının verilmesi gerekir.

Kenar Çatlakları:

Mamuller de karşılaşılan kenar çatlaklarının birçok nedenleri bulunmaktadır:

1. Mamulün olması gerekenden ince olması
2. Eşit et kalınlığına sahip olmaması
3. Dökümle şekillendirilen mamullerin kurutma esnasında nemli ortamda kalması
4. Rötüş işleminin doğru yapılmaması gibi etkenler bulunmaktadır.

Porselen sofraya eşyası üretiminde şekillendirme yöntemlerine bağlı olarak tabak çeşitlerin de kenar çatlakları görülebilmektedir. İzostatik toz presleme yöntemiyle şekillendirilen bir üründe kenar çatlağı, yan ve taban bölgelerinin kenarlarında çeşitli sebeplerden dolayı oluşan çatlaklarda görülür. Tabak ve kâse gruplarında en çok yan kenar bölgelerin de, formun yapısından kaynaklı (köşelerin keskin olması) çatlaklar görülebilmektedir. Bu tür çatlakların giderilmesi amacıyla yapılan önlemler arasında,

ürünlere kalıp, yapım aşamasında açılarının doğru verilmesi ve et kalınlığının uygun olmasının sağlanması gibi deformasyon önleyici yöntemler yer alır. Söz konusu önlemlerin alınması doğrultusunda izostatik toz preslemede üretilen bir mamul de kenar ve ayak çatlaklarının önlenmiş olacaktır.

Görsel 34: Basınçlı Döküm Sisteminde Ürün Çatlağı



Görsel 34’de oluşan ürün çatlağı birçok sebepten etkilenmiş olabilir. Bunlar formun geometrik yapısından veya kalıp hatalarından kaynaklı oluşabilecek çatlaklardır. Dökümle şekillendirme ve plastik şekillendirme yönteminde yüzey çatlaklarının en önemli faktörleri mamulün hızlı kurutulması, basınçlı döküm sisteminde döküm ağzının hatalı yere yerleştirilme ve çok ince dökülmesi (gramajın altında) sebebiyle oluşan çatlaklardır (Vardar, 2018).

2.2.1.2. Üretim Şartları

İzostatik toz presleme sisteminde çeşitli tip de presler kullanılmaktadır. Kalıp tasarım aşamasından sonra üretim süreçlerinde deformasyonlar oluşabilmektedir. Hammaddeden fırın çıkışına kadar olan süreçte mamullerin her türlü etkene maruz kalma riski bulunmaktadır.

Presleme hatalarının başında, basıncın preslenen malzemenin her tarafında aynı olmaması gelir. Özellikle et kalınlığı derinlemesine fazla olan mallar da, alt bölgelerde iyi bir sıkışmanın olmadığı görülür. Bu hata sonucu, üretilen malın kururken ve pişerken çatladığı ve deforme olduğu görülür. Pres çamurunun rutubetinin her tarafta aynı olmaması da şekillendirme hatalarına yol açar (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 66).

Üretimden kaynaklı bir diğer deformasyona etkeni; kullanılan çamurun nem oranıdır. “% 4- % 8 rutubetli çamurla presleme, kuru şekillendirmenin sınırlarına girer. Bazı durumlarda bu az rutubeti, daha preslerken daha da azaltacak bir sistemdir. Bu da alt ve üst plakaların, aynı ütülerde olduğu gibi rezistansla ısıtılmalıdır” (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983).

Mamulün pres makinesinde şekillendirilmesi sonucunda deformasyon riski bulunur, kalıplardaki formların şekillendirilmesi sonucunda mamulü makinenin alt kısmında bulunan bölgeye bırakma işlemi gerçekleşir, bu sırada düşürme hızı da deformasyona etki etmektedir. Kalıbın içerisinde şekillendirilen mamulün dengeli ve istenilen hızda bırakması sağlanmalıdır.

2.2.2. Döküm Sisteminde Karşılaşılan Deformasyonlar

Süs ve mutfak eşyası üretiminde kullanılan porselen çamuru da, yüksek derecede(1400°) pişen gözeneksiz ve deforme olmaya müsait bir çamurdur. Pişmiş ürünlerdeki deformasyonları önlemek için gerekli çalışmalar model üzerinde yapılmalıdır (Kundul, 2013, s. 138).

Porselen sofa eşyası üretiminde kullanılan sistemlerinin bir tanesi, döküm (yaş) şekillendirme yöntemidir. Döküm sistemleri, uygulanan formun kalıbının biçimine göre değişiklik gösterebilmektedir.

Ürünün form yapısına göre değişiklik gösteren döküm sistemlerinin deformasyonlar üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır. Döküm sisteminde en başta yapılması gereken, üretime giren kalıpların iyi kurulmuş olmasıdır. Kalıplar iyi kurutulmadığı durumlarda, alçının su emme özelliği yeterince çalışmadığından ürünlerde deformasyonlar görülebilir. Bu durumda mamul kalıptan yumuşak çıkma ihtimali olduğundan deformasyona uğrama riski yüksektir. Bu tür deformasyonları engellemek için alçı kalıplara sıklıkla döküm yapılmaması ve kalıpların kurutulması gerekmektedir.

2.2.2.1. Model Yapımı

Model yapımında, ürünün 1/1 ölçekli teknik çizimine bağlı kalınarak şekillendirilir. Modelci tarafından ürünün model ölçüsü %11 ile %13 hesaplanarak şekillendirilmesi sağlanır. Model yapımında alınması gereken deformasyon önlemleri kalıp yapımından önce dikkat edilmesi gereken aşamadır. Aksi takdirde modelde oluşacak deformasyonların kalıba da yansıdığı görülecektir. Böyle durumlarda mamulün

kontrollü kalıplanması, deformasyon paylarının (çökme, sağ ve sola eğilme) verilmesi önemlidir.

Modelin kalıptan çıkma açısı yeteri kadar uygulanmadığında, mamulde deformasyonlar görülür.

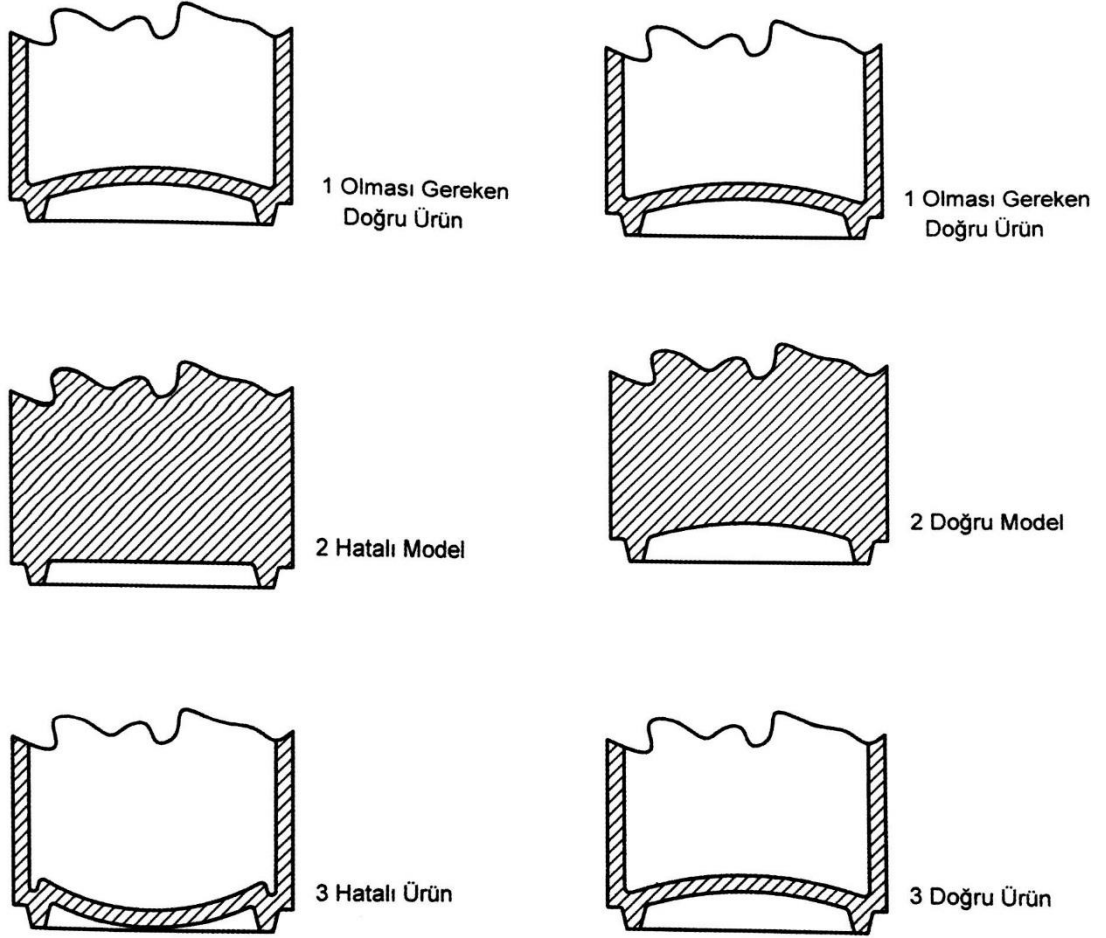
Boş dökümlerde yapılan modellerde (demlik, sosluk, sütlük gibi) düz bir yüzey oluşturabilmek için, deformasyon payı kadar tersine açı uygulanır.

Taban (Dip) Çökmesi:

Dökümle şekillendirme sisteminde dip çökmesi problemi en çok taban bölgesi geniş yüzeylerde görülmektedir. Dip çökmelerini önlemek için, tabağın yan kısımlarına uygulanan eğim verme yönteminin aynısı uygulanır. Çökme oluşumunun engellenmesi için alınacak olan önlemlerden en önemlisi yukarıya doğru eğim açısının artırılmasıdır. Mamulün düz olarak yapılması durumunda taban çökmesi dışında, pişme esnasında fırın rafına yapışma problemi de görülebilmektedir.

Model yapımında deformasyona sebep olan dip çökmesi problemi için yapılan hatalı ve doğru modeller şekil 13’de gösterilmiştir.

Şekil 13: Modellerde Taban Çökmesini Önlemek.



Kaynak: (Kundul, 2013, s. 135)

Kulp, Emzik ve Akıtma Ağzı Eğilmesi:

Döküm yöntemiyle üretilecek olan kulplu ürünlerde eğilmeler (aşağıya doğru) görülmektedir. Model ölçüsünde teknik çizimi yapılan kulplu, emzikli ve akıtma ağızlı ürünler (kahvedanlık, demlik, kupa, fincan, sütlük, sosluk) alçı üzerinde şekillendirilir. Kulp modellerinde, çeşitli metotlar uygulanmaktadır. Bunlar gövde üzerine dökülen alçı kalıp üzerinden şekillendirilmesi, diğer bir yöntem de alçı plaka üzerine kulpun teknik çizimi yerleştirilerek oluşturulmalıdır. Her iki şekillendirme yöntemin de de deformasyon önleme çalışmaları aynı şekilde yapılır. Porselen kulp şekillendirmesinde en çok tercih edilen yöntem plaka üzerine şekillendirmedir. Model ölçüsünde %11 ile %13 (üretim göre değişkenlik gösterebilir) arasında büyültülerek teknik çizimi, deformasyon payları da hesaplanarak tamamlanır ve modelci tarafından şekillendirilir.

Görsel 35’de gösterildiği gibi şekillendirilen kulpun deformasyon olabilecek bölgesi tespit edilerek önceden model üzerinde hesaplanır. Merkez noktaları belirlenerek şekillendirilen kulpun gövde üzerine montajlama aşaması yapılır. Kulpun gövde üzerindeki üst bölgesinde deformasyon önleme gösterilmiştir.

Görsel 35: Model Kulp Yapımında Deformasyon Önleme Çalışmaları



Çaydanlık, demlik gibi formların boşaltma kısımlarının olduğu bölgeler “emzik” olarak adlandırılmaktadır. Sütlük, sosluk gibi ürünlerin ise bu bölgeleri “akıtma ağzı” olarak belirtilir. Emzik ve akıtma ağzı geniş, uzun olan tasarımlarda deformasyonlar görülebilir.

Modelde alınan deformasyon önlemlerinin dışında ürün bisküvi ve sır pişirimlerinde yüksek sıcaklığa maruz kaldığından, kulp, emzik ve akıtma ağızlarında eğilmeler görülebilmektedir. Model aşamasında alınan deformasyon eğiminin yeterli gelmemesi durumunda, ürün teknik çizimiyle karşılaştırılarak, ölçüleri kontrol edilir. Teknik ölçülerinde kulp, emzik ve akıtma ağızlarında farklılık görüldüğü durumlarda, alçı model üzerinde deformasyon giderilme çalışmaları yapılır. Tespit edilen deformasyon payı alet yardımıyla ölçülerek %11 ile %13 arasında model ölçüsünde tekrardan

hesaplanarak, teknik çizimde revizyonları yapılarak, alçı modeli tekrardan şekillendirilerek kalıplanır.

Oluşturulan kulp, emzik ve akıtma ağızlarının dökümleri yapılırken et kalınlıklarının gereğinden fazla ya da az olmamasına dikkat etmek gerekir. Et kalınlığının boş döküm sisteminde az olması deformasyonu etkiler ve mamullerde eğilmeler görülebilir. Mamullerde çalışma yapılırken döküm çamurunun özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Formun emzik ya da kulp bölgesinin uzun ve geniş olması da deformasyonu etkileyen tasarım kaynaklı hatalardır. Tasarlarken oluşturulan modelin üretim şartlarına en uygun şekilde tasarlanması önemlidir.

2.2.2.2. Alçı Kalıp Yapımı

Dip Takoğu:

Döküm sisteminde deformasyonu önlemek amacıyla kalıba ek olarak dip takoğu ekleme işlemi yapılır. “Kalıplarda ürünlerin ayak, dip kısımlarını meydana getiren, kalıbın bir parçasıdır. Boş döküm metodu ile üretilen bazı formların kalıplarında bulunur. Vazo, çaydanlık v.b. ürünlerin dip kısımlarını şekillendirmeye ve teknik bakımdan gerekli olan çukurluğu meydana getirmeye yarar” (Kundul, 2013).

Modeli dairesel olan formlarda kullanılan bir parçadır. Bazı durumlarda dip alt parçası olarak da yapılabilmektedir. Dip takoğu alçı tornasında modele uygun olarak alçı şekillendirilir, modelin dip bölgesine ters olarak yerleştirilir(alçı tornasında direk modelin üzerinde de şekillendirilebilir). Dip takozunun yapılmasının sebepleri; taban (dip) bölgesine bombe verilmesini sağlamak ve tabandaki çökme deformasyonunun önlemek amacıyla modele yerleştirilir. Aynı zamanda dip takozları mal alma ceketini olarak da kullanılır. Dip takozları modellerin kalıpları alınmadan, üzerinden çıkartılmamalıdır. Kalıbın bir parçası olarak yapıldığından deformasyon önleme çalışmaları dip takozunun üzerinde yapılmalıdır. Boş döküm sisteminde dip bölgeleri bombe sayesinde daha düzgün çıkar, deformasyon görülme olasılığı da azalır.

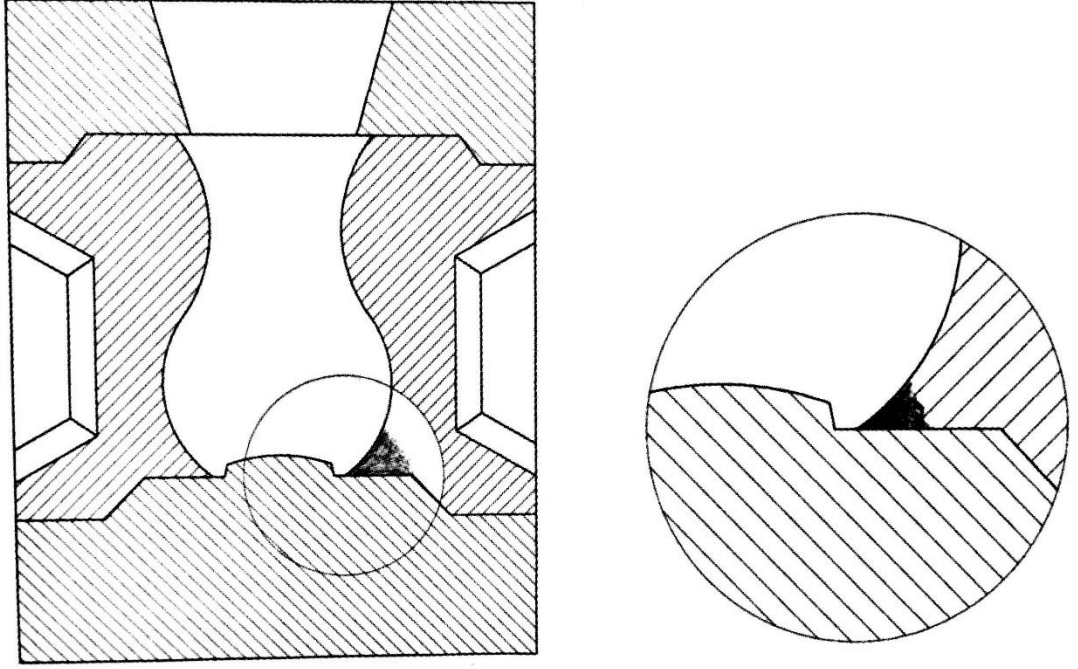
Model dip takozuyla beraber kalıplanarak mamul dökümü sırasında, “ürün kalıptan çıkartılırken, kalıp parçaları açılır ve ürün dip takozunun üstünde kalır üründe deformasyon meydana gelmez”. Döküm esnasında kalıbın iç kısmından kalmasından dolayı hareket etmez ve mamule zarar vermez. Dairesel olmayan ve dikdörtgen gibi

serbest formlarda dip takozu kullanılmamaktadır. Bazı durumlarda kalıbın alt parçasında dip takozu yerine dip alt parçası konularak kalıplama işlemi yapılır.

Dip takozunun kalıba doğru uygulanması deformasyon açısından önemlidir. Eğer takozun yapıldı dip bölgesinde hatalı bir açının olması ya da takozun hatalı yerleştirilmesi(merkezden dışarı) deformasyon dışında başka problemlerin olmasına da sebebiyet verebilir.

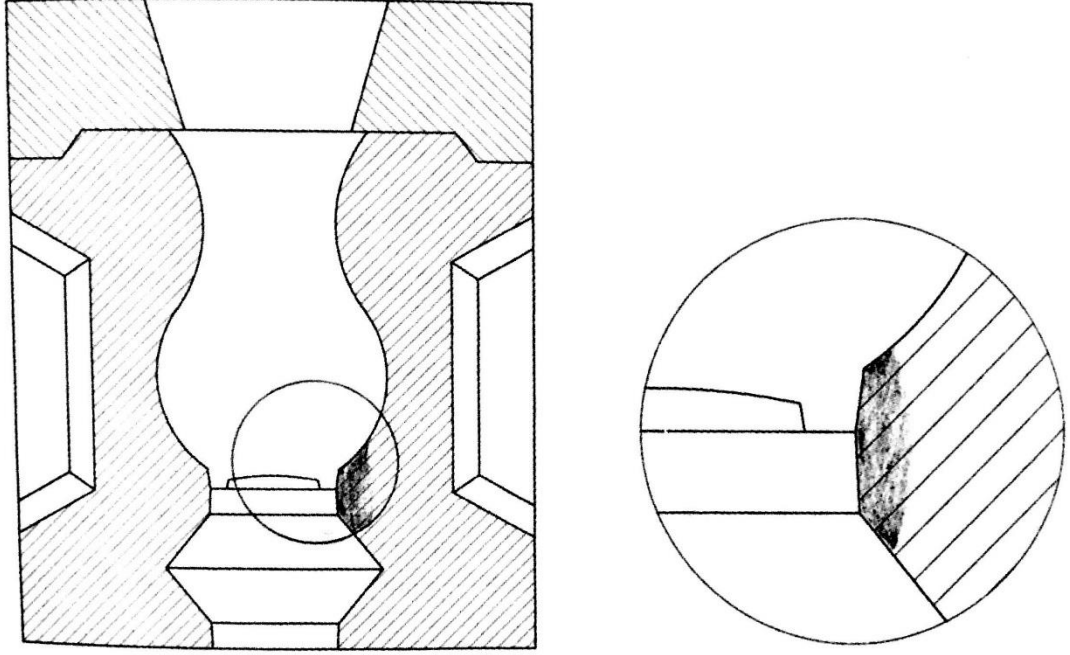
Şekil 14 ve 15’de dip takozunun doğru ve yanlış uygulanması gösterilmiştir. Şekil 15’de doğru uygulandığında dip takozlarının mamullerde görülen çökme problemlerini ortadan kaldırmaktadır

Şekil 14: Dip Takozu Yanlış



Kaynak: (Kundul, 2013, s. 149)

Şekil 15: Dip Takozu Doğru

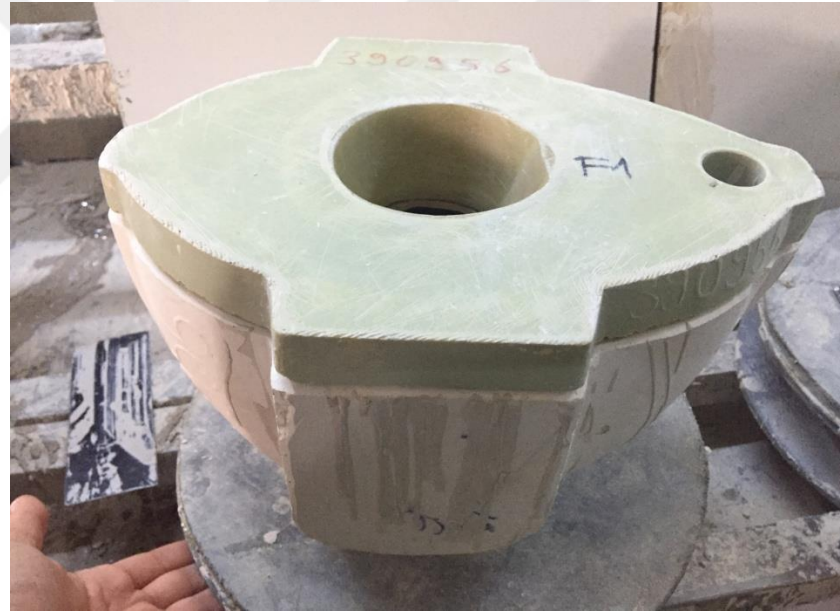


Kaynak: (Kundul, 2013, s. 149)

Ağız Kesme Şablonu:

Üst kalıp parçası yerine eklenecek olan kesme şablonu içinde, üst kalıp parçası çıkarılarak kestamit malzemeden oluşturulan kesme şablonu oluşturulur. Kalıp yapımında oluşturulan ağız kesme şablonu, döküm aşamasında sonra çamurun tahliye edilmesiyle beraber üst alçı kalıp parçası yerine yerleştirilerek, ağız kesme aşaması şablonla beraber gerçekleştirilir.

Görsel 36: Kesme Şablonu Örneği



2.2.2.3. Döküm Aşamasında Oluşan Deformasyonlar

Porselen sofr eşıyası üretiminde döküm sistemlerinde şekillendirilen mamullerin, döküm aşamasından sonra formun şeklinin korunması gerekmektedir. Döküm yoluyla şekillendirme, deformasyonların en çok görüldüğü sistemlerden biridir. Üretilcek mamullerin döküm aşamasından, kalıptan çıkartmaya kadar olan süreçte birçok deformasyona maruz kalabilir.

Boş döküm sisteminde üretimi yapılacak formların alçı kalıplara döküm yapılması esnasında birçok sebebe bağılı olarak deformasyonlar görülebilir. Mamulün kalıbının ilk

olarak temiz olması önemlidir. Şekillendirilme sırasında dökümün kesintisiz bir şekilde yapılmalıdır. Aksi halde döküm üzerinde izler görülebilir.

Döküm aşamasında deformasyona etki eden faktörlerden biri mamulün et kalınlığının her yerinde eşit olmalıdır. Eşit kalınlıkta mamulün üretilebilir olması için, kalınlık alma süresi önemlidir. İlk yapılan dökümlerde alçı kalıpların kuru olmasından dolayı çamuru bünyesine hızlı bir şekilde emerek kalınlık almasını sağlar. Zamanla kalıbın ıslanması sonucunda et kalınlığı alma süresi yavaşlar. Mamullerde et kalınlığının eşit olması için kalıpların kontrollü dökümleri sağlanmalıdır. Dökümlerin kalıptan çıkartılma süreleri mamulün hacmine göre değişkenlik göstermektedir. Kalıpların çok kullanılması sonucunda da et kalınlığı alma süreleri uzar ve mamulün kalıptan çıkartılması zorlaşarak deformasyonlara sebep olabilir.

Döküm işlemleri sırasında mamulün biçimine göre değişen deformasyon çeşitleri bulunmaktadır. Bunları önlemek için bir dizi önlem alınması gerekir.

Porland porselen dökümle şekillendirme sorumlusu, Saim Öztürk bu konu ile ilgili şu bilgileri vermiştir;

Porselen ürünlerde ağız kısmı geniş ürünler (kâse, sütlük vb.) kalıptan çıkartılırken tutma sebebiyle oluşan deformasyonlara maruz kalmaktadır. Bu tür deformasyonların önüne geçmek için ürün kalıptan çıkartılma aşamasın da ve yanak kısmına yakın yerlerden ürünün sıkılmadan tutulması gerekmektedir.

Porselen demlikler de kulp ve emzik çekmesinden kaynaklanan deformasyonlar görülebilmektedir. Bu tür deformasyonların önüne geçebilmek için ağız kesme şablonunun kulp-emzik çekme payı hesaplanarak yapılması gereklidir (Öztürk, 2019).

Görsel 37: Döküm Aşamasında Deformasyon Önlemek İçin Kullanılan Kesme Şablonu



Deformasyonu önlemek amacıyla kalıp üst parçası yerine, döküm yapıldıktan sonra kesme şablonu konularak mamulün ağız bölgesindeki fazla çamur alınır ve rötuşlama işlemi yapılır.

“Kalıbın doldurulup boşaltılma hızının da deformasyona etkisi vardır. Kalıbı açma, yarı ürünü kalıptan çıkarma ve tezgâha alma süreleri de deformasyonu etkileyen faktörler arasındadır. İşletme kalıpları çok hızlı doldurulduğunda hava yapabilmektedirler. Bazı işletmelerde çamur ile birlikte hava da atılmaktadır (Ural, 2017, s. 37).”

Mamulün kalıplardan çıkartılmasından sonraki süreç de bekletildiği ortam ve konulduğu zeminin deformasyon açısından önemi büyüktür.

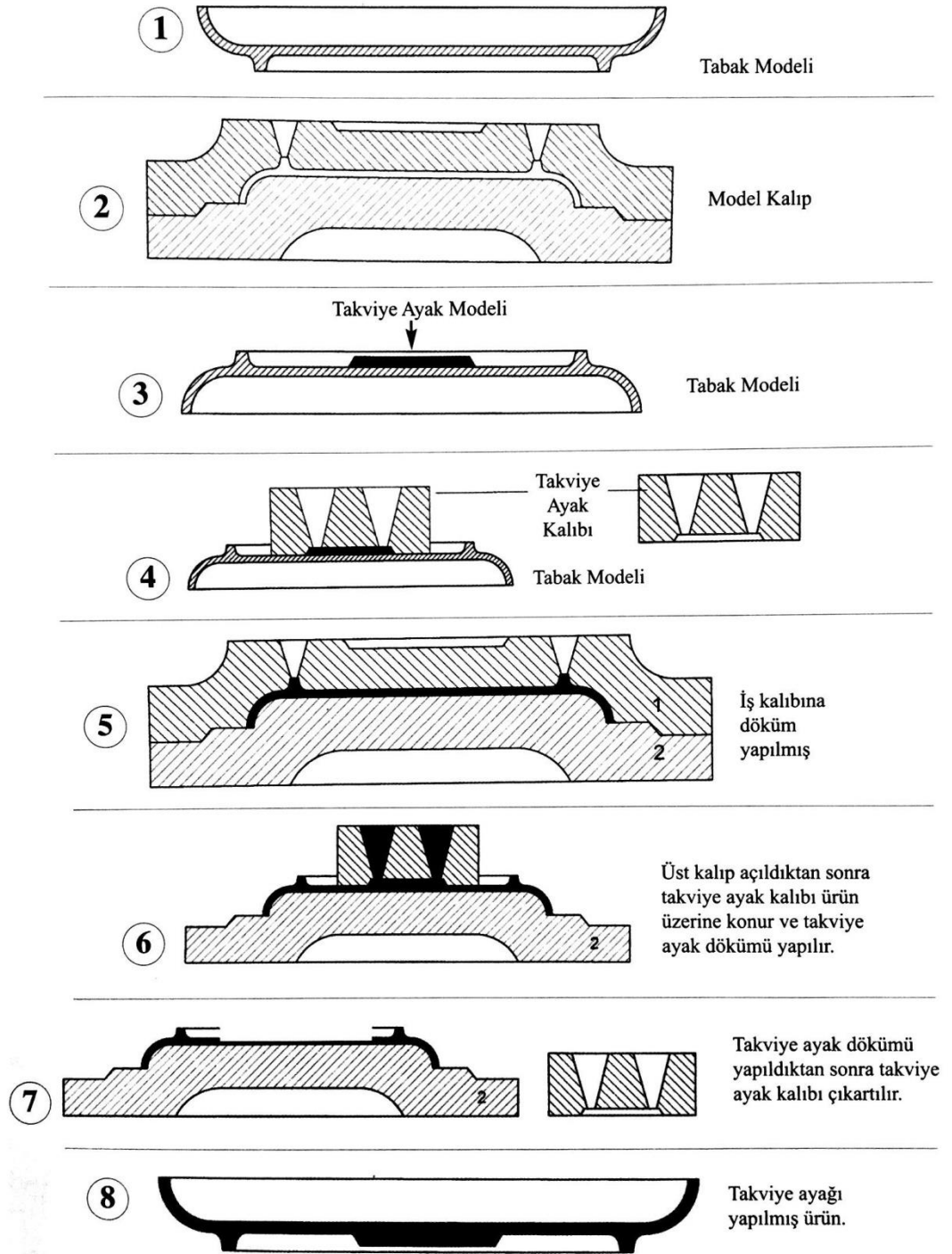
Döküm çamuru alçı kalıpların içine doldurulurken, döküm işleminin kesintisiz yapılması gerekir. Aksi takdirde mamul üzerinde vakum oluşumu görülür.

Genellikle vakum nedeniyle oluşan deformasyon, yarı ürün kalıptan çıkartılırken fark edilir ve vakum oluşan yarı ürün ıskartaya atılır. Ancak bazen hafif vakum oluşması durumunda fark edilmeyebilir ve üretim sürecini izleyen ürün fırın çıkışı ölçümler yapılacağı zaman anlaşılır. Vakum oluşması ürün yüzeyinde çökmeye neden olur (Ural, 2017, s. 38).

Görsel 38: Mamulün Vakum Yapması Sonucunda Çökmesi



Şekil 16: Dolu Döküm Sisteminde Takviye Ayağın Yapılma Sırası

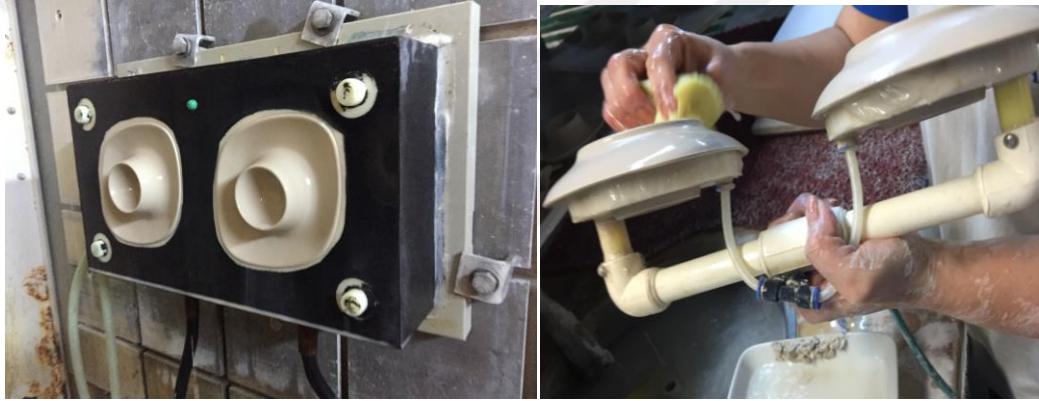


Kaynak: (Kundul, 2013, s. 139)

Dolu döküm sisteminde üretilecek olan tabakların dip bölgelerine takviye ayak dökümü yapılmaktadır. Deformasyonu önlemek amacıyla yapılan takviye ayak dolu döküm aşamasında yapılır, tabak kalıbının alt kısmına yerleştirilir ve dökümü yapılır.

Basınçlı döküm sistemlerinde üretilen mamullerin basılmasının ardından tek bir kalıp üzerinde mamul sabit kalmaktadır. Mamule elle müdahale edildiğinde kalıptan çıkartılması sonucunda sağa, sola, arkaya, öne ve eğilmeler gibi deformasyon çeşitleri (eğilme, çökme) oluşabilmektedir. Yardımcı aparatların kullanılmasıyla deformasyonların engellenmesi oldukça etkilidir. Basınçlı döküm sistemi tezgâhlarda üretilen boş ve dolu döküm mamullerinden seri ve kaliteli üretim sağlanmaktadır. Basınçlı döküm sisteminde kullanılan kalıpların kurutulması gerekmez. Boş ve dolu döküm sisteminde deformasyona etki eden kalıbın yaş olması basınçlı dökümde etkili değildir. Basınçla çamurun kalıba dolmasıyla birlikte mamullerin yüzeyleri düzgün ve pürüzsüzdür. Mamullerin bu sayede deformasyonlarının da en aza indirilmesi sağlanır.

Görsel 39: Basınçlı Döküm Rötuşlama



Basınç döküm sisteminde üretilen yumurtalık örneğinde basılan mamulün vantuzla alınması ve rötuşlanarak(ayak) vantuzdan kendini bırakması gerekmektedir.

Görsel 40: Vantuz Yardımıyla Mamulün Bırakılması



Görsel 40 'da görüldüğü üzere vantuza elle müdahale edilmesi sonucunda yumurtalık formunda deformasyon olduğu görülmektedir. Elle mamule yapılan müdahalenin yanlış olduğu görselde görülmektedir.

2.2.2.4. Döküm Çamurunun Etkisi

“Boş, dolu ve basınçlı döküm sistemlerinde kullanılan döküm çamurlarının akışkanlıkları önemlidir. “Döküm çamurunda kullanılan çeşitli hammaddelerin sıvı hale gelebilmesi, daha doğrusu akışkan olabilmesi su ile karıştırılarak elde edilir (Kundul, 2013, s. 215).” Mamullerde çamurun su miktarının fazla olması sonucunda mamulde çeşitli deformasyonlar görülür. Kalıbın suyu emmesiyle birlikte kalıplar ıslanır ve döküm süresinin uzamasına neden olur, bunun sonucunda da dökülen mamullerde kalıp içinde fazla kalmasından dolayı çatlaklar oluşur.

Döküm çamurdan gelen hatalardan en çok rastlanan; “litre ağırlığının çok düşük, yani döküm çamurunun çok sulu olması, istenilen tiksotropide¹¹ olmaması, çamurun çok fazla veya az öğütülmesi” (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983), çamurun istenilen sürede bekletilmemesi sonucunda çamurda topaklanmalar oluşur. Bu hataların sonucunda mamulde çökmeler görülür. Döküm yapılmadan önce elek yardımıyla çamur süzülerek döküm yapılması gerekmektedir.

Kurutma ve pişme sırasında formlarda; büyüklüğüne, biçimine ve kullanılan çamurun özelliklerine göre deformasyonlar(çökme, çarpılma, sarkma, ovalleşme gibi) meydana gelir. Ak çini(alçak derecede pişmiş gözenekli) çamurundaki deformasyonlar çok fazla olmaz, buna karşılık porselen ve virtroschina (yüksek derecede pişmiş, gözeneksiz) çamurlarında deformasyonlar fazla olur (Kundul, 2013, s. 132)

Döküm çamurlarında kullanılan sodyum karbonat, elektrolitler, sodyum silikat az veya çok kullanıldığında şekillendirme aşamasında sorunlarla karşılaşılır. Çamurun içindeki suyun da fazla veya az olması sonucunda mamullerde döküm aşamasında deformasyonlar görülür.

2.2.2.5. Dökümhane Ortamının Uygunluğu

Dökümhane ortamı deformasyona sebep olan etkenler arasında yer almaktadır. Dökümhane ortamının havası ve nem oranının uygun olması mamüllerin deformasyona uğramaması açısından önemlidir. Genel olarak dökümhane ortamının sıcaklığının 32 ° - 35° C olması gerekir. Döküm sistemlerinin bulunduğu ortamda nemin ve havanın aynı kalabilmesi için %60-%75° C arasında nem oranı sabit tutulmaktadır.

¹¹ Tiksotropi: Akışkan çamurların hareketsi durdukları zaman akışkanlıklarını kaybedip pıhtılaşmasına ve çamur karıştırıldığı zaman tekrar ski akışkanlığına dönmesi olayına “tikstropi” denir (Arcasoy, Seramik Teknolojisi, 1983, s. 78).

Dökümhane ortamında bulunan mamullere hava akımının direk temas etmemesi gereklidir, aksi takdirde kurutma homojen olmayacağından mamullerde çatlama görülme olasılığı yüksek olacaktır.

2.2.2.6. İnsan Faktörü

İnsan faktörünün deformasyonlara sebep olduğu üretim yöntemi, ‘dökümle şekillendirme sistemi’dir. Döküm yöntemine uygun yapılan tasarımlarda üretim aşamasında karşılaşılan sorunlar, ürünlerde deformasyona neden olabilmektedir. Model aşamasında modelcinin modeli oluştururken yaptığı hatalar (kalıptan çıkma açısı) da deformasyona yol açmaktadır. Boş ve dolu döküm sisteminde yapılan modellerin modelci tarafından şekillendirilmesinde tespit edilmesi sonucunda, kalıp yapımı aşamasında modelden kaynaklanan deformasyonlarla karşılaşmaz. Ancak üretim şartlarından kaynaklı hatalarda oluşabilmektedir.

Modelci tarafından modelin şekillendirilmesi aşamasında işçilik hatalarının yapılması deformasyon çeşitlerine neden olabilmektedir.

Döküm yapan kişiden kaynaklı hatalarda görülebilmektedir. Mamulün kalıptan çıkartılması sırasında, deri sertliğine gelmediğinde mamullerde çökme problemi yaşanır. Kalıbın içerisindeki çamurun uygun zamandan önce tahliye edilmemesi sonucunda mamul et kalınlığı her yerde eşit olmayabilir. Eğer istenilen sürede çamurun tahliye edilmesi yapılırsa bu hatalar görülmez.

Mamulün kalıptan çıkartılması aşamasında ise, dökümcünün mamule elle müdahale etmesi de istenilen bir durum değildir, en az temasla kalıptan çıkartılması yapılmalıdır. Rötüşlama aşamasında alet yardımıyla mamulün çapakları, kalıp izlerinin rötüşları yapılır. Bu işlem yapılırken mamulün deformasyona uğramamasına dikkat edilmelidir. Basınçlı döküm sisteminde mamulün kalıptan alınması işlemler vantuz yardımıyla yapılır, özellikle büyük mamullerin rötüşlanması deformasyon olmamaları için elle müdahale edilmemelidir.

2.2.3. Plastik (Şablon Kalıpla) Şekillendirme Sisteminde Karşılaşılan Deformasyonlar

2.2.3.1. Alçı/Su Oranları

Alçı kalıpların en sağlıklı şekilde yapılabilmesi için alçı/su oranlarının 1/1 olması önemlidir. Alçı olarak Alfa ve Beta alçısı olarak ikiye ayrılırlar.

Alfa ve beta alçı arasındaki değer farklılıkları ise tabloda gösterilmiştir;

Tablo 2:
Alfa ve Beta Alçı Çeşitleri

	Alçı/su oranı	Gözeneklilik	Genleşme	Basınç Dayanımı N7m	İlk sertleşme Dk
β alçı	1.35	52%	<0,19%	22÷26	15±2
α alçı	2.4	25%	0.12%	100÷110	14±2

Kaynak: (Fortuna, s. 94)

Alçı/su; bu oranın azaltılması, kalıbın gözenekliliğini arttırır, sertleşme genleşmesini azaltır, yoğunluğu azaltır ve genellikle mekanik özellikleri bozar. Ayrıca, ideal seviyesinden daha fazla su sertleşme süresini uzatır. Fakat alçı/su oranının bir fonksiyonu olarak değişen unsur özellikle alçı kalıbın emme basıncıdır: özellikle, bir seviyesindeki bir alçı/su oranından 1,5 seviyesine geçildiğinde, emme basıncında 1,8 ila 1,7 bar arasında değişen bir değişiklik olur (Fortuna, s. 103).

Porselen sofrası eşyası üretiminde ve endüstriyel alanda kalıbın kullanım yerine bağlı olarak iki alçı çeşidinden biri ya da, karışım tercih edilir. Gözenekliliği ve su emme kapasitesi istendiğinde, β -alçısı kullanılacaktır. “Öte yandan kalıbın mekanik mukavemetinin ve dayanıklılığının (döküm işlemlerinin sayısının) artması isteniyorsa, β ve α -alçılarından oluşan bir karışım kullanılacaktır; fakat orta seviyede basıncın söz konusu olduğu döküm işlemleri için sadece α -alçı kullanılacaktır” (Fortuna, s. 94).

Söz konusu alçı karışımlarındaki gözeneklilik ve alçı/su oranları deformasyonu etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Alçı/su oranlarının 1/1 ölçülerde olması da mamullerde deformasyonu etkilemektedir. Örnek olarak, alçı oranı 1.43 oranında hazırlandığında 100 gr suya, 143 gr alçı konulur. Alçı eğer 1.66 oranında hazırlanmış ise 100 gr suya 166 gr alçı eklemesi yapılır.

Porselen sektöründe alçı kalıpların tercih edilmesinin nedeni ise, alçının su emme özeliğine sahip olmasıdır. “ Ayrıca alçının deformasyonu azdır, ısıya karşı dayanıklıdır, aşınmaya karşı dayanıklıdır, rutubeti dengeler, yüzeye nefes aldırma gibi özelliklere sahip, hafif bir malzemedir” (Ural, 2017, s. 28).

Tablo 3:
Alçı/su Oranına Göre Karışım Sertliği

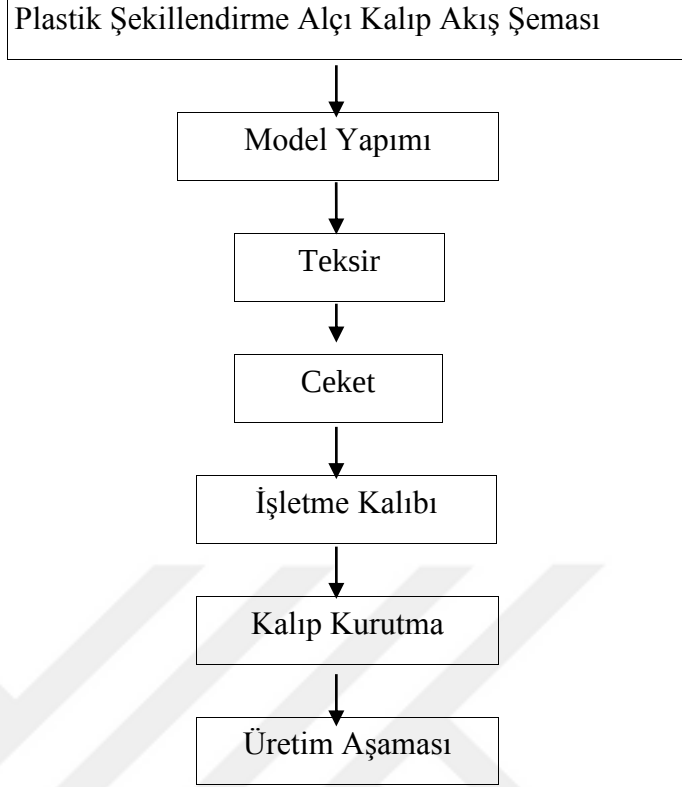
ALÇI (Birim)	SU (Birim)	KARIŞIM SERTLİĞİ
63	37	Sert alçı
58	42	Normal alçı
50	50	Yumuşak alçı
46	54	Çok yumuşak alçı

Kaynak: (Kundul, 2013, s. 21)

Alçı/su oranı, plastik (torna) şekillendirmede üretilecek olan kalıbın ömrünü ve yoğunluk derecesini belirleyerek, kalıbın içindeki çamurun şekillendirme sırasındaki et kalınlığını da etkilemektedir. İçinde şekillenen döküm çamurunun et kalınlığının oluşmasında da önemli bir etkidir. Tablo 3’de alçı/su oranları belirtilerek, alçıya ilave edilen su oranının sertliği verilmiştir.

2.2.4.2. Alçı Kalıp (Şablon Kalıp)

Plastik şekillendirme, diğer adıyla torna ile şekillendirme olarak adlandırılan sistemde alçı kalıplar kullanılmaktadır. Silindir forma sahip tüm ürünler torna da (ölçüleri uygun olduğu takdirde) şekillendirilir. Şekillendirme aşamasının sırasıyla alçı akış şeması tablo da gösterilmiştir. Plastik olarak şekillendirilen çamurun model aşamasından kurutulmasına kadar olan sürecinde birçok etkene maruz kalarak deformasyonlara uğramaktadır.



Alçı tornasında şekillendirilen modelin kalıptan çıkma açıları da hesaplanarak şekillendirilir. Açıların ters olması durumunda mamulün kalıptan çıkması zorlaşır. Uygun model oluşturulmasının ardından teksir kalıbı yapılır. Tornada kullanılan kalıplar genellikle 1.90'lık alçıyla yapılır. Sebebi ise, 1.90'lık alçının daha dayanıklı ve sert olmasından dolayı tercih torna üretiminde tercih edilmektedir. 1.43'lük alçı ise dayanıklılığı düşük olduğundan daha çok döküm gruplarında tercih edilen alçı türüdür.

Teksir kalıbı araldit malzemesinden yapılarak kalıbın teksiri oluşturulur. Teksir kalıbına ek olarak metal ceketlerde eklenerek 1.90'lık alçı karışımı ilave edilir işletme kalıbı oluşturulur. Alçı teksirde kullanılan kalıpların en sağlıklı şekilde olabilmesi için aşamaları maddeler halinde sıralanmıştır.

- Su/ alçının oranlarının ayarlanması
- Su ve alçının karıştırılması
- Su/ alçı karışımının teksir kalıplarına dökülmesi
- Dökümü yapılan alçıların donması
- Teksir kalıplarının açılması
- Kalıpların rötuşlarının yapılması
- Kalıbın kurutulması

İşletme kalıpları tamamlanan torna ürünlerin kalıplarının kurulması işlemi yapılır. Torna kalıplarının yaş olması da mamulde deformasyonlara sebep olabilir. 50-55⁰ C alçı kurutma odalarında kurutulur. İşletme kalıplarının her daim yeterli kurulukta olması gereklidir.

2.2.4.3. Çamur Reçetesinin Etkisi

Porselen üretimde çamur reçetesinin içinde bulunan hammaddelerin deformasyonlarda etkisi oldukça yüksektir. Porselen çamurunda kullanılan hammaddelerin bünyede her birinin oluşturdukları etkiler farklıdır.

Porselen reçetesine feldispatlar, bünye pişirildiğinde sıvı oluşumunu sağlayacak sıcaklığın düşürülmesi amacıyla katılır. Alkali içerikleri, feldispat ve nefelin siyenite nispeten düşük erime sıcaklığı kazandırır. Böylece kil, feldispat ve kuvarstan oluşan tipik seramik reçetesinde feldispat yumuşar, camsı veya sıvı hale geçer, buna karşılık kil ve kuvars katı halde ısıtılır ve gözenekler arasında dereceli olarak dağıtıldıkça, yüzey gerilimi taneleri birbirine çeker (Özer, 2009, s. 11)

“Kuars gibi plastik olmayan ve yapıyı yüksek sıcaklıklarda ayakta tutacak bir hammaddeye de gereksinimi vardır. Kuvars, yapının kuruma küçülmesini azaltır, plastikliği düzenlemeye yardımcı olur ve pişme esnasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışına izin verir” (Özer, 2009, s. 13). Çamur Reçetesinde kullanılan hammaddelerin oranlarında ya da çeşitlerinde farklılıklar olduğunda, değişikliklerin tespiti için önceden deformasyon oranının değişen reçete üzerinden denemeleri gerçekleştirilir. Oluşturulan reçete örneğinden formun deformasyonlarına bakmak amacıyla deformasyon ayakları yapılır. Deformasyon çubukları kullanılarak mamulün pişme sıcaklığında her hangi bir değişimi olup olmadığı tespit edilir. Çubuğun pişme sonrasındaki eğilmeleri kontrol edilerek reçetenin kontrolü ve deformasyon testi gerçekleştirilir. Yapılan deneme sonuçları doğrultusunda mamullerde oluşan deformasyonlar (eğim ölçümleri, dip çökmeleri, sağa sola yatma) hesaplanarak deformasyon ölçüleri deneme sonuçlarına göre uygulanır. Görsel 40’da deformasyon çubuğu örnek uygulaması gösterilmiştir.

Görsel 41: Deformasyon Çubuğu



Kaynak: (Özen, 2015, s. 53)

2.2.4.4. Şekillendirme Aşaması

Kulp eğilmesi:

Porselen üretiminde ürün eğilmeleri sadece tabak gruplarında değil plastik şekillendirme ve dökümlü şekillendirme yöntemlerinde üretilen mamullerde çeşitli deformasyonlar görülebilmektedir. Kahve fincanı, çay fincanı, kupa ve çeşitli formlardaki mamullerin şekillendirilmesi esnasında ürün eğilmeleri gerçekleşebilir.

Görsel 42: Plastik şekillendirme sisteminde kulp eğilmesi



Görsel 42’de plastik şekillendirme yöntemiyle üretilmiş olan kahve fincanının kulp yapısının dairesel olmasından kaynaklı eğilmeler görülebilmektedir. Mamulün kulpuna, tabaklarda olduğu gibi yukarı doğru eğim verme yöntemi uygulaması yapılmaktadır. Kulplarda dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli faktör de kulp kalınlıklarıdır, kulpun

ince olması durumunda da deformasyonlar arttığı görülmektedir. Kulpun aşağıya doğru eğilmesi sonucundan oluşan deformasyon, mamulün büyüklüğüne göre kulpa uygulanan yukarıya doğru eğim açısının arttırılmasıyla giderilebilmektedir.

Şekillendirme aşamasında bahsedilen önlemlerin dışında yaş mamul halindeyken de deformasyonlar oluşabilir. Özellikle insan faktörüne bağlı olarak gelişen kulp eğilmeleri sıklıkla mamullerde görülür. Mamulün gövdeye yapıştırılması aşamasında özenle ve dikkatli bir şekilde yapılması önemlidir.

2.2.4.5. Kalıptan Çıkarma Zorluğu

Model geliştirme aşamasında şekillendirilen modelin kalıp alınmasında ters açılarının oluşması mamullerin serbest kalmasını engellemektedir. Kalıplardan ürünün çıkartılması zorlaşacağından ters açılı oluşturulan modelin kabından mamulün çıkartılması oldukça zor olmaktadır. Böyle durumlarda modelin kalıplama işlemi yapılmaz, ilk olarak model üzerinde açılar istenilen düzeyde olması sağlanır sonrasında kalıplanır. Deformasyon önlemleri alınan model üzerinden kalıp alımı gerçekleşir. Yanlış yapılan modellerin kalıplanması sonucunda döküm aşamasında mamulün kalıptan çıkmasını zorlaştırır hatta imkânsız hale getirebilir. Aynı zamanda kalıp yüzeyinde de hasarlar oluşturabilir. Mamulün bu durumda düzgün çıkması ve deformasyona uğrama olasılığı yüksektir.

“Kalıptan zor çıkarmanın en yaygın nedeni çamurun fazla deflokülasyonudur. Sodyum karbonat veya sodyum silikat veya deflokülan olarak kullanılan maddenin fazla ilavesi ile, döküm yüzeyinde birikimler oluşur ve yapılan dökümler kalıplara yapışır. Aynı zamanda deflokülanlar kalıp yüzeyini de aşındırarak kolay çıkmayı engeller” (Mete & Tanışan, 1986, s. 63).

2.2.4.6. Rötüşlama İşleminin Deformasyona Etkisi

Döküm yapılan mamulün kalıptan çıkartılması sonrasında, kalıp birleşim yerleri ve kulp/emzik yapıştırma bölgelerinde oluşan çapaklanmaları düzeltmek amacıyla alet yardımıyla rötüşlama işlemi yapılır. Mamullere rötüş işlemi yapılan bölgelerde deformasyon olmamasına dikkat edilmelidir.

Görsel 43: Rötuşlama Aşaması



Görsel 44: Plastik Şekillendirmede Rötuşlama İşlemi



2.3. Kurutmanın Deformasyona Etkisi

Seramikte pişirme işleminden önce yapılacak olan en önemli işlem kurutmadır. Kurutmayı yalnızca teknolojik açıdan değil, aynı zamanda ekonomik açıdan da incelemek gerekir. Büyük sorunlar çıkmasına olanak vermeyecek şekilde, suyun çabuk, ucuza mal edilerek, en iyi şekilde maldan uzaklaşması sağlanmalıdır (Arcasoy, 1983, s. 82).

Seramik amurunun içinde barındırdığı suyun uzaklaştırılması yani kurutmaya tabii tutulması doğru yöntem ve teknikler izlenerek gerçekleştirilmelidir. Yarı mamullerin deformasyon sebeplerinden bir tanesi de kurutma sisteminden kaynaklı hatalar olabilmektedir. Bu tür hataların oluşmaması için fabrikalarda ve atölyelerde kullanılan doğal (hava akımıyla) kurutma olarak adlandırdığımız kurutma sistemi kullanılmaktadır. Tezghlar da doğal hava yoluyla kurutulan mamullerin deformasyona sebebiyet vermemesi için ortamdaki havanın homojen olması sağlanmalıdır. Homojen bir hava akımının olmaması durumda mamulün her bölgesinin eşit kuruyamamasından kaynaklı çatlamalar (kenar, kulp ve yüzey) meydana gelmektedir. Bu nedenler bulunan kurutmanın gerçekleştiği yerde hava akımının iyi sağlanması önemli bir yere sahiptir.

Deformasyona etki eden diğer bir unsur ise; Kurutma sırasında sağlanan hızdır;

Kurutma hızı; Kurutulacak maddeler genellikle tabaka veya kütle halinde bulunur ve ihtiva ettikleri suyun dışarıya atılması oldukça karışık bir şekilde olur. Bu olayın esasının birbirini izleyen bir buharlaşma ve birde difüzyon olayına dayandığı kabul edilir. İki yüzeyi de kurutmaya tabii tutulan tabaka halinde bir maddeyi göz önüne alalım ve suyun madde kütlesine eşit şekilde dağıldığını kabul edelim. Bu tabak havaya bırakılır bırakılmaz yüzeylerin de bir buharlaşma başlar ve buralardaki su konsantrasyonu düşer. Buharlaşmanın kısmen kuruttuğu yüzey ile henüz ıslak bulunan i kısımlar arasında bir konsantrasyon farkı belirir. Bu fark nedeniyle i taraftan yüzeye doğru difüzyon yoluyla bir miktar su sürüklenir. Suyun buharlaşan kısmın yerini işgal etmek üzere difüzyona uğraması denge durumuna ulaşıncaya kadar devam eder. Kurutmaya tabii tutulan çok önemli bir katı madde nemini muayyen bir noktaya gelinceye kadar, değişmeyen bir hızla bırakır (Mete & Tanışan, 1986, s. 89).

Görsel 45: Tezgâh'da Kurutulan Demlik Mamulleri



Fabrikalarda ve büyük çaplı üretim yapan işletmelerde kullanılan bir diğer şekli oda kurutma sistemidir. Oda kurutucular adlandırıldıkları gibi kapalı ve içerisinde raf ya da kurutma amaçlı kullanılan arabaların bulunduğu bir sistemdir. Bu sistemin içerisinde bulunan rafların (plaka) yamuk ve eğimli olmasından kaynaklı deformasyonlar görülebilmektedir. Rafların eğimli olması halinde ciddi derecede yaş mamullerin deformasyona uğradıkları görülmektedir. Bu nedenle deforme olmuş plakaların kullanılmaması gerekmektedir. Oda kurutucularda dikkat edilmesi gereken bir noktada hava akışının giriş çıkışının kontrollü olarak sağlanmasıdır. Nemin az olduğu bölgelerin çıkış, fazla olduğu bölgelerde ise giriş noktası olarak kullanılması önemlidir. Mamullerin her tarafının eşit olarak kuruyabilmesi ve deformasyona uğramaması açısından hava akımlarına dikkat edilmelidir.

Mamullerin kurutma sırasında kurutma hızının etkili olduğu, eşit hızla dağılmaması ya da kurutucuların homojen üfleme yapmaması sonunun da düzgün olarak kuruyamayan mamuller deformasyon uğrayabilmektedir. Gerekli önlemlerin alınması doğrultusunda kurutma şartları göz önünde bulundurulduğunda da mamullerin deformasyon olasılıkları azaltılarak daha verimli üretim yapılması sağlanır.

Plastik (Şablon Kalıpla) Şekillendirme Sisteminde Kurutma

Şablon kalıpla şekillendirilen mamullerde kurutma süreleri üretilen ürünün hacmine göre değişkenlik gösterebilir. Kurutma süresi, derecesi ve hızı sürekli kontrol edilerek mamullerin şekillendirme sonrası kurutulması sağlanır. Kurutmanın etkisi torna üretiminde önemli olduğundan sağlıklı yapılması deformasyon oluşumları açısından önemlidir.

Şablon kalıpla üretilen mamullerin makinede şekillendirmesinin tamamlanmasının ardından mamullerin rahat çıkmasını sağlamak amacıyla alçı kalıbın üst tarafından hava akımı verilir. Hava akımını sağlayan nozulların ¹² tek bir taraftan üflemesi sonucunda mamulde farklı türlerde deformasyonlarda görülebilir. Bu deformasyon çeşitleri eğilme, yamulma ve çatlama türlerinde olabilir.

Mamullerin Kurutulması:

Şekillendirilen mamulün homojen kurutma yapılabilmesi için, kurutma ısılarının 30-32 °C ve sabit sıcaklıkta gerçekleşmesi gerekir. Kurutmada etkili bir diğer faktör ise nem farklılıkları ve oranlarıdır. “Nem farklılığı ne kadar fazla olursa, kurutma gerilimleri ve buna bağlı olarak çatlama veya deformasyon riskleri artar” (Mete & Tanışan, 1986, s. 24). Nemin yüzeyde bularlaşması sonucunda yoğun olan bölgeler daha hızlı buharlaşır, diğer bölgeler ise yavaş bularlaşarak deformasyona sebep olur. Mamullerde kuruma işlemi ince bölgelerde hızlı olurken, kalın olan bölgelerde daha yavaş kuruyacaktır. Bu dengesizlik mamul üzerinde gerilime sebep olacağından, çatlama, eğilme gibi deformasyonlara sebep olur.

¹² Nozul: Plastik şekillendirmede hava akımının geldiği bölge.

Görsel 46: Fincan Bomsesinde Kurutma



Görsel 46’da dökümle şekillendirilen fincanların ağız kısmı geniş ise bu bölgelerde kurutma esnasında deformasyonlar oluşur. Ağız bölgeleri deforme olan mamullerin kurutulması esnasında bomse kullanımına ihtiyaç duyulur. Yarı mamul desteği olarak kullanılan bomseler fincan formlarının ölçülerinde özel olarak yapılır. Döküm çamurunun bomsesinin kullanılacağı ürün ile aynı ölçülerde ağız iç kısmına oturacak şekilde yapılmalıdır. Aksi halde çamurun küçülmesi sırasında mamul bomseye sıkışır ve çatlamlar görülebilir.

2.4. Küçülmenin Deformasyona Etkisi

“Killer kuruma ve pişme sırasında hacimce küçülürler. Buna çekme denir. Çekme boyca hesaplanırsa lineer, hacimce hesaplanırsa kübik çekme olarak ifade edilir. Kuruma ve pişme küçülmelerinden toplam çekmenin hesaplanması:” (Mete & Tanışan, 1986).

Şekil 17:Kuruma ve Pişme Küçülmelerinden Toplam Çekmenin Hesaplanması

$$\text{Toplam küçülme(\%)} = \frac{\text{Kuruma çekmesi} + \text{Pişme çekmesi (\%)} (100 - \text{kuruma çekmesi(\%)})}{100}$$

100

Kaynak: Seramik Teknolojisi ve Uygulaması (Mete & Tanışan, 1986).

Seramik veya porselen üretiminde, toplam küçülme yukarıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

Mamullerin küçülme oranları çamuru oluşturan hammaddelerin oranlarına bağlı olarak, %11 ile %13,5 arasında değişiklik göstermektedir. Porselen üretim yöntemlerinde küçülmenin değişkenlik oranlarının hesaplanarak hangi yöntem kullanılarak üretildiği önemlidir. Örneğin döküm yöntemiyle küçülen bir yarı mamulün su kaybetmesinden kaynaklı kuru küçülmesi gerçekleşirken mamulün kuruma işlemi gerçekleşir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken mamulün kuruma sırasındaki küçülmelerinin takip edilerek deforme olmasını engellemektir. Yarı mamulün kurutulması doğru yöntemlerle yapıldığında, küçülme faktörü tek başına deformasyona sebep olan bir etken değildir.

2.5. Pişirmenin Deformasyona Etkisi

Seramikte pişirme şöyle tanımlanır: Şekillendirilmiş ve kurutulmuş yarı mamulün, bir program içinde ısıtılması ve oluşan seramiğin gene bir program içinde soğutulması işlemidir. Pişirme işlemi seramik fırınlarında yapılır. Çok çeşitli seramik fırınları olmasına karşın, pişirmedeki ortak yönler her fırın için geçerlidir. Pişirmedeki ortak yönleri şu evreler oluşturur: a) Fırının doldurulması, B) Ön ısıtma, C) Sürekli ısınma, D) Pişirme ısınması, E) Soğuma, F) Boşaltma (Arcasoy, 1983, s. 90).

Seramik pişirim süreçleri en temel düzeyde iki aşamadan oluşmaktadır. Şekillendirmiş ve kurutulmuş yarı mamulün pişirildiği ilk aşama bisküvi pişirimi aşamasıdır. İkincisi ise, bisküvi pişirimi yapılmış mamulün sırlanarak genellikle daha yüksek sıcaklıkta uygulanan sır pişirimidir. Seramik üründe istenilen son görsel sonuca göre gerektiğinde üçüncü olarak dekor pişirimi de yapılmaktadır.

Pişirim aşamalarının tümünde, mamulün zarar görmemesi ve deformasyonların oluşmaması için dikkat edilmesi gereken bir dizi etken bulunmaktadır. Şekillendirilen mamulün iyi kurutulmuş olması mamulün fırındaki yeri, fırın rejimi ve süresinin doğru ayarlanmış olması bu etkenler arasında yer almaktadır. Bisküvi fırını ürünlerin fırına yerleştirilme biçiminin önemi büyüktür çünkü fırın içerisindeki sıcaklığın homojen dağılımının sağlanması gerekmektedir. Seramik pişiriminin cinsine göre mamullerin fırına yerleştirilmeleri değişiklik göstermektedir. Bisküvi pişiriminde ürünleri biçimine uygun olarak istifleme yöntemi ile pişirim gerçekleştirilebilir. Bu yerleştirme yöntemi ile enerji tasarrufu sağlanmış olunur. Ürün yükü ve pişirim hızı, çatlama, bükülme,

kavrulma ve gövde çatlama gibi problemlere neden olan kriterlerdir (Fraser, 2010, s. 81).

2.5.1. Bisküvi Pişirimi

Bisküvi fırınında ilk yükleme sırasında dikkat edilmesi gerekenlerden biri de, çatlama sebebiyet veren etkenlerdir; pişirilecek olan mamullerin üst üste konularak pişiriminin yapılması ve formun istiflemeye uygun olmaması gibi durumlarda (genleşmesi tam olmamış mamullerde) istif kaynaklı çatlaklar oluşabilmektedir. Bunun için bisküvi fırın yüklemelerinde formun yapısına dikkat edilerek doğru istiflenme sağlanmasıdır.

Porland Porselen bünyesinde izostatik toz presleme uygulaması yapılan mamulün örnek istifleme yöntemi gösterilmiştir.

Görsel 47: Yarı Mamulleri İstiflenme Yöntemi



Görsel 47’de örnek olarak gösterilen mamullerin bisküvi pişirimi sırasında özellikle (formun değişkenliğe göre farklılık gösteren) çatlama meydana gelmektedir. Bisküvi pişirimi sırasında oluşan çatlamanın önüne geçebilmek için formun yapısına göre istifleme (az veya tek olarak) yöntemi kullanılması doğru olacaktır.

2.5.2. Sır Pişirimi

İkinci pişirim olarak adlandırdığımız sır pişiriminin yüksek sıcaklıklara maruz kalmasından dolayı deformasyonları bisküvi pişirimine nazaran daha fazladır.

Bisküvi pişirimi yapılmış ve sırlanmış malzemeler mulf fırınlarında üzerindeki sırların erime noktasında pişirilerek seramik mamul meydana getirilir. Sırlı pişirim genellikle

mulf fırınlarında yapılır. Çünkü yanma sırasında meydana gelen kükürt dioksit, azot monoksit ve karbon dioksit sır yüzeyine çökerek sırn parlaklığının kaybolmasına ve kötü bir görünüm almasına neden olurlar. Sır pişirimi sırasında bünyenin kararlı bir yapıya sahip olması, daha az deformasyon riski taşıdığı anlamına da gelir. Böylece kâseler, fincan ve yemek takımları gibi sırlı ürünler pişirilirken iğne şeklindeki refrakter destekler gerçekleştirilir (Fraser, 2010, s. 75-76).

Sır pişiriminde karşılaşılan bir diğer deformasyon türü de ısı şokundan kaynaklanan çatlamalardır. Seramik bünyenin ani ısı değişikliklerine maruz kalması sebebi ile oluşurlar. Bu tür deformasyonları önlemek için, sıcaklık süresinin hızlı olmaması, seramik bünyenin ısıtılma ve soğutulma işlemlerinin en az 6-7 saat olarak programlanması gerekmektedir.

Görsel 48: Sır Fırını

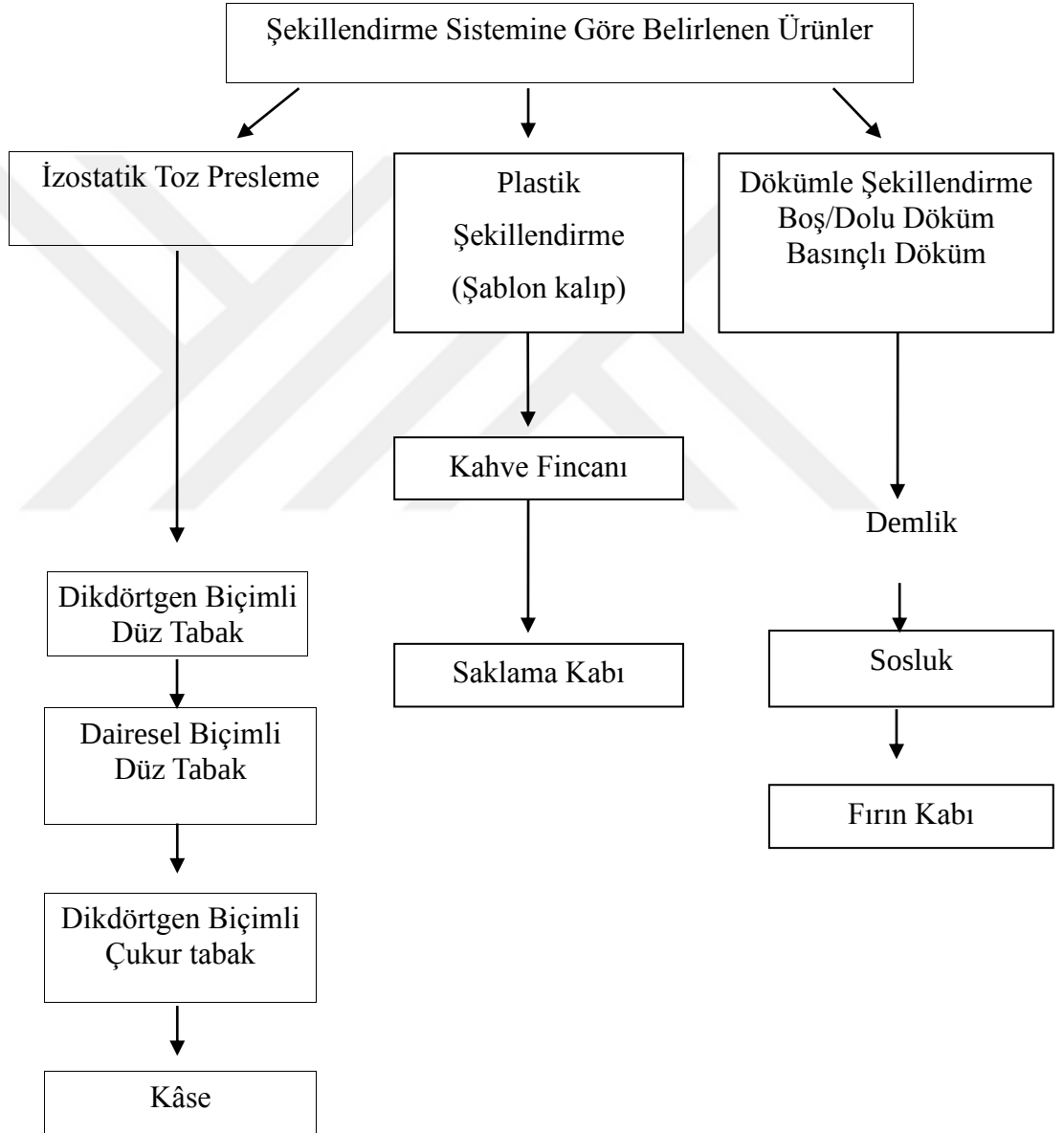


BÖLÜM 3: UYGULAMALAR: BELİRLENEN ÜRÜNLERDE DEFORMASYONLARIN TESPİTİ VE GİDERİLMESİ

Uygulama aşamasında, deformasyon tespiti ve giderilmesi için Porland Porselen fabrikasında tasarlanan ve üretime geçirilmesi için dokuz adet ürün seçilmiştir.

Tablo 4:

Porselen Üretim Sistemlerinde Uygulanan Ürünler



Belirlenen ürünlerin ilk deneme üretimleri gerçekleştirilmiştir. Bu ürünler üzerinde deformasyonlu bölgeler tespit edilmiş, presleme, döküm ve plastik şekillendirme gibi üretim yöntemleri de dikkate alınarak iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Çalışmaların iyileştirilmesi sonucunda yeniden deneme üretimi yapılmıştır. Bu ürünler, ISO 9001 standartlarına sahip olması koşuluyla onaylanır. Tüm bu süreçler içerisinde, seri üretim de karşılaşılabilecek deformasyonların üretimden önce tespiti sağlanmıştır. Seçilen ürünlerin deformasyon önleme çalışmaları üretim sistemlerine bağlı kalınarak, alt başlıklar içerisinde detaylı olarak açıklanmıştır.

3.1. İzostatik Toz Preslemede Deformasyonların Tespiti ve Giderilmesi

3.1.1. Dikdörtgen Biçimli Düz Tabak

Düz tabaklarda kenar uzunlukları geniş olan porselen formların üretim aşamalarında, sık rastlanan deformasyon çeşitleri ürünün kenar bölgelerinden yatması biçimindedir. İzostatik toz presleme sistemiyle üretilmesi planlanan, düz tabak formunun yanak bölgesinde deformasyon olduğu tespit edilmiştir. Presleme sistemiyle üretilecek olan ürünün metal kalıp parçalarında tadilat işlemleri tespiti sağlanarak uygulamalara başlanmıştır.

Görsel 49: Deformasyonlu Düz Tabak



Görsel 50: Deformasyonlu Düz Tabak, Yan Görünüş



Formun düz ve yüksekliğinin az olmasından dolayı 1 nolu bölgede gösterilen alanda deformasyon olduğu görülmüştür.

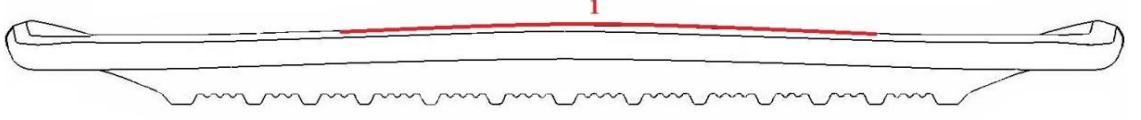
Görsel 51: Düz tabak Revizyon Çizimi



Kaynak: Porland Porselen A.Ş. Arşivi

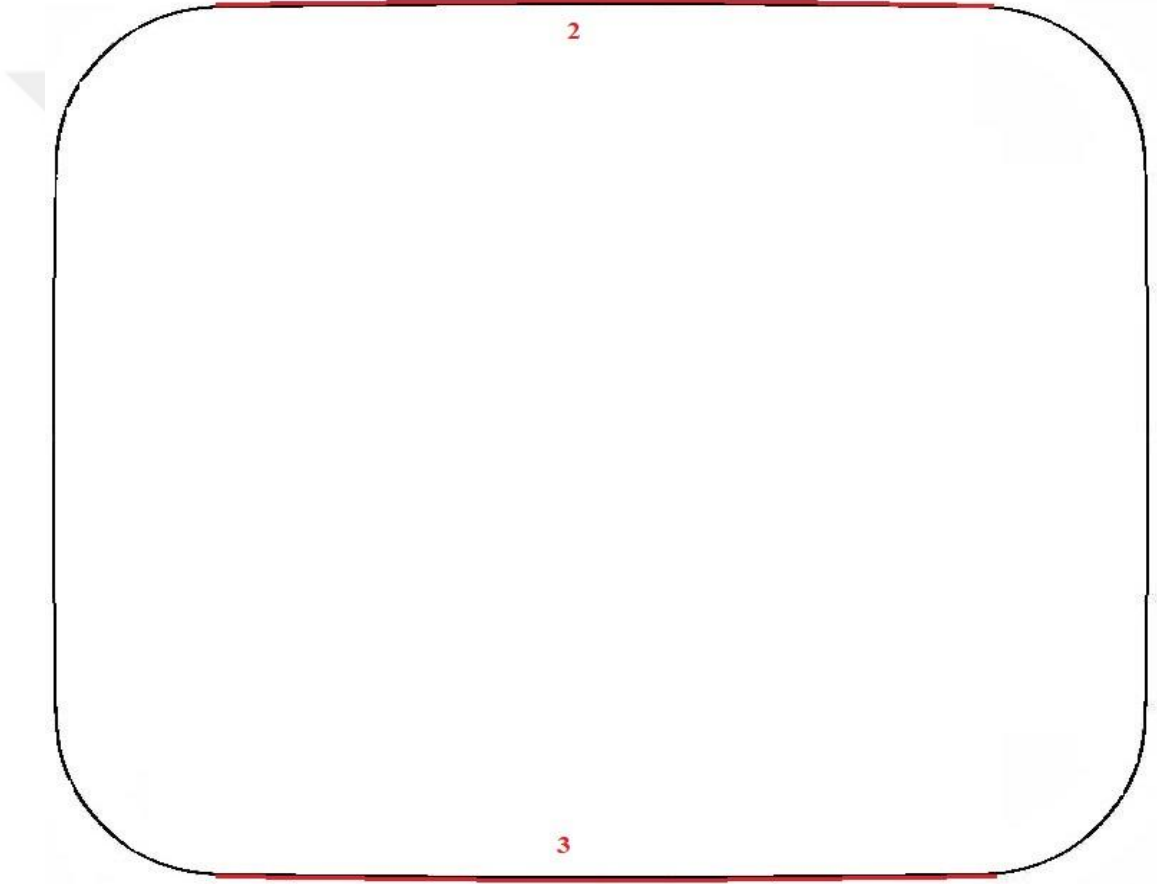
3D olarak tasarlanan parçaların revizyon yapılmasıyla CAD/CAM programına gönderilmiş ve modelin CNC’ de işlenmesi sağlanmıştır. Metal kalıbın ilgili bölgelerinde yenileme çalışmaları yapılmıştır.

Görsel 52: Deformasyon Tespiti Yapılan Bölgenin Revizyon Çizimi



Kaynak: Porland Porselen A.Ş. Arşivi

Görsel 53: Deformasyon Tespiti Yapılan Bölgenin Revizyon Çizimi



Kaynak: Porland Porselen A.Ş. Arşivi

Düz tabak formunda karşılaşılan deformasyon sonucunda, yapılması gereken iyileştirme işlemi, tabağın kenar bölgesinde yukarı eğim hareketi verilerek sağlanmıştır. Görsel 53’de belirtilen bölgeler hesaplanarak, kalıp parçası üzerinde 2 mm yukarı kaldırma hareketi uygulanmıştır.

Tabak formunun model parçalarında iyileştirme işlemleri tamamlandıktan sonra kaplama ve membran dökülme işlemleri tekrardan yapılarak, giderilme çalışmaları tamamlanmıştır.

İzostatik toz presleme sisteminde ikinci denemesi yapılan tadilatlı kalıbın kontrolleri sağlanarak, mamulün bisküvi ve sır pişirimleri yapılmış; formun yanak bölgelerindeki deformasyonlarının giderildiği tespit edilmiştir. (bkz. Görsel 55)

Görsel 54: Deformasyon Giderilme Çalışması Yapılan Mamul



Görsel 55: Deformasyonları Giderilen Tabak, Üst Görünüş



Tablo 5:

Dikdörtgen Biçimli Düz Tabak Deformasyon Karşılaştırma Tablosu

Deformasyonlu Ürün	Deformasyonları Giderilen Yeni Ürün
	
Ürün Adı: Dikdörtgen Biçimli Düz tabak Üretim Türü: Sert Porselen Şekillendirme Sistemi: İzostatik Toz Presleme Bisküvi pişirimi: 1000° C Pişme süresi: 18 saat Sır Pişirimi: 1380 ° C Üründe Tespit Edilen Deformasyonlar: 1. Uzun kenarlarının tek bölgesinden dışa eğim görülmüştür.	<u>Ürün Bilgisi:</u> Üründe tespit edilen eğilmeler kalıp tasarımlarında revizyon yapılarak giderilmiştir. Uzun yanak bölgesinden 2 mm çökmesinden dolayı 2 mm yukarı eğim hareketi uygulanarak deformasyon giderilme çalışması yapılmıştır.

3.1.2. Dairesel Biçimli Düz Tabak

Form yapısı geniş ve yan yanak kısımları olan porselen formların üretim aşamalarında, sık rastlanan deformasyon türleri, ürünün yanak kısımlarından yatması ve taban bölgelerinin çökmesidir. İzostatik toz presleme sistemiyle üretilmesi planlanan, dairese

biçimli düz tabak formunun ilk deneme üretimi sonucunda yanak bölgesinde bir problem yaşanmadığı ama taban bölgesinde verilen ön gerilim yeterli gelmemesi sonucunda çökmesi tespit edilmiştir. Presleme sistemiyle üretilecek olan ürünün kalıp parçalarında tadilat yapılma işlemleri için tespit edilen bölgelerde, hangi yöntemlerle revizyonlarının gerçekleştirileceği belirlenerek uygulamalarına başlanmıştır.

Görsel 56: Deformasyonlu Dairesel Biçimli Düz Tabak Kesiti



Görsel 56’da dairesel biçimli düz tabak kesitinin taban bölgesinde görüldüğü gibi çökme problemi yaşanmıştır. Tabanın tabanında uygulanan ön gerilim uygulaması yeterli gelmemiştir.

Görsel 57: Deformasyonlu Dairesel Biçimli Düz Tabak



Tespit edilen deformasyonları kalıp parçalarının teknik çizimleriyle birlikte, 3D revizyonlu tasarımları tekrardan oluşturulur. Karşılaşılan deformasyon sonucunda, yapılması gereken iyileştirme işlemi, yukarı eğim hareketinin tabana uygulanmış

olmasıdır. İyileştirme uygulanan bölgelere hesaplaması yapılarak, 3 mm çökmesi sonucunda 3 mm yukarı kaldırma payı verilmiş, formun kalıp tasarımındaki parçasında uygulanmıştır.

Görsel 58: Dairesel Biçimli Düz Tabak Revizyon Kalıp Çizimi



Kaynak: Porland Porselen Arşivi

3D olarak tasarlanan parçaların revizyon yapılmasıyla CAD/CAM programına gönderilmiş CNC' de işlenmesi sağlanmıştır. Metal kalıbın ilgili bölgelerine müdahale edilerek kalıp üzerinde iyileştirme çalışması gerçekleştirilir.

Düz Tabağın parçalarında iyileştirme çalışmaları yapıldıktan sonra kaplama ve membran dökülme işlemleri tekrardan dökülerek, deformasyonlarının giderilme çalışması yapılan yeni kalıp parçalarıyla denemesi ikinci kez gerçekleştirilir.

Görsel 59: Deformasyon Giderilme Çalışması Yapılan Mamul



Kaynak: Porland Porselen A.Ş. Üretim Sahası

İzostatik toz presleme sisteminde kullanılan makinelere tadilatlı düz tabak kalıbı bağlanarak denemesi görsel 59’da uygulamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Üretim aşamasında mamulde herhangi bir deformasyon görülmemiştir. Mamulden belirli sayıda deneme yapılarak, rötuşlama koordinatları belirlenerek mamul deneme üretimi tamamlanmıştır.

Form üzerinde gerekli kontroller yapılmış ve deformasyonun görülmediği tespit edilmiştir. Ürünün sırasıyla bisküvi ve sır pişirimleri yapılmış; yan ve üst bölgelerindeki deformasyonlar giderilerek çalışma sonlandırılmıştır.

Tablo 6:

Dairesel Biçimli Düz Tabak Deformasyon Karşılaştırma Tablosu

Deformasyonlu Ürün	Deformasyonları Giderilen Yeni Ürün
 	 
Ürün Adı: Dairesel Biçimli Düz Tabak Üretim Türü: Sert Porselen Şekillendirme yöntemi: İzostatik Toz Presleme Bisküvi pişirimi: 1000° C / Sır Pişirimi: 1380 ° C Üründe Tespit Edilen Deformasyonlar : 1. Düz tabak formunun taban bölgesinde çökme problemiyle karşılaşılmıştır.	<u>Ürün Bilgisi:</u> Presleme sisteminde üretimi gerçekleştirilen formun taban bölgesinde ön geriliminin az gelmesi sonucunda çökme gerçekleşmiştir. Taban bölgesine uygulanan ön gerilim 3mm çökmesinden dolayı 3 mm yukarı kaldırılarak ön gerilim uygulaması yapılmıştır.

3.1.3. Dikdörtgen Biçimli Çukur Tabak

Formun genel yapısı geniş, üst bölgesi açık olan porselen ürünlerin üretim süreçlerinde sık rastlanan deformasyon türleri; yanak bölgelerinin dışa doğru açılması ve eğim oluşması biçimindedir. İzostatik toz presleme sistemiyle üretilmesi planlanan, çukur tabak formunun ilk deneme üretimi sonuçlarına bakıldığında, yanak bölgelerinin açılması sonucunda dış bükey eğimin oluştuğu görülmüştür. Tespit edilen deformasyonların önlenmesi için yenileme çalışmalarıyla, deneme üretim aşamalarına başlanmıştır.

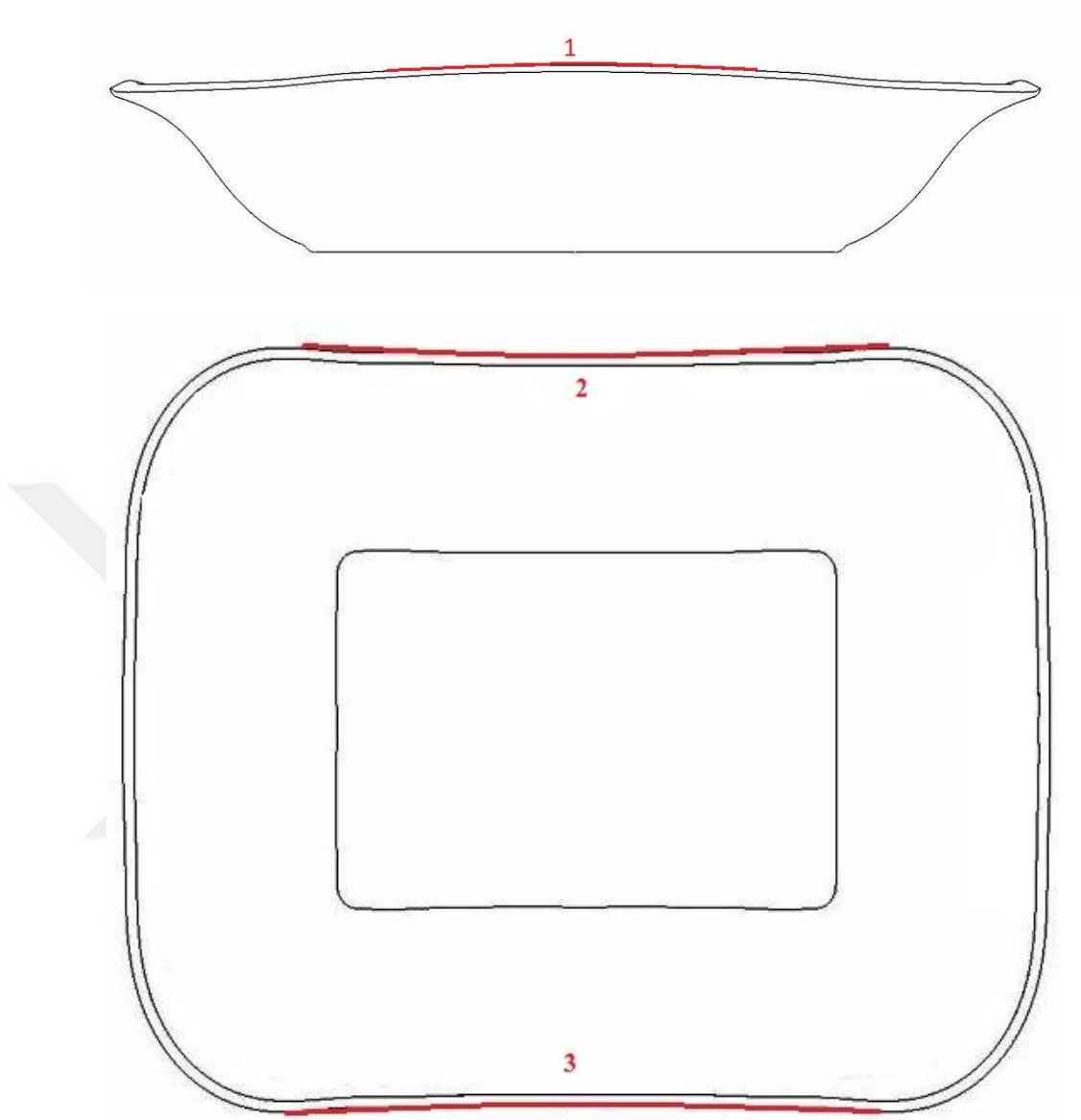
Görsel 60: Deformasyonlu Çukur Tabak



Çukur tabak formunda karşılaşılan ilk deformasyon problemlerinden bir tanesi üst bölgenin çok fazla açılarak dışa doğru yatmasıdır. Formun yüksek ve geniş hacme sahip olmasından kaynaklı yanak bölgelerinde yatmanın oluştuğu tespit edilmiştir.

Görsel 61’de revizyon çizimi gerçekleştirilen tabağın 2 ve 3 nolu bölgelerinde belirtilen açısının iç bükey hareketi sağlanarak uygulanmıştır. Tabağın model kalıbının üzerinde aynı zamanda 1 nolu bölgede yapılan deformasyon çubuğu denemesi sonucunda, tabak 3 mm çöktüğü için 3mm yukarı eğim kaldırma payı uygulanmıştır.

Görsel 61: Çukur Tabak Revizyon Çizimi

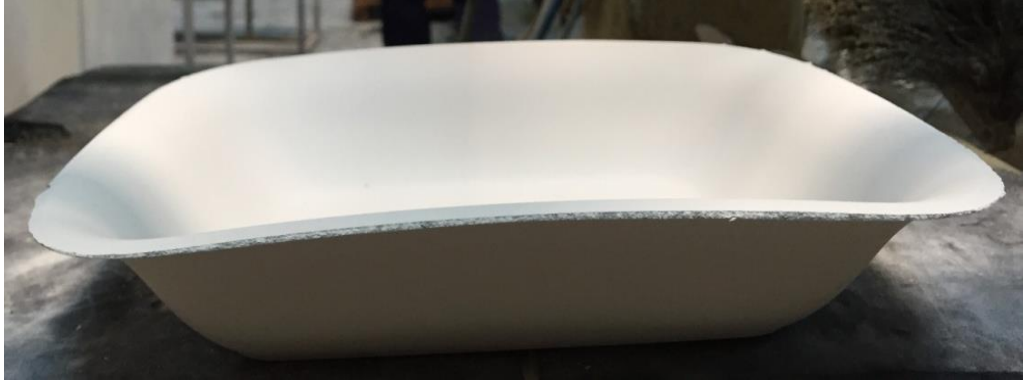


Kaynak: Porland Porselen A.Ş. Arşivi

3D olarak tasarlanan parçaların yenilenmesiyle CAD/CAM programına gönderilmiş, CNC’ de işlenmesi sağlanmıştır. Metal kalıbın ilgili bölgelerine müdahale edilerek kalıp üzerinde iyileştirme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çukur tabak modelinin deformasyonlu bölgelerinin iyileştirme çalışmaları yapıldıktan sonra ürün denemesi yapılmıştır. Form, görsel 62’de yarı mamul durumunda iken incelenmiş ve herhangi bir problemin olmadığı tespit edilmiştir.

Görsel 62: Çukur Tabak Formunun İkinci Denemesi



Denemesi gerçekleştirilen formun rötuş işlemleri plastik ayak yardımlarıyla robot sisteminde gerçekleştirilmiştir. Seri üretim sisteminde yapılan denemelerin rötuşlarının makinelerde yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde formun yanak bölgelerinde fazla ve dengeli olmayan rötuşlamadan kaynaklı deformasyonların olduğu tespit edilmiştir.

Görsel 63: Çukur Tabak Rötuşlama Aşaması



Kaynak: Porland Porselen A.Ş. Üretim Sahası

İzostatik toz pres sistemiyle gerçekleşen çukur tabağın bisküvi ve sır pişirimi yapılarak deformasyonlu bölgelerin giderildiği ürün üzerinden tespit edilmiştir.

Tablo 7:

Dikdörtgen Biçimli Çukur Tabak Deformasyon Karşılaştırma Tablosu

Deformasyonlu Ürün	Deformasyonları Giderilen Yeni Ürün
	
	
Ürün Adı: Dikdörtgen Biçimli Çukur Tabak Üretim Türü: Sert Porselen Şekillendirme Yöntemi: İzostatik Toz Presleme Bisküvi pişirimi: 1000° C/ 20 Saat Sır Pişirimi: 1350 ° C Üründe Tespit Edilen Deformasyonlar: 1. Çukur Tabak formunun yanak kısımlarından dışarıya doğru eğilmesi	<u>Ürün Bilgisi:</u> Çukur tabağın deformasyonlarının önlemesi amacıyla yan bölgelerine 3 mm yukarı kaldırma açısı uygulanmıştır. Deformasyon giderilme çalışması sonucunda verilen eğimin yeterli geldiği çıkan numune sonucunda tespit edilmiştir.

3.1.4. Kâse

Form yapısı yuvarlak, üst bölgesi açık olan porselen formların üretim aşamalarında, sık rastlanan deformasyon türleri, ürünün üst bölgesinde sağa ve sola eğilmeler görülmüştür. İzostatik toz presleme sistemiyle üretilmesi planlanan, kâsenin ilk deneme üretimi sonucunda üst bölgesinde deformasyon olduğu tespit edilmiştir. Presleme sistemiyle üretilecek olan ürünün metal kalıp parçalarının tespit edilen bölgelerinde iyileştirme çalışmalarına başlanmıştır.

Deneme üretimi yapılan ürünün deformasyona maruz kalan bölgesi tespit edilerek, görsel 65 'de gösterilmiştir.

Görsel 64: Deformasyonlu Kase



Kâse formunun, deformasyon görülen üst bölgesindeki paylar hesaplanarak mamulün kalınlığı arttırılmıştır. Formun ince olarak kalıp tasarımı yapıldığından mamulün üst bölgesi deforme olmuştur. Ağız bölgesi çok fazla geniş olduğundan presleme sisteminde ince olması deforme olmasına sebep olmuştur.

Kâse formunda tespit edilen deformasyonların, kalıp parçaları üzerinden teknik çizimleri ve 3D revizyonlu tasarımları tekrardan CAD/CAM programında

oluşturulmuştur. Deformasyonlu bölgede yapılan iyileştirme işlemi sonucunda ağız bölgesindeki kalınlıklarının arttırılması sağlanmıştır. Presleme sisteminde, mamulün et kalınlığından kaynaklı bir deformasyon var ise presleme makinesi aracılığı ile et kalınlığı değiştirilebilmektedir.

Görsel 65: Mamulün Rezvizyon Sonrası Denemeleri



Kâse formunda tespit edilen deformasyonlu kalıp tekrardan denemesi yapılarak, rötuşlanarak mamulden belirli sayıda deneme üretimi yapılır. Sır ve bisküvi pişirimi gerçekleştirilir. Fırın çıkışı sonucunda deformasyonların giderildiği, kalite kontrolü yapılarak herhangi bir deformasyonun olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 8:

Kâse Formunun Deformasyon Karşılaştırma Tablosu

Deformasyonlu Ürün	Deformasyonları Giderilen Yeni Ürün
	
Ürün Adı: Kase Üretim Türü: Sert Porselen Şekillendirme yöntemi: İzostatik Toz Presleme Bisküvi pişirimi: 1000° C / 20 Saat Sır Pişirimi: 1380 ° C Üründe Tespit Edilen Deformasyonlar: 1. Kâse formunun ağız bölgesinde sağa ve sola eğilmeler görülmüştür.	<u>Ürün Bilgisi:</u> Presleme sisteminde üretimi gerçekleştirilen kâse formunun formasyonlu bölgedeki görüldüğü üzere ağız bölgesinde sağa ve sola eğilmeler görülmüştür. Tespit edilen deformasyonlar sonucunda mamulün iyileştirme çalışmaları kalınlık arttırılarak çözümlenmiştir.

3.2. Plastik (Şablon Kalıp) Sisteminde Deformasyonların Tespiti ve Giderilmesi

3.2.1.Kahve Fincanı

Kahve fincanı formlarında sık rastlanılan deformasyonlar, formun ağız ve kulp bölgelerinde meydana gelmektedir. Üretilmesi planlanan kahve fincanının ilk denemesinde tespit edilen problemler; kulp bölgesinde insan faktörüne bağlı olarak oluşan kulp çatlağı ve kulpun çok azda olsa eğilmesidir. Şablon kalıp yöntemiyle üretilen kahve fincanının tadilat yapılma işlemleri için deformasyonlu bölgeler tespit edilerek fincan üzerinde hangi yöntemlerle iyileştirme yapılacağına karar verilmiş ve yenileme işlemleri başlatılmıştır.

Görsel 66: Deformasyonlu Kahve Fincanı



Kahve fincanının ilk denemesinin gerçekleşmesi sonucunda kulp düşmesinin ve çatlak oluşumu tespit edilmiştir. Üretim sırasında insan faktörüne bağlı olarak kulpta baskı deformasyonu oluşmuştur. Kulpun kalıp parçasından 3 mm içeri alınarak kaldırılma işlemi yapılmıştır. Kulpta görülen çatlakların sadece alt birleştirme yerinde olduğu görülmüştür. Formun kulpunda iyileştirme çalışmaları yapıldıktan sonra plastik şekillendirme sisteminde üretilebilmesi için ikinci deneme işlemleri başlatılmıştır.

Mamulün 1000⁰ C de bisküvi pişirimi, 1350⁰ C’de sır pişirimi yapılmıştır. Ürünlerin sırlanması sonucunda kulp çatlağında sır kapatması olduğu gözlemlenmiştir.

Görsel 67: Kahve Fincanı İkici Denemesi, Yarı Mamul



Uygulamaların sonuçları doğrultusunda plastik şekillendirme sisteminde üretimi gerçekleştirilen fincanda başka bir problemin görülmediği tespit edilmiştir.

Tablo 9:

Kahve Fincanı Deformasyon Karşılaştırma Tablosu

Deformasyonlu Ürün	Deformasyonları Giderilen Yeni Ürün
	
Ürün Adı: Kahve Fincanı Üretim Türü: Sert Porselen Şekillendirme yöntemi: Plastik Şekillendirme Bisküvi pişirimi: 1000° C / 20 Saat Sır Pişirimi: 1350 ° C Üründe Tespit Edilen Deformasyonlar : 1. Fincan formunun ağız bölgesinde eğilmeler görülmüştür.	<u>Ürün Bilgisi:</u> Plastik Şekillendirmede üretimi gerçekleştirilen kahve fincanı formunun şekillendirme sırasında kulp bölgesinde eğilme problemi görülmüştür. Kulp formunun kalıplarında 3 mm yukarı kaldırma çalışması yapılmıştır. Kulp bölgesinde oluşan çatlak oluşumu üretim aşamasında düzgün yapıştırma metodu uygulanarak çözümlenmiştir

3.2.2. Saklama Kabı

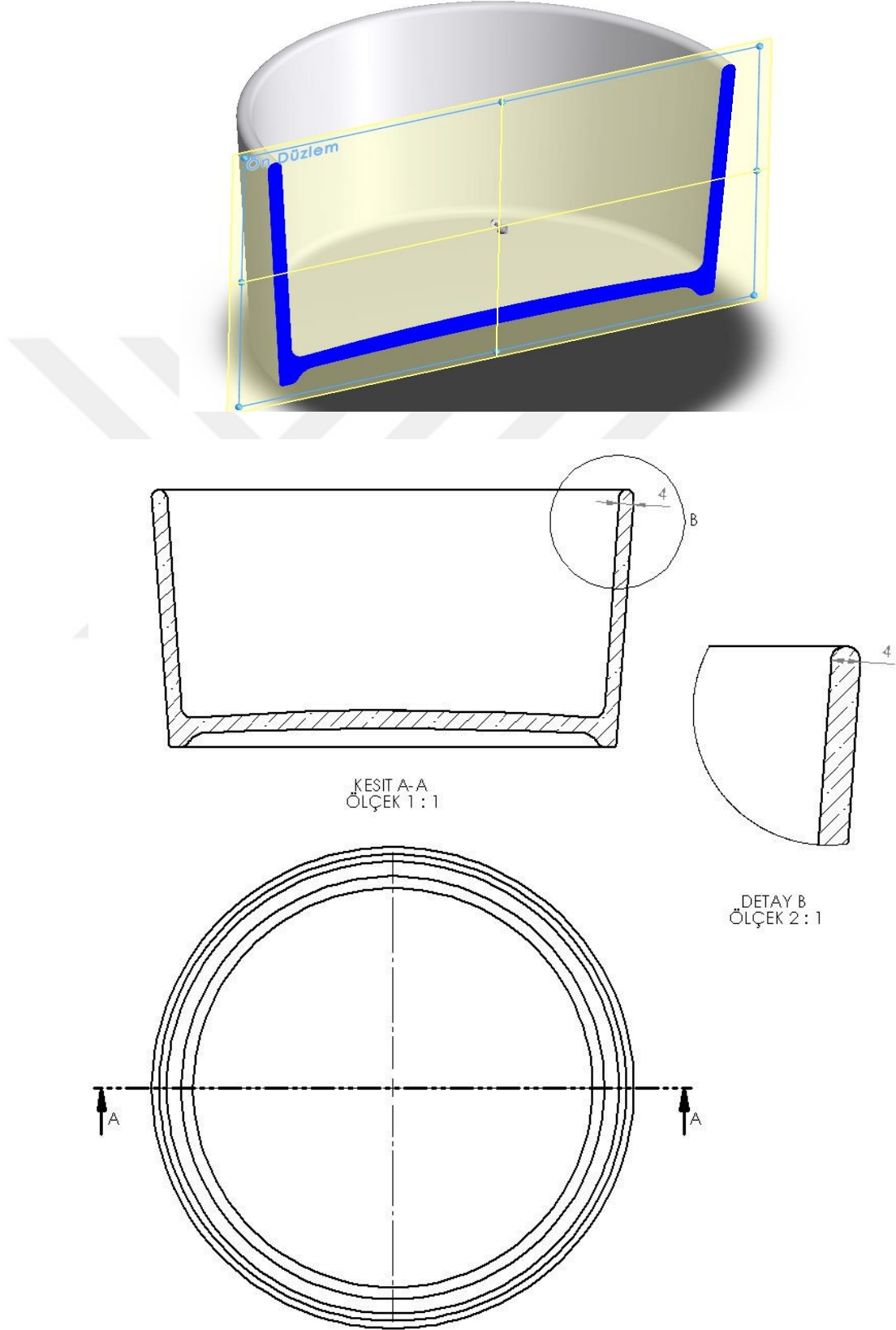
Plastik şekillendirme sisteminde üretilen saklama kabının üretim aşamasında herhangi bir deformasyon olmamış fakat pişme aşamasında mamulün ağız bölgesinde deformasyon görülmüştür. Pişme sırasında meydana gelen deformasyon için gerekli önlemler alınarak tadilat yapılma işlemleri başlatılmıştır. Üretilmesi planlanan saklama kabının ilk denemesinde tespit edilen deformasyonun; kurutma sırasında yaşanan bir ağız deformasyonu olduğu gözlemlenmiştir. Plastik şekillendirme yöntemiyle üretilen saklama kabının tadilat yapılma işlemleri için deformasyonlu bölgeler tespit edilerek hangi yöntemlerle iyileştirme yapılacağına karar verilmiştir.

Görsel 68: Deformasyonlu Ürün



Kâse formu iç sıvama yöntemiyle şablonla şekillendirilmiştir. Üretim sırasında metal şablonun çamurun içine yerleşerek şekillendirmesi sırasında şablon açısının 6° olarak ayarlanarak denemesi yapılmıştır. Formun tasarımı ve teknik çiziminde yan kısımlarındaki kalınlıkları kontrol edilerek, formun uygun et kalınlığı model çiziminde uygulanmıştır.(bkz. Görsel 69)

Görsel 69: Tasarım ve Teknik Çizimi



Şekillendirme sırasında ilk olarak plastik çamurun kalıbına gerekli olduğu kadar çamur yerleştirilmesi yapılmıştır. (bkz. Görsel 70)



Görsel 70: Deneme Üretimi Aşamaları

Görsel 70’de şekillendirme aşamaları tamamlanan formun kontrolleri sağlanmıştır. Formun ağız bölgesi geniş olduğundan kalıp içinde 2-3 dakika bekletilerek mamulün kalıptan çıkartılmıştır. Şekillendirme sırasında mamulün yan yanak bölgesindeki kalınlığı arttırılarak deforme olması önlenmiştir.

Tablo 10:
Saklama Kabı Deformasyon Karşılaştırma Tablosu

Deformasyonlu Ürün	Deformasyonları Giderilen Yeni Ürün
	
Ürün Adı: Saklama Kabı Üretim Türü: Sert Porselen Şekillendirme Yöntemi: Şablon kalıpla Şekillendirme Bisküvi pişirimi: 1000° C Sır Pişirimi: 1380 ° C Üründe Tespit Edilen Deformasyonlar : 1. Ağız bölgesinde deformasyon	<u>Ürün Bilgisi:</u> Saklama kabının ağız bölgesinin mamulün ince ve ağız açık bir forma sahip olmasından dolayı deformasyon olduğu tespit edilmiştir. Üst ağız bölgesindeki et kalınlığının arttırılması sonucunda mamulün deformasyonları giderilmiştir.

3.3. Dökümle Şekillendirme Sisteminde Deformasyonların Tespiti ve Giderilmesi

3.3.1. Demlik /Demlik Kapağı

Döküm sisteminde üretilen, demlik formlarında genellikle ağız, kulp ve emzik bölgelerinde deformasyonlar görülebilir. Üretilmesi planlanan demliğin ilk ürün denemesi sonucunda ağız, emzik ve kulp bölgesinde deformasyon olduğu tespit edilmiştir. Döküm yöntemiyle üretilecek ürünün alçı modellerinde tadilat yapılma işlemleri için tespit edilen deformasyonlu bölgelerde hangi çözümlerle nasıl bir yol izleneceği belirlenerek uygulamalara başlanmıştır.

Görsel 71: Demlik Modeli



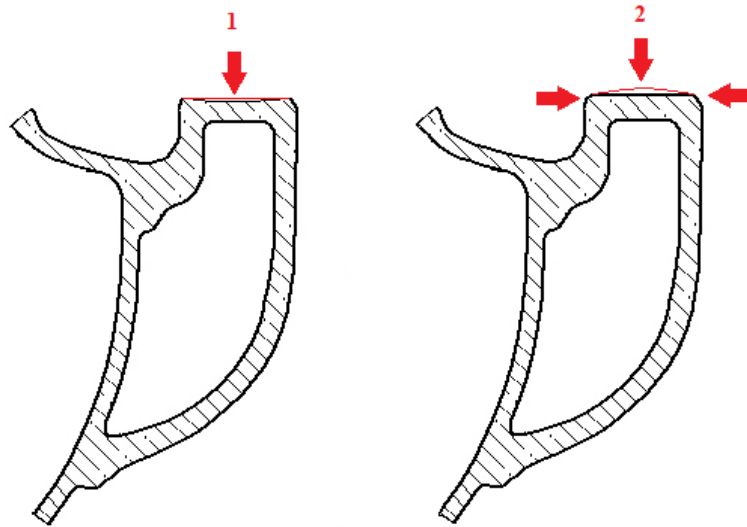
Demlik üretiminde karşılaşılan ilk deformasyon kulpun aşağıya doğru yatması olmuştur. Kulplar da sıklıkla görülen bu deformasyon biçimi yer çekimine maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum kulpların yatay ya da dikey olan bölgelerinde uzunluktan kaynaklanan yatma problemidir. Görsel 72’de gözlemlendiği üzere kulpun yatay bölgesinde yatmadan kaynaklanan deformasyon görülmektedir

Görsel 72: Kulpta Görülen Deformasyon

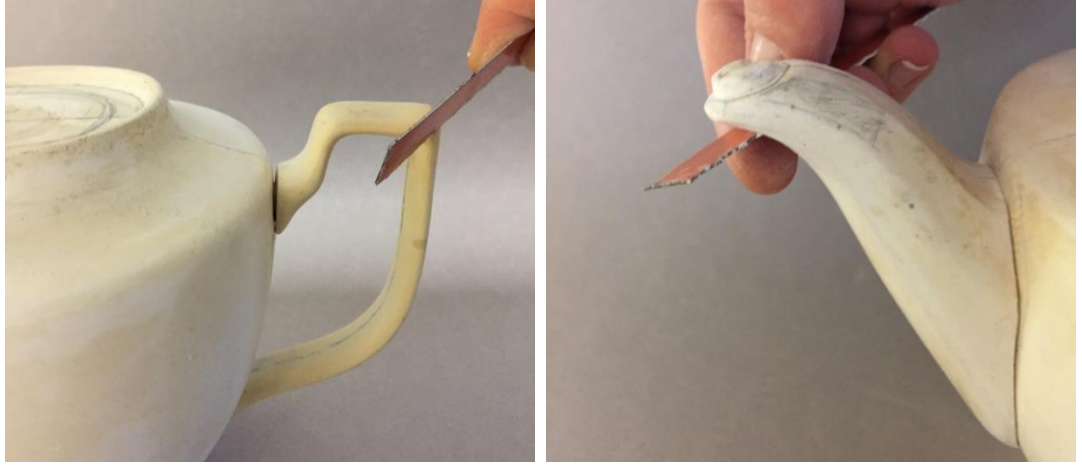


Bu durumda yapılması gereken iyileştirme işlemi yukarı eğim hareketidir ve bu işlem formun modelinde, kalıbında ve teknik çiziminde gerçekleştirilir. Kulpun deforme olan kısmı hesaplanarak eğim ters biçimde verilir. 2 nolu çizimde yukarı eğim payı verilerek, deformasyon giderilme çalışmaları için revizyonlu teknik çizimi yenilenmiştir.

Görsel 73: Kulp Teknik Çizimi



Görsel 74: Demlik Kulp ve Emzik Deformasyonu İyileştirme Çalışması



Formun emzik bölgesinde ise yatma problemi ile karşılaşılmıştır. Görsel 75’de görüldüğü üzere deformasyonlu emzik bölgesi revize edilerek, model üzerinde yukarı eğim hareketi verilmiş, bu sayede emzik bölgesinin deformasyona tekrar uğramaması için gerekli olan kaldırma payı uygulanmıştır. Demlik modelinde tüm iyileştirme çalışmaları yapıldıktan sonra boş döküm kalıbı alınmış ve numune dökümü yapılmıştır.

Görsel 75: Demlik Kalıbı



Görsel 76: Boş Döküm Aşaması



Demliklerde ağız deformasyonları genellikle insan faktöründen kaynaklanmaktadır. Kalıbın döküm ağız parçası alındıktan sonra ağız bölgesinin serbest elle kesilmesi esnasında yapılan hatalar deformasyonlara sebep olmaktadır. Bu deformasyonların giderilmesi için uygulanan yöntem kesme şablonu¹³ olarak adlandırılan parça yardımıyla yapılmaktadır. Ağız ve kulp çekme payına uygun oval kesme şablonu yapılarak daha düzgün bir şekilde çamurun kesilmesi sağlanır. Kesme şablonu üst kalıp parçasının yerine koyularak yapılır ve kalıbın üst kısmı kesme işlemi yapılırken çıkarılır. Böylece yüzeylerin daha düzgün kesilerek deformasyon oluşumlarının azalması da sağlanmış olunur. Uygulamanın sonucunda kesme şablonu konularak kesilen demliğin üst kısmında deformasyon oluşumu olmadığı gözlemlenmiştir. (bkz.

¹³ Kesme şablonu: kestamit malzemeden kalıbın üst parçasına ek olarak yapılmaktadır.

Görsel 77: Serbest Elle Kesilme Aşaması



Görsel 78: Kestamit Parçayla Kesilme Aşaması



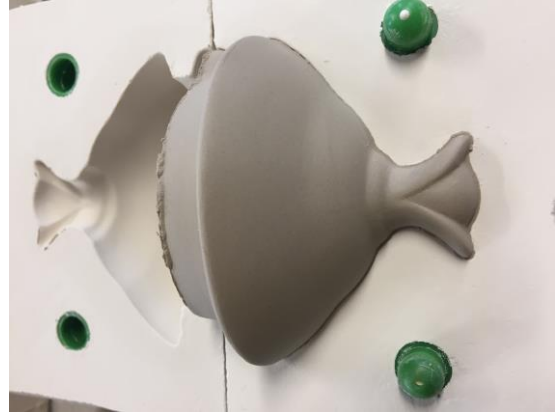
Demliklerde ağız, kulp ve emzik bölgeleri dışında formun kalıptan çıkarılması esnasında da farklı türde deformasyonlar oluşabilmektedir. Özellikle ürün çökmeleri en sık rastlanılan durumlardır. Bu tip problemlerin önlenmesi için; Görsel 80’de gösterildiği gibi mamulün tek kalıp parçasının üzerinde bekletilmesi istenilen sertliğe ulaşıldığında kalıp üzerinden rahatlıkla çıkması sağlanmaktadır.

Görsel 79: Kalıbın Açılması ve Mamulün Bekletilmesi



Demlik formunun gövde dökümünün yapılması aşamasında aynı anda kapak dökümü de gerçekleştirilmiştir. Kapak formunda gövdenin ağız bölgesinde deformasyon olmasından kaynaklı oturmama problemi yaşandığından, tekrardan dökümü yapılmıştır.

Görsel 80: Kapak Dökümü



Uygulama aşamasında dökümde bir sorun yaşanmadığı tespit edilmiştir. Demliğin döküm aşaması tamamlanarak sırasıyla deneme mamulün kurutulması, bisküvi pişirimi ve sır pişirimi yapılmıştır. Demlik, ortalama 25-30⁰C’lik sıcaklık atmosferine sahip olan kurutma odalarında kurutulmuştur. Dengeli bir kurutma mamulde oluşacak çatlakların ve eğilmelerin oluşmasını önlemektedir. Uygulamada da kurutulan rafların düzgün olduğu ve dengeli bir kurutma sonucunda mamulde, kurutma kaynaklı hataların oluşmadığı gözlemlenmiştir. Bu önlemlerin alınmaması yani bünyenin içinde nem kalması durumunda mamullerde pişme esnasında kırılmalar oluşabilmektedir.

Görsel 81: Dökümü Yapılan Demliğin Kurutulması



Görsel 82: Demlik Bisküvi Pişirimi



Mamul kurutması gerçekleştirildikten sonra bisküvi pişirimi 1000⁰ C gerçekleştirilmiştir. Görsel 82’de görüldüğü üzere uygulaması gerçekleştirilen demlik formunun bisküvi pişirimi sırasında bir problemin görülmediği tespit edilmiştir. Mamulün sır pişirimi 1380⁰C’de yapılmıştır. Demlik formunda belirlenen kulp, emzik ve ağız bölgelerinin deformasyonlarının giderilerek, standartlara uygun porselen ürünün üretimi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 11:
Demlik Deformasyon Karşılaştırma Tablosu

Deformasyonlu Ürün	Deformasyonları Giderilen Yeni Ürün
	
Ürün Adı: Demlik Üretim Türü: Sert Porselen Şekillendirme Yöntemi: Boş Dökümle Şekillendirme Bisküvi pişirimi: 1000° C / 20 saat Sır Pişirimi: 1380 ° C Üründe Tespit Edilen Deformasyonlar: 1. Demlik üst ağız bölgesinde deformasyon 2. Kulp ve emzik üst bölgelerinde aşağıya doğru eğilmeler tespit edilmiştir.	<u>Ürün Bilgisi:</u> Ağız, kulp ve emzik bölgelerinde çekmeden kaynaklı deformasyonlar görülmüştür. Bunların sonucunda tespit edilen deformasyon payları hesaplanarak revizyonları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda mamulde deformasyon görülmediği tespit edilmiştir.

3.3.2. Sosluk

Boş döküm sisteminde üretilen, sosluk formunda ağız bölgesinin geniş ve dikdörtgen olmasından kaynaklı deformasyonları görülmüştür. Üretilmesi planlanan demliğin ilk ürün denemesi sonucunda ağız bölgesinde iç kısma doğru eğilmeler olduğu tespit edilmiştir. Döküm yöntemiyle üretilecek olan sosluk formunun modelinde revizyon yapılacağı bölgeleri tespit edilerek deformasyonların hangi çözümlerle nasıl bir yol izleneceği belirlenerek model aşamasında revizyon işlemleri başlatılır.

Görsel 83: Deformasyonlu Ürün



Sosluk formunun ilk aşaması olarak teknik çizimleri model ölçüsünde hesaplanarak tekrardan düzenlenir. Yan bölgelerde oluşan deformasyonlar için, deformasyonu ölçülerek, formun modelinde yan kısımlara 2 mm dışa eğim hareketi uygulanmıştır. Modelde uygulanan dışa eğim sonrasında tekrardan model kalıplaması yapılır. Deneme kalıbından 6-7 adet mamul elde edilerek, kontrolleri sağlanır. Eğer mamulde bir problem görülürse üretime geçmeden tespitinin sağlanması amacıyla deneme dökümü gerçekleşir. Görsel 84’de mamulün deneme dökümü aşamaları uygulamalı olarak gösterilmiştir.

Görsel 84: Model Üzerinde Tadilat Aşaması



Görsel 85: Mamul deneme Döküm Aşaması



Döküm aşamasında doldurulan çamurun ters çevrilerek homojen bir geri boşaltılması sağlanır. Kalıbın ters çevrilmesiyle beraber bir süre bekletilir. Döküm ağzı kısmından kalınlık aldığı ve deri sertliğine geldiği süre tamamlandığında kalıbın üst parçası açılarak mamulün üst parçası dikkatli bir şekilde kesilmiştir. Kalıbın içerisinde şekillendirilmesi tamamlanan sosluk formu kalıptan deformasyon önlemleri dikkate alınarak kalıptan çıkartılmıştır. Döküm mamullerinin çok fazla insan faktörüne maruz

kaldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle döküm esnasında mamule çok fazla elle müdahale sağlanmamasına dikkat edilmiştir.

Dökümü tamamlanan mamul kurutma odasında yaklaşık olarak 45°C kurutulmuştur. Bu sırada karşılaşılan bir deformasyon görülmemiştir. Tamamen kuruması gerçekleşen mamule kuru rötuşlama işlemi yapılarak bisküvi pişirimi ve sırlaması yapılarak fırınlama aşamaları tamamlanmıştır

Görsel 86: Revizyonlu Ürün



Tablo 12:
Sosluk Deformasyon Karşılaştırma Tablosu

Deformasyonlu Ürün	Deformasyonları Giderilen Yeni Ürün
	
Ürün Adı: Sosluk Üretim Türü: Sert Porselen Şekillendirme Yöntemi: Boş Döküm Bisküvi pişirimi: 1000° C Sır Pişirimi: 1380 ° C Üründe Tespit Edilen Deformasyonlar : 1. Ağız bölgesinde iç bükey deformasyonlar tespit edilmiştir.	<u>Ürün Bilgisi:</u> Mamulün ağız bölgesinin kare ve açık olmasından kaynaklı yan bölgelerde iç kısma eğilmeler tespit edilerek, formun modelinde dışa doğru açı verilerek deformasyonları giderilmiştir.

3.4. Basınçlı Döküm Sisteminde Karşılaşılan Deformasyonların Tespiti ve Giderilmesi

3.4.1. Fırın Kabı

Basınçlı döküm sisteminde üretilen fırın kabı yüksekliği olan ve aynı zamanda geniş ağız kısmı olan forma sahiptir. Mamulün yan bölgelerinde yatma, yan kısımlarda dışa açılma ve kenar dolum ağzının olduğu bölgelerde deformasyonlar tespit edilmiştir. Mamulün deformasyonlarının neden kaynaklığının tespiti sağlanarak model üzerinde revizyonları gerçekleştirilmiştir.

Görsel 87: Deformasyonlu Ürün



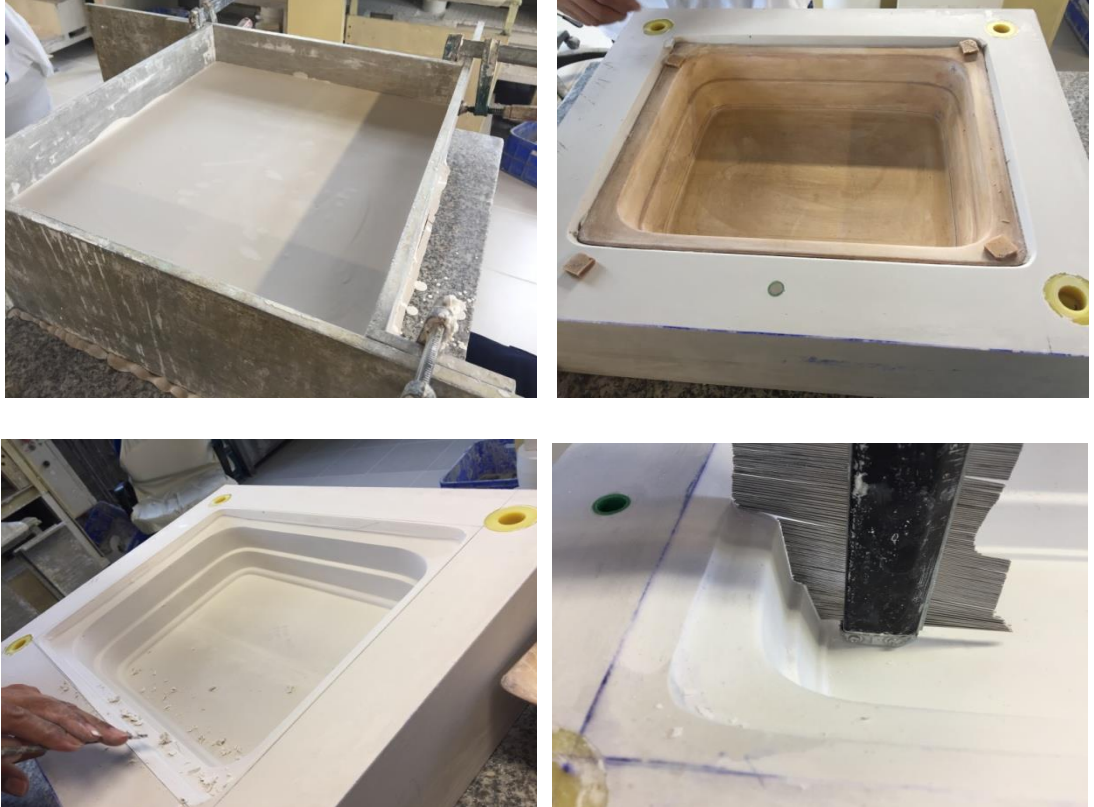
Görsel 87’de mamulün yan yanak uç kısımlarında ve köşelerinde 3 mm lik yatma ve eğilme olduğu için, bu deformasyonları düzeltmek amacıyla mamulün modeli üzerinde 3 mm yukarı kaldırma eğimi verilmiştir. Yan geniş kenarlardaki açılmanın önlenmesi açısından içe doğru açılan deformasyon kadar iç bükey hareket oluşturulmuştur.

Görsel 88: Model Aşaması

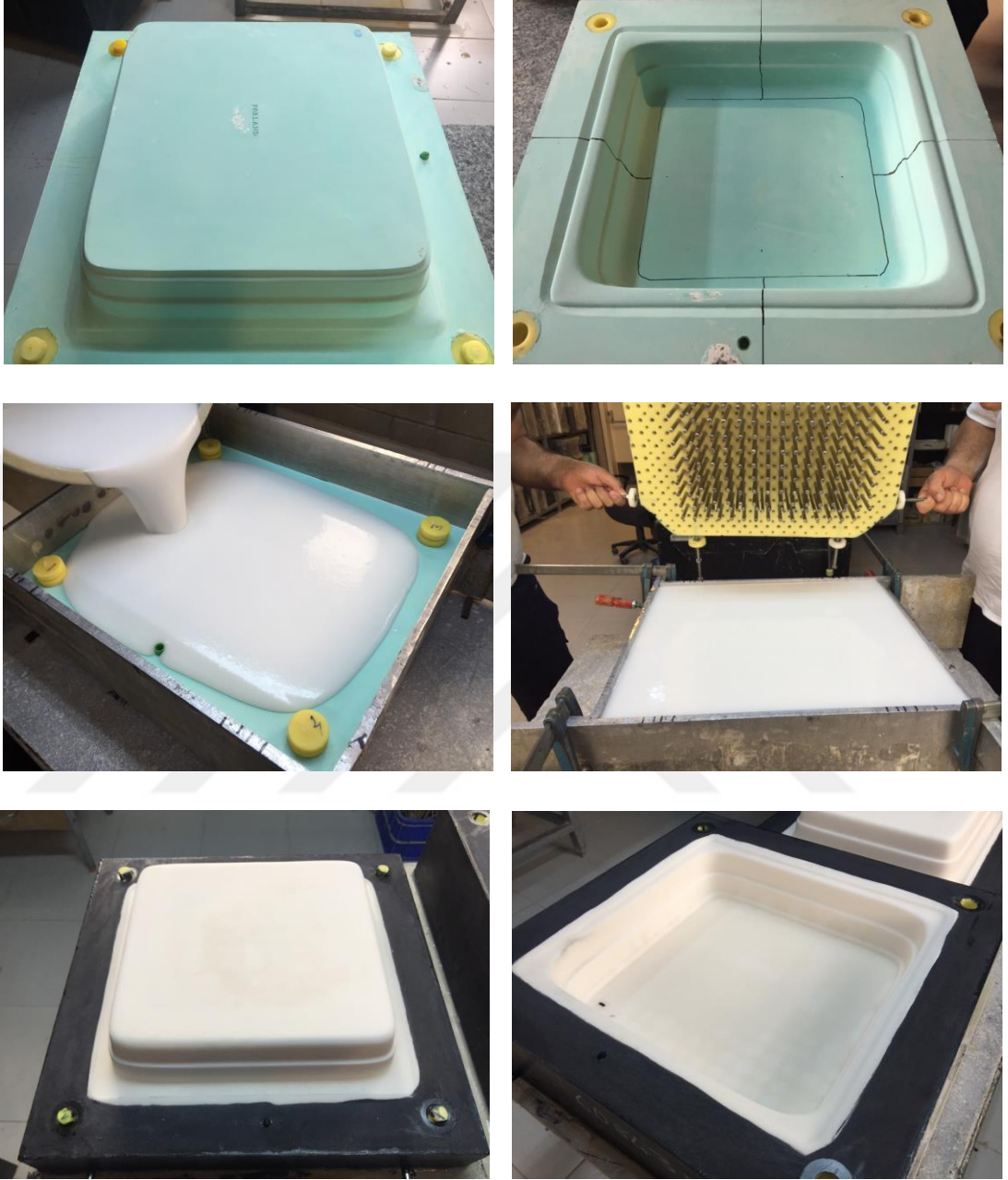


Sol taraftaki görselde ilk yapılan modelde yan kısımların düz yapıldığı ve sonucunda deformasyon payı hesaplanarak yukarıya kaldırılan köşelerin revizyonlu halini sağdaki görselde görmekteyiz. Model revizyonları tamamlanan ürünün deneme yapılabilmesi için basınçlı kalıp aşamasından önce alçı kalıbı alınarak 3-4 adet mamul dökülerek kontrolleri sağlanmıştır. Dökümü yapılan mamullerde herhangi bir sorunla karşılaşmadığı tespit edilmiştir. Ürünün revizyonlu modeli üzerinden basınçlı döküme hazırlama aşası için tekrardan alçı kalıpları alınarak araldit teksirleri yapılmıştır.

Görsel 89: Deneme alçı kalıbı



Görsel 90: Basınçlı Döküm Hazırlama Aşaması



Araldit teksileri tamamlanan kalıplar üzerinden basınçlı döküm kurgusu hazırlanmıştır. Kalıbın bir parçası dökülerek, üzerine hazırlanan çiviler polimer malzeme donmadan yerleşimi yapılmıştır. Kalıbın her iki parçasın da aynı uygulamalar yapılarak kalıbın açılması sağlanmış ve kontrol edilmiştir. Kalıp parçaları hazır hale getirilerek deneme aşamasına geçilir.

Basınçlı döküm makinesine karşılıklı bağlanan kalıplardan yaklaşık 50 adet deneme basılmıştır. Bu sırada mamullerde üretim kaynaklı hatalar da görülmüştür. Şekillendirilen mamulün vantuzla alınması sırasında mamulün yan kısımlarında

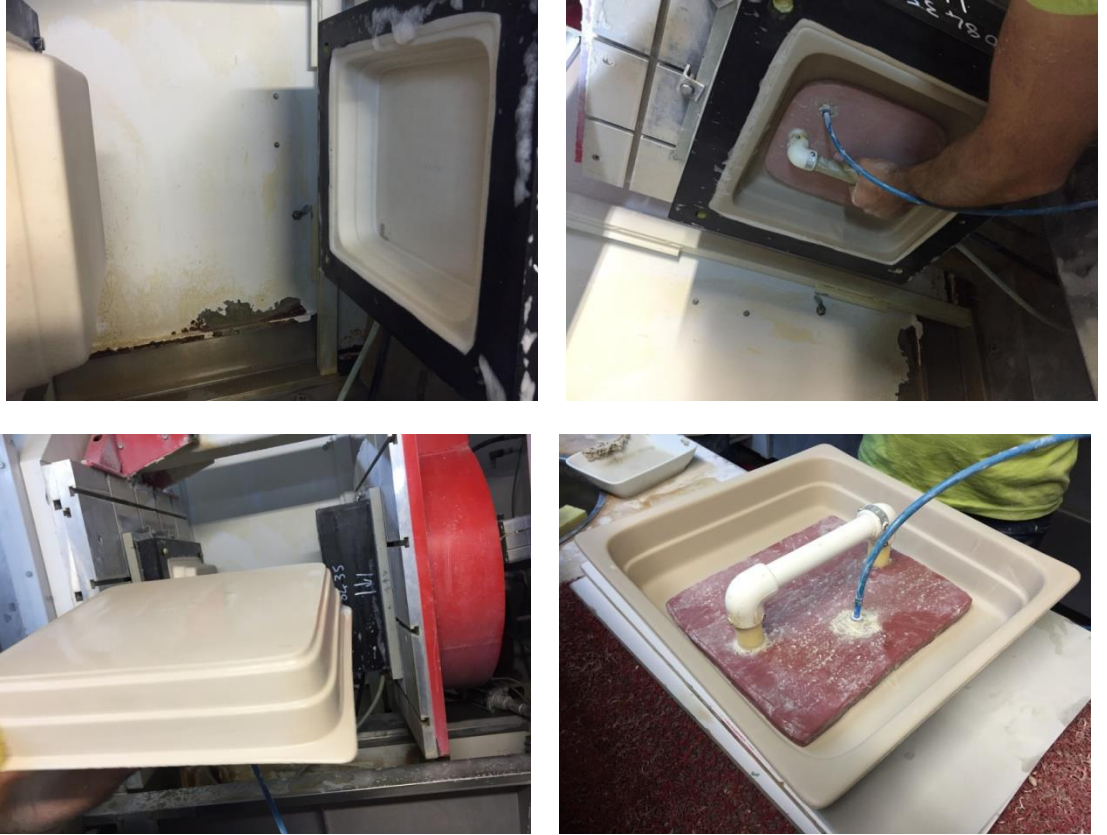
eğilmeler görülmüştür. Vantuzun tam olarak mamulü tutmasından kaynaklı sorun, değiştirilen vantuzla çözülmüştür. Mamulde görülen üretim hatası görselde gösterilmiştir.

Görsel 91:Deformasyona Uğrayan Mamul



Üretimden kaynaklı problemin çözülmesi sonucunda deneme üretiminde herhangi bir sorun yaşanmamıştır.

Görsel 92: Mamul Deneme Aşaması



Görsel 93: Mamulun Et Kalınlığı Kontrolü



Mamulün gereken et kalınlığında olmasını sağlamak amacıyla, merkezden mamul kesilir ve kontrolleri sağlanır. Fırın kabı basınçlı döküm sisteminde 25 barla basılarak deneme üretimi yapılmıştır.

Görsel 94: Deneme Üretimi Yapılan Mamul



Deneme üretimi tamamlanan mamullerin kurutma aşamalarının tamamlanması sonucunda bisküvi ve sır fırınlama işlemleri yapılarak, ürünler de deformasyon giderilme çalışmaları yapılan bölgelerde bir sorunla karşılaşmadığı tespit edilmiştir.(bkz. Görsel 94)

Tablo 13:
Fırın Kabı Deformasyon Karşılaştırma Tablosu

	
Ürün Adı: Fırın kabı Üretim Türü: Sert Porselen Bisküvi pişirimi: 1000° C / Pişme süresi: 24 saat Sır Pişirimi: 1380 °C Üründe Tespit Edilen Deformasyonlar : 1. Yanak (uç) bölgelerinde eğilme 2.Kenar kısımlarından dışa doğru açılma görülmüştür.	Ürün Bilgisi: Deformasyonları giderilen mamulde görülen yanak eğimi, kenar kısımlarından dışa açılma ve üretim şartlarından kaynaklı deformasyon çalışmaları tespit edilerek giderilme çalışmaları sonuçlandırılmıştır.

SONUÇ

Porselen sofa eşyası sektöründe, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte ürün çeşitliliği artmıştır. Bu ilerlemeler sayesinde farklı ürünler ve yenilikler firmalar arasında rekabet ortamı yaratmaktadır. Tüketimden kaynaklı ihtiyaçlar doğrultusunda üretim kapasitesi ve ihracat artmakta, kaliteli üretim hedeflenmektedir. Türkiye de porselen sofa eşyası üretimine ihracat açısından bakıldığında son yıllarda artış olduğu görülmektedir. Bu artışın son on yıl içerisinde yaklaşık olarak iki kat arttığı görülmektedir.

Türkiye, dünya ihracat sıralamasında %3 pay ile 6. sırada yer almakta, ithalatta ise %1 pay ile 20. sırada yer almaktadır. Bu da ülkemizin dünya ile rekabette iyi bir yere sahip olduğunu göstermektedir. 2015 yılında porselen mutfak eşyaları ihracatımızın yaklaşık 13 milyon dolar olan %19'luk kısmı Almanya'ya gerçekleştirilmiş olup, İngiltere, İsveç, İtalya, İspanya gibi Avrupa Birliği ülkeleri de önemli pay almışlardır. Ardından ABD ve Azerbaycan'a da %5'erlik paylarda ihracat gerçekleştirilmiştir. İthalatımızın ise %88 gibi büyük bir yüzdesi Çin'den gerçekleştirilmiştir. Çin'den sonra gelen ülkeler arasında Bangladeş, Mısır, Tayland ve Almanya da öne çıkmaktadır (Palacioğlu & Yamak, 2016, s. 23).

Tez uygulamaları için pilot saha olarak seçilen Porland Porselen ise 1992 yılından beri faaliyette olan ve Türkiye de üretim yapan bir porselen fabrikasıdır. Porland porselen Türkiye'nin en büyük porselen fabrikası olup Avrupa standartlarına uygun ve Türk sermayesiyle üretimini sağlayarak % 60 ihracat gerçekleştirmektedir. İngiltere, İtalya, Kanada, İsrail, Yunanistan, , Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Avusturya, İsveç, Hollanda Belçika, İspanya, İzlanda, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, Romanya ve Fransa'ya ürünlerinin ihracatını sağlamaktadır.

Porselen sektörünün üretim bünyelerinde yapılan teknolojik yenilikler ve ilerlemeler sayesinde ülkemiz üretim kapasitesi bakımından dünya sıralamasında ilk 5'de yer almaktadır.

Ancak, porselen sektöründe her yeni ürünün deneme sürecinde karşılaşılan deformasyonların tamamı işletme için zaman kaybına yol açmakta, maliyetleri etkileyerek verimliliğin azalmasına sebebiyet vermektedir. İşletmenin zararına sebep olan olumsuzluklardan birisi de deformasyonlu ürünlerin çok fazla sayıda olmasıdır. Bu

nedenle verimliliğin arttırılabilmesi için deformasyonların önlenmesi ve minimum seviyelere indirilmesi gerekmektedir.

Tez kapsamında, uygulama alanı olarak Porland Porselen fabrikası seçilmiş ve porselen sofras eşyası üretiminde karşılaşılan deformasyon türleri ve giderilme çalışmaları, belirlenen bir grup ürün üzerinde yapılmıştır. Ürünlerin üretim yöntemleri göz önünde bulundurularak, maruz kaldıkları deformasyonların tespiti sağlanmıştır. Tespit edilen deformasyonların nedenleri belirlenmiş ve bu nedenlerin çözümü amacıyla her form için ayrı olacak şekilde giderilme süreçleri planlanmış ve uygulanmıştır. Deformasyon önleme çalışmalarının tamamı seri üretim yöntemlerine uygun olarak standartlara göre gerçekleştirilmiştir. Porselen üretiminde, hammaddeden başlayarak fırın çıkışına kadar olan süreçte oluşabilecek deformasyonların nedenleri ve çözüm önerileri ile birlikte sunulmuştur. Uygulamaların sonuçları değerlendirilmiş ve yapılan tüm deformasyon giderici yöntemlerin seri üretimde takibi yapılarak, standartlara uygun olarak üretildiği saptanmıştır.

Sonuç olarak; deformasyonlu ürünlerin en az seviyelere indirilmesi sağlanarak ürün kalitesinin yükseltilmesi ve ekonomik açıdan karlılık seviyesinin arttırılması günümüz seramik ve porselen sektörünün en önemli konuları arasında yer almaktadır. Konu bahsi geçen sebeplerden dolayı çok önemli olmakla birlikte, maalesef porselen sofras eşyası üretiminde deformasyonların tespiti ve giderilme çalışmaları ile ilgili yazınsal kaynak eksikliği mevcuttur. Çalışmanın bu konuda önemli bir eksikliği gidererek, akademik alanda literatüre geçmesi hedeflenmiştir. Bu sayede akademi ve sektör işbirliğine katkı sağlaması amaçlanmıştır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Arcasoy, A. (1983). *Seramik Teknolojisi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları.1
- Arcasoy, A. (1983). *Seramik Teknolojisi*. İstanbul: Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları No:2.
- Erbahar, N. (1984). *Çin Porselenleri*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınevi.
- Fortuna, D. (tarih yok). *Seramik Sağlık Gereçlerinde Döküm*. Sersa.
- Fraser, H. (2010). *Seramik Hataları ve Çözüm Yöntemleri*. (Z. M. Özkan, Çev.) İzmir: Karakalem Kitapevi Yayınları.
- Güngör, İ. (2005). *Temel Tasar* (Cilt Esen Ofset Matbaacılık San. ve Tic. A.Ş). İstanbul, Okmeydanı: Bilgisayar Destekli Baskı ve Reklam Hizmetleri Sanayi ve Ticaret LTD. ŞTİ.
- Kundul, M. (2013). *Endüstriyel Seramik Alçı ve Çamur Şekillendirme Yöntemleri*. İstanbul, Göztepe: Biltur Basım Yayın ve Hizmet A.Ş.
- Mete, H. T. (1986). *Seramik Teknolojisi ve Uygulaması*. İzmir.

İnternet Kaynakları

Baykal, B. (2000, Ekim). Yüksek Lisans Tezi. *Osmalı Porselen Sanatı*. İstanbul.

Dorst. (2018, Aralık 20). *ceramicindustry*. [www.ceramicindustry.com: ://www.ceramicindustry.com/articles/85591-a-pressing-matter](http://www.ceramicindustry.com/articles/85591-a-pressing-matter) adresinden alınmıştır

Dündar, S. O. (2019, Ocak 21). *Seramik Sofra ve Süs Eşyası*. Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş: http://www.kalkinma.com.tr/data/file/raporlar/ESA/SA/2005-SA/SA-05-09-26_Seramik_Sofra_ve_Sus_Esyasi_Sektoru.pdf adresinden alınmıştır

Gomalak. (2019, mayıs 14). *Anilin Boya*. <https://www.gomalak.com/yazi/anilin-boya.html> adresinden alınmıştır

Kadioğlu, H. (2009, Nisan). Doktora Tezi. *Sert ve Yumuşak Porselenlerde Pişirim Sıcaklıkları ve Sürelerinin Düşürülmesi*. Eskişehir, Türkiye.

Özen, P. (2015). Yüksek Lisans Tezi. *Sert Porselen Gövdelerde Bor Atığı Kullanımı ve Karakterizasyonu*. Bilecik: Bilecik Şeyh Edebali Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özer, A. T. (2009, Ekim). Yüksek Lisans Tezi. *Yumuşak Porselende Vollostonit Kullanımının Bünyeye Etkisi*.

Palacioğlu, S., & Yamak, K. (2016, Mayıs). *Zücdet*. 4 1, 2019 tarihinde Züccaciyeciler Derneği: http://zucder.org.tr/upload/yayinlar/pdf/yayinlar_pdf_5911ad140bfbf.pdf adresinden alındı

Porland. (2019, Ocak 21). *Üretim Teknikleri*. [www.porland.com: https://www.porland.com/Icerik/GetContent/1001?name=uretim-teknikleri](http://www.porland.com/Icerik/GetContent/1001?name=uretim-teknikleri) adresinden alınmıştır

SAMA. (2019, Mayıs 30). [www.sacmi.com](http://www.sacmi.com/System/00/02/50/25072/635784324817460659_1.pdf). ISO-Pressing: http://www.sacmi.com/System/00/02/50/25072/635784324817460659_1.pdf adresinden alınmıştır

TDK. (2019, 3 20). *Türk Dil Kurumu*. [www.tdk.gov.tr: http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=GRAN%C3%9CL](http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=GRAN%C3%9CL) adresinden alınmıştır

Ural, M. (2017, Temmuz). Vitrikiye Seramik Üretiminde Karşılaşılan Deformasyonların Giderilmesi. Sakarya,

Röportaj

Vardar, H. (2018, Kasım 13). Porland Porselen Model Tasarım Müdürü. (G. Özkan, Röportajı Yapan) Bilecik.

Öztürk, S. (2019, Ocak 24). Porland Porselen Dökümhane Şef Yardımcısı. (G. Özkan, Röportajı Yapan) Bilecik.

Kurular, S. (2019, şubat 21). Porland Porselen A.Ş Hamur Hazırlama Şefi. (G. Özkan, Röportajı Yapan) Bilecik.



ÖZGEÇMİŞ

Gizem Özkan, 24 Ocak 1989 tarihinde Güzelyurt KKTC’de doğdu. 2003-2007 yıllarında Ankara Anadolu Güzel Sanatlar Lisesinde okudu. 2007-2011 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesinde Seramik Bölümü tamamladı. Aynı yıllar arasında Eczacıbaşı/Vitra da ve vital seramikte stajlarını tamamlayarak, 2011 yılında Porland Porselen A.Ş. Model Tasarım Grubuna Tasarımcı olarak girerek, halen etmektedir.

