



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SEÇİLEN BİR PARÇAYA AİT PLASTİK KALIP TASARIMI

İlyaz İDRİZOĞLU

Prof.Dr. Ali BAYRAM

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA -2011
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

İlyaz İDRİZOGLU tarafından hazırlanan “SEÇİLEN BİR PARÇAYA AİT PLASTİK KALIP TASARIMI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ali BAYRAM

Başkan : Prof. Dr. Ali BAYRAM U. Ü. Müh.-Mim. Fakültesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye : Prof. Dr. Nurettin YAVUZ U. Ü. Müh.-Mim. Fakültesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye : Prof. Dr. Ferruh ÖZTÜRK U. Ü. Müh.-Mim. Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN
Enstitü Müdürü
.. / .. / (Tarih)

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

05 / 10 / 2011

İmza

İlyaz İDRİZOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SEÇİLEN BİR PARÇAYA AİT PLASTİK KALIP TASARIMI

İlyaz İDRİZOGLU

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali BAYRAM

Gelişen dünya koşullarıyla birlikte çeşitlenen ürün yelpazesi, istenen ürün kalitesi ve miktarı seri üretim makinelerinden olan kalıpları vazgeçilmez kılmıştır.

Enjeksiyon kalıplama en geniş üretim yelpazesine sahip polimer işleme yöntemlerinden biridir. Karmaşık tasarımlara cevap verilebilmesi konvansiyonel yöntemlerle mümkün olmadığından, parçanın kalıptan çıkmasından sonra ikincil işlemleri de tek adımda yapabilmeyi kapsayacak şekilde, her geçen gün gelişerek ileri kalıplama teknikleri araştırılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, başta otomotiv sanayisinin taleplerini karşılamak üzere araştırılmış ileri kalıplama yöntemlerinden “Kalıp İçi Kumaş Kaplama” yöntemi irdelenmiştir. Kalıp içi kumaş kaplamanın başlıca yapılabildiği üç yöntem incelenmiş, kendi aralarında karşılaştırılmış ve her üçünün içinden birbiriyle uyumlu olabilecek özellikleri bir arada yeni bir yöntemde toplayarak, yöntem iyileştirmesine gidilmiştir. Ayrıca bu yöntemin ihtiyacı olan ekipman, kaplama malzemesi çeşitleri ile özellikleri ve kalıp tasarımı hakkında çeşitli yenilikler göz önüne sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: geri enjeksiyon, geri basınç/sıkıştırma, kalıp içi dekorasyon, kalıp içi laminasyon.

2011, xi + 107 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

PLASTIC MOLD DESIGN FOR A SELECTED PART

İlyaz İDRİZOĞLU

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali BAYRAM

The variety of the products changing due to the improving world conditions the required quality and amount of the product have caused the molds of the serial production machinery to be vital.

Injection molding is one of the methods of polymer processing which has the largest range of production. Being impossible to respond to complicated designs with conventional ways, advanced molding techniques have been being investigated growingly each passing day in such a manner that it will include to be able to do the subprocesses in one step after the item extrudes from the mould.

In this thesis study, “In Mould Decoration” method which is one of the advanced molding techniques and which was investigated to meet the demands of mainly automotive industry has been examined. Three methods that in mold decoration can be achieved chiefly with have been analyzed, compared between eachother, gathering compatible specialities which these three methods have with one another in a new method, process improvement has been applied. Besides, various innovations about mold design, kinds and specialities of coating material and equipment that this method needs have been displayed.

Key words: back injection, back compression, in mold decoration, in mold lamination.

2011, xi + 107 pages.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

Zaman, maliyet ve sürdürülebilir kalite günümüz imalat teknolojilerinde rekabet gücünü artıran en önemli üç etkidir. Uluslararası projelerde yer almak için ileri düzeyde AR-GE faaliyetlerinin yürütülmesine ihtiyaç vardır. En kısa süre, en az maliyet ve sürekli aynı kalite istenildiğinde, hemen kalıp üretimi akla gelmektedir. Konvansiyonel kalıplama, karmaşık parça ve yeni model tasarımlarına cevap vermekte yetersiz kalmıştır. Özellikle Avrupalı otomotiv iç mekân tasarımcılarının taleplerine cevap verebilmek adına ileri kalıplama yöntemleri geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir. Tez araştırmasının kapsamı gereğince, otomotiv alanındaki kullanımını inceleyeceğimiz kumaş kaplamalı kalıplama, tek adımda hem kaplama hem enjeksiyon kalıplama yapılabilmesi dolayısıyla ileri imalat teknolojilerinde çok özel bir yeri vardır. Tek aşama projelerini anlamak için başarının anahtarı; makine tedarikçisi, kalıp imalatçısı, malzeme üreticisi ve otomotiv tedarikçisi arasındaki iyi dayanışmadır.

Tezin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Hocamız Prof. Dr. Ali BAYRAM'a, veri toplama ve araştırma sırasında, sanayi tecrübeleri konusunda desteklerini sunan Krauss-Maffei enjeksiyon makineleri yeni proses ve otomasyon ürün müdürü DIPL.-ING. Jochen MITZLER'e, bu sektöre girmemi sağlayan Sayın Abid DOĞAN'a, kalıpcılıkta kader yoldaşım Sayın Makine Müh. Sunay DOĞAN'a, kalıp tasarımı ve imalatı mesleğinde bu günlere gelmemde emeği olan Erdem Kalıp firma sahibi Sayın Ramazan ERYILMAZ'a ve mesleki gelişimimde yardımları olan üniversite ve katıldığım eğitimlerde teker teker isimlerini sayamadığım hocalarıma teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli aileme şükran ve saygılarımı sunarım.

İLYAZ İDRİZOĞLU
05 /10/2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜRLER	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM	5
3.1. Materyal	5
3.2. Yöntem.....	6
3.2.1. Yöntemin gelişimi.....	6
3.2.2. Düşük basınçlı enjeksiyon kalıplama.....	9
3.2.2.1. İşlem tanımı.....	9
3.2.2.2. İşlem fiziği	10
3.2.2.3. Teknik zorluklar	14
3.2.2.4. Uygulanabilir malzemeler	14
3.2.3. Düşük basınç enjeksiyon kalıplama teknikleri.....	15
3.2.3.1. Geri enjeksiyon	16
3.2.3.2. Geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma	18
3.2.3.3. Eriyik katmanı oturtma basınç/sıkıştırma	19
3.2.4. Konvansiyonel Enjeksiyon Yöntemi (KEY) ile kaplama ve Basınç/Sıkıştırma Yöntemlerinin (BSY) karşılaştırılması	21
3.2.5. Geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma ve geri basınç eriyik katmanı oturtma basınç/sıkıştırma kalıplama yöntemlerinin karşılaştırılması	29
3.2.6. İşlemler arasındaki fark.....	32
3.2.7. Tek işlemde geri enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplama.....	34
3.2.7.1. Ön baskı olmadan üretim	37
3.2.7.2. Kızılötesi radyatörlerle üniform ön ısıtma	40
3.2.7.3. Tam tutuş.....	42
3.2.8. Kaplama filminin kalıp yüzey sıcaklığına etkisi.....	43
3.2.9. Kaplama kumaşının özellikleri	51
3.2.9.1. Kaplama malzemesi seçimi işleme metodu belirlenmesinde etkilidir	51
3.2.9.2. Kumaşlar ve makinelerde özel ihtiyaçlar	52
3.2.10. Kaplama filmi ve eriyiğin yapışma teknikleri.....	57
3.2.10.1. Uyumlu malzemeler	57

3.2.10.2. Kimyasal uyumluluk	58
3.2.11. Otomasyonla ekleme ve çıkarma	60
4. BULGULAR.....	63
4.1. Kaplama Kumaşı İle İlgili Bulgular.....	64
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	68
5.1. Kalıp İçi Kumaş Kaplamada Neden Düşük Basınç Gereklidir ve Düşük Basınç Değerleri Nasıl Elde Edilir	68
5.1.1. Soğuk yolluk faktörü.....	68
5.1.2. Sıcak yolluk faktörü	69
5.1.2.1. Sıcak yollukta basınç düşüşü	70
5.1.2.2. İki sıcak yolluktan aynı anda enjeksiyonun kalıp içi kumaş kaplamaya etkisi.....	71
5.1.3. Valf kontrollü (valve gate) yolluk faktörü	74
5.1.3.1. Akış yolunun kısılması	74
5.1.3.2. Ardıışık açılıp kapanabilen yolluk özelliğı	75
5.1.4. Kalıbın bir miktar geri açılması faktörü.....	78
5.2. Konvansiyonel Kalıplama ile Kalıp İçi Kumaş Kaplama Kalıplaması Arasındaki Farklar	80
5.2.1. Kalıp konstrüksiyonları arasındaki farklar.....	81
5.2.1.1. Konvansiyonel kalıplama.....	81
5.2.1.2. Kalıp içi kumaş kaplama kalıplaması	82
5.2.2. Geri enjeksiyon yöntemi parametrelerine göre kalıp içi kumaş kaplama kalıbının tasarımı	83
5.2.3. Geri enjeksiyon yöntemi parametrelerine göre kalıp içi kumaş kaplama kalıbının çalışması	86
5.2.3.1. Konvansiyonel kalıplama.....	86
5.2.3.2. Kalıp içi kumaş kaplama kalıplaması	86
5.3. Sonuçlar	94
KAYNAKLAR	95
EKLER	99
EK 1: KULP GÖVDESİ PARÇASININ KALIP İÇİ KUMAŞ KAPLAMA YÖNTEMİYLE TASARLANMIŞ KALIBINDAN GERÇEKÇİ GÖRÜNÜŞ RESİMLERİ.....	99
EK 2: KALIP İÇİ KUMAŞ KAPLAMA KALIPLAMASI YÖNTEMİYLE ÜRETİLMİŞ OTOMOTİV ÜRÜN RESİMLERİ.....	102
ÖZGEÇMİŞ	107

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
ABS	Akrilonitril Butadien Stiren (acrylonitrile butadiene styrene)
ASA	Akrilik Stiren Akrilonitril (acrylic styrene acrylonitrile)
GIPT	Granül Enjekteli Boya Teknolojisi (granular injected paint technology)
IMD	Kalıp İçi Kaplama (in-mold decoration)
ISF	Kalıp İçi Yüzey Filmi (in-mold surfacing film)
PA6	Poliamid 6 (polyamide 6)
PC	Polikarbonat (polycarbonate)
PET	PolietilenTereftalat (polyethylene terephthalate)
PFM	Boyasız Film Kaplama (paintless film molding)
PP	Polipropilen (polypropylene)
PP-g-MA	Maleik Anhidrit Aşılı Polipropilen (maleic anhydride grafted polypropylene)
PRW	Plastik ve Kauçuk Haftalık (plastics and rubber weekly)
PVDF	Polivinilden Florid (polyvinylidene flouride)
RIM	Reaksiyon Enjeksiyon Kalıplaması (reaction injection molding)
SEBS	Stiren Etilen Butilen Stiren (styrene ethylene butylene styrene)
SMC	Tabaka Kalıplama Bileşimi (sheet molding compound)
TPO	Termoplastik Olefinler (thermoplastic olefins)
UV	Ultra viole Işık (ultraviolet light)
KEY	Konvansiyonel Enjeksiyon Yöntemi
BSY	Basınç/Sıkıştırma Yöntemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Kalıp içi kumaş kaplama yöntemi ile tek adımda üretilmek üzere kalıp tasarımı yapılacak kapı paneli “kulp gövdesi” parçası.....	5
Şekil 3.2. Kalıp içi kumaş kaplama, kalıp içi boyama, kalıp içi etiketleme ve eklemeli kalıplama yöntemleriyle üretilmiş bazı ürünler.....	7
Şekil 3.3. Vida devir hızı için tipik profiller, geri basınç, enjeksiyon oranı ve düşük basınç enjeksiyon kalıplama için enjeksiyon basıncı (Turng 2001’den değiştirilerek alınmıştır).....	11
Şekil 3.4. Çekme ve çarpılma örnekleri.....	11
Şekil 3.5. Sıralı Valf Yolluklar (valve gate) kullanılarak kaynak hatlarının önlenmesi, enjeksiyon basıncının ve akış uzunluğunun azaltılması (Michael 2007).....	13
Şekil 3.6. Ön kesme işleminden geçmiş kumaşın robot kollar yardımıyla kalıp içine yerleştirilmesi (Michael 2007).....	14
Şekil 3.7. Geri Enjeksiyon Çevrimi: 1-Kaplama filminin yerleşimi, 2-Kapama ve Enjeksiyon, 3-Soğuma, 4-Kalıptan Çıkarma (Kuhlmann’dan değiştirilerek alınmıştır).....	17
Şekil 3.8. Geri Enjeksiyon Basınç/Sıkıştırma Çevrimi: 1-Kaplama filminin yerleşimi, 2-Kısmi kapalı ve enjeksiyon, 3-Basınç/Sıkıştırma şekillendirmesi ve enjeksiyon, 4-Kalıptan çıkarma (Kuhlmann’dan değiştirilerek alınmıştır).....	18
Şekil 3.9. Eriyik Katmanı Oturtma Basınç/Sıkıştırma Çevrimi: 1-Eriyik şerit oturması, 2-Kaplama filminin yerleşimi, 3-Basınç/Sıkıştırma şekillendirmesi ve enjeksiyo, 4-Kalıptan çıkarma (Kuhlmann’dan değiştirilerek alınmıştır).....	19
Şekil 3.10. Kalıplama ve kalıp kavramı (Brockmann ve Michaeli’den değiştirilerek alınmıştır).....	22
Şekil 3.11. KEY ve BSY için etki eden parametreler (Brockmann ve Michaeli’den değiştirilerek alınmıştır).....	23
Şekil 3.12. p,v,T diyagramında BSY (Brockmann ve Michaeli’den değiştirilerek alınmıştır).....	24
Şekil 3.13. Kaplama malzemesi ile KEY ve BSY için basınç hareketliliğinin karşılaştırılması (Brockmann ve Michaeli’den değiştirilerek alınmıştır).....	25
Şekil 3.14. Sıkıştırma hızının kalıp boşluğu basıncı üzerine etkisi (Brockmann ve Michaeli’den değiştirilerek alınmıştır).....	26
Şekil 3.15. KEY ve BSY için kalan köpük kalınlığı karşılaştırması (Brockmann ve Michaeli’den değiştirilerek alınmıştır).....	27
Şekil 3.16. KEY ve BSY için kalan köpük kalınlığı karşılaştırması (Brockmann ve Michaeli’den değiştirilerek alınmıştır).....	28
Şekil 3.17. Simültane sıkıştırma için kalan köpük kalınlığı (Brockmann	

ve Michaeli'den değiştirilerek alınmıştır).....	29
Şekil 3.18. Geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma ve geri basınç eriyik oturtma yöntemlerini içeren adımlar (Peguform'dan değiştirilerek alınmıştır)	30
Şekil 3.19. Konvansiyonel kaplama ve tek adım süreçlerinin karşılaştırılması (Peguform'dan değiştirilerek alınmıştır)	35
Şekil 3.20. Geri enjeksiyon yöntemiyle üretilebilecek ürünler (Michael 2007'den değiştirilerek alınmıştır)	36
Şekil 3.21. Geri enjeksiyon yöntemiyle üretilen ürünlerden bazıları.....	36
Şekil 3.22. Yeni nesil araçlarda bagaj bölmesinin yan döşemelerinin dar radyuslar ve 3 boyutlu karmaşık parçalardan oluşması gerekmekte (Mitzler ve ark. 2004)	37
Şekil 3.23. Krauss-Maffei Decoform serisi KM 420-3500DF kızılötesi radyatör kümesine sahip enjeksiyon kalıplama makinesi ve doğrusal robot. Halıya kalıp üzerine takılı olan kızılötesi radyatörler tarafında ön ısıtma uygulanıyor (Mitzler ve ark. 2004).....	39
Şekil 3.24. Decoform işleminde gerginleştirici çerçevenin kullanıldığı kalıp kesit görünüşü (Mitzler ve ark. 2004).....	40
Şekil 3.25. Ön ısıtma uygulanmış halıların kızılötesi mikrografi (içyapı resmi) (GTT Willi Steinko ve ark. 2004).....	41
Şekil 3.26. Halıdaki ısıtma ve soğutma davranışları (Mitzler ve ark. 2004)	42
Şekil 3.27. İkili tutucu neredeyse eş zamanlı bir şekilde ön ısıtma uygulanmış halıyı kalıbın içine yerleştirip biten parçayı çıkartıyor (Mitzler ve ark. 2004)	43
Şekil 3.28. KİK'da simetrik olmayan eriyik akışı (Chena ve ark. 2010).....	45
Şekil 3.29. a) KİK'da simetrik olmayan sıcaklık profili ve b) KK'da simetrik sıcaklık profili (Chena ve ark. 2010).....	46
Şekil 3.30. Yaprak yolluk, yolluk, yolluk dağılımı ve parça görüntüsü	47
Şekil 3.31. KK işleminde dişi ve erkek kalıp yüzeylerinde sıcaklık profillerinin deneysel ölçümü (Chena ve ark. 2010).....	49
Şekil 3.32. KİK enjeksiyon işleminde dişi ve erkek kalıp yüzeylerinde sıcaklık profillerinin deneysel ölçümü (Chena ve ark. 2010)	49
Şekil 3.33. Dişi kalıp yarım yüzeyinde, KİK ve KK'da gecikmeye bağlı sıcaklık düşüşü (Chena ve ark. 2010).....	50
Şekil 3.34. Opel Corsa kapı paneli (Mitzler ve ark. 2003)	53
Şekil 3.35. Farklı kaplama malzemelerinin temel tasarımı (Mitzler ve ark. 2003)	53
Şekil 3.36. Geri-kalıplanmış parçada yarıçap: Teorik olarak mümkün dış radyüs, iç radyüs ve kaplama filmi kalınlığının toplamıdır (soldaki resim). Kalıp içi kumaş kaplamada dış radyüse, dişi plakanın radyüsü ve kaplama filminin basınçlanabilirliği etki etmektedir (sağdaki resim) (Mitzler ve ark. 2003).....	54
Şekil 3.37. Kalıp içi kumaş kaplama kalıbı: Opel Corsa'nın tek kalıpta sağ ve sol kapı kaplama kalıbı (Mitzler ve ark. 2003)	56

Şekil 3.38. PP/PA arayüzeyinde PP'nin melaik anhidrit aşılınması ve PA'nın amine grubu ile aşılınmasının reaksiyonu açıklanmaktadır (Love ve Goodship2002).....	59
Şekil 3.39. Rulodan direkt kalıba aktarılarak kalıbın kapanmasıyla birlikte Kesilmesi.....	61
Şekil 3.40. Rulodan kaba kesimi yapılarak kalıba taşınması (Michael 2007'den alınmıştır)	61
Şekil 3.41. Daha önceden istenen formda kesilerek kalıba taşınması (Battenfeld'den alınmıştır).....	62
Şekil 4.1. Kalıbın erkek tarafı: Kesit sayesinde kalıbın sıcak yolluk sistemi ve hidrolik kenetleme çerçevesi gösteriliyor (Mitzler ve ark. 2003)	65
Şekil 4.2. Faurecia' daki kapı ve kapı geçme parçalarının üretimi için Krauss-Maffei MC serisi enjeksiyon kalıplama makineleri, Tarazona/İspanya (Mitzler ve ark. 2003).....	66
Şekil 5.1. Soğuk yolluklu kalıpların enjeksiyon basınç profili	69
Şekil 5.2. Soğuk yolluklu numunenin analizi	69
Şekil 5.3. Sıcak yolluklu kalıpların enjeksiyon basınç profili	70
Şekil 5.4. Sıcak yolluklu numunenin analizi.....	70
Şekil 5.5. Soğuk yolluk ve sıcak yolluk tasarımı	71
Şekil 5.6. İki sıcak yolluktan enjeksiyon	72
Şekil 5.7. Akış önünün kumaşı ilerleme yönüne doğru germe etkisi	73
Şekil 5.8. Akış önünün kumaşı germe süreci.....	73
Şekil 5.9. Plastiğin kaynak hatları ve kumaşta oluşacak buruşma.....	74
Şekil 5.10. Valve gate ve manifold sistemi.....	75
Şekil 5.11. Ardışık açılıp kapanabilen yolluklar (valve gate) kullanılarak kaynak hatlarının önlenmesi, enjeksiyon basıncının ve akış uzunluğunun azaltılması (Michael 2007).....	76
Şekil 5.12. Ardışık açılıp kapanabilen yolluk (valve gate) analizi	77
Şekil 5.13. İlk adımda kalıp tamamen kapanır ve böylece kumaşın ön baskısı yapılır (Krauss-Maffei'den alınmıştır).....	78
Şekil 5.14. Enjeksiyonun hemen başta başlamasıyla kalıp bir miktar açılır (Krauss-Maffei'den alınmıştır).....	79
Şekil 5.15. Konvansiyonel kalıplamadan üretilen kulp parçası ve kalıp içi kumaş kaplama kalıplamasından üretilen kulp gövdesi parçası.....	80
Şekil 5.16. Kulp gövdesi ve kulp parçasının montajlı görünüşü	80
Şekil 5.17. Enjeksiyon makinesi	81
Şekil 5.18. Kulp kalıbı kesit görünüşü	82
Şekil 5.19. Kulp gövdesi kalıbı kesit görünüşü	83
Şekil 5.20. Geri enjeksiyon yöntemiyle erkek blok tasarımı	84
Şekil 5.21. Geri enjeksiyon yöntemiyle dişi blok tasarımı	85
Şekil 5.22. Geri enjeksiyon yönteminin işlem adımları.....	87

Şekil 5.23. 1. Kumaşın kaba kesimi; 2. Taşıyıcı robotun kumaşı istenilen yerden alması için konumlandırılması; 3. Robotun kumaşı tutması; 4. Robotun kumaşı kalıba doğru taşıması; 5, 6, ve 7. Robotun kumaşı kalıp içine istenilen yere yerleştirmesi; 8. Robotun kalıplanmış parçayı ve kalıp içinde kesilmiş kumaş parçalarını kalıptan çıkarması; 9. Kumaş kaplanmış parçanın depo edileceği yere taşınması.....	87
Şekil 5.24. Lazerde kesimi yapılacak kumaş parçası.....	88
Şekil 5.25. Kumaşı kalıba yerleştirilmesi	89
Şekil 5.26. Kalıp kapatılır ve enjeksiyona başlanır.....	89
Şekil 5.27. Kalıp belirlenen miktar kadar açılır	91
Şekil 5.28. Kalıp içinde kumaşın belirli yerlerinde kesme işlemi.....	92
Şekil 5.29. Kalıp içindeki kumaş kesme sisteminin çalışması.....	93
Şekil 5.30. Geri enjeksiyon yöntemiyle kalıp içi kumaş kaplama kalıp montajı..	100
Şekil 5.31. Kulp gövdesi kalıbının transparan görüntüsü	100
Şekil 5.32. Geri enjeksiyon yöntemiyle çalışan kalıp içi kumaş kaplama kalıbı..	101
Şekil 5.33. Geri enjeksiyon yöntemiyle çalışan kalıp içi kumaş kaplama kalıbının erkek ve dişi blokları.....	101
Şekil 5.34. MB A-Klass kapı paneli	103
Şekil 5.35. BMW Mini kapı paneli	103
Şekil 5.36. BMW altı kapı trimi.....	104
Şekil 5.37. Audi A4 sütun sistemi.....	104
Şekil 5.38. Audi B-sütun kapağı	105
Şekil 5.39. Audi C-sütun kapağı	105
Şekil 5.40. VW Passat C/D sütun kapağı.....	106
Şekil 5.41. Audi A6 Avant hatch back iç mekan trimi	106
Şekil 5.42. VW Passat, VW Golf iç mekân trimi.....	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Tipik enjeksiyon basınçları ile gerçekleştirilebilen farklı işlem teknolojileri (Michael 2007)	9
Çizelge 3.2. Plastik parçaları enjeksiyon kalıbında direkt kaplama yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları (Peguform'dan değiştirilerek alınmıştır)	33
Çizelge 3.3. Süreci etkileyebilecek ana kalite kriterleri ve yolları (Peguform'dan değiştirilerek alınmıştır)	33
Çizelge 3.4. KİK enjeksiyon proses parametreleri (Chena ve ark.2010).....	48
Çizelge 3.5. Kalıp içi kumaş kaplamada kullanılan tekstilin minimum gerilme değerleri (Mitzler ve ark. 2003)	51
Çizelge 3.6. Farklı dekorasyon malzemelerinin tasarımı (Mitzler ve ark. 2000)...	52
Çizelge 3.7. Yeni Opel Corsa'nın iç görünümünde kullanılmış üç kaplama malzemesi (Mitzler ve ark. 2003)	55
Çizelge 3.8. Malzemelerin uyumluluk tablosu (Love ve Goodship 2002)	58

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte, konvansiyonel üretim teknolojileri talepleri karşılamak ve rekabet gücünü artırmak için yeni tasarımlarla, yeni modellerle, yeni üretim teknolojileriyle gelişmesi ve hızla uygulamaya geçmesi gerekmektedir. Özdeş parçaları istenilen ölçü tamlığı ve sınırları içerisinde, en kısa zamanda ve seri halde üreten kalıplar, bu bağlamda yeni modellerin ve yeni üretim teknolojilerinin gelişebilmesinde en önemli ve kilit konumdadır.

Konvansiyonel kalıplama yöntemleri ürün imalinde yeterli, fakat kalıptan çıktıktan sonra ürün üzerinde yapılacak ikincil işlemlerde eksik kalmıştır. Örneğin: cep telefonu ve elektronik eşyaların plastik yüzeylerinde olan renkli ve parlak görünüm, yoğurt ve boya kutuları gibi saklama kablari dış yüzeylerinde olan renkli resim ve üretici firma etiket bilgileri, arabaların iç görünümünde plastik parçalar üzerine kaplanmış yumuşak dokunma hissine sahip kumaşlar, içinde sıkı ve sabit halde duran metal aksamı barındıran plastik parçalar vb. Bu gibi parçalarda üretim zamanını uzatan ve kalitesini düşüren ikincil işlemleri olabildiğince azaltarak tek aşamaya indirmek, ancak ihtiyaca göre gelişen teknolojinin gerektirdiği yeni üretim yöntemleri geliştirmekle olur.

Bu tez çalışmasında ileri kalıplama yöntemlerinde “Kalıp İçi Eşzamanlı İşlemler” diye adlandırılan yöntemler araştırılmıştır. Bu yöntemler incelenirken aslında hepsi kendi alanında geniş araştırma konularına sahip olduğundan, bu çalışmada “Kalıp İçi Kumaş Kaplama” konusunda detaylı araştırma yapılmıştır. Kalıp İçi Kumaş Kaplamanın yapılabileceği üç yöntem araştırılmış, kendi aralarında karşılaştırılmış ve içlerinden en seri çalışan ve en çok tercih edilen “Geri Enjeksiyon” kalıplama yönteminin işlem adımları, işlem sırasında gelişen bilimsel olaylar, kullanılan plastik ve kaplama malzemeleri, kullanılan ekipman ve kalıp tasarımında yapılması gereken yenilikler irdelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yatay enjeksiyon makinelerindeki düşük basınç, özellikle geniş alan parçalarında otomotiv uygulamaları için daha popüler olmaya başlamıştır. Kapı paneli giydirmeye bir tarafa, bagaj bölümü ve koltuk giydirmeye, gelişme aşamasındadır ve daha ileriye gitmesi için tasarımcılar tarafından zorlanmaktadır.

Kalıp içi kaplama ile alakalı ortak sorunlar, hasar, buruşma, katlanma, aşırı germe, renk tonu değişimleri, ütüleme etkisi, termal hasar ve dekoratif tabakanın kalıplama esnasındaki kaynak çizgisi lekelerinin yanı sıra daha uzun çevrim süresi, dengesiz soğutmadan kaynaklanan (kaplama filminin yalıtıcı etkisi nedeniyle) parça çarpılması (warpage) ve hava sıkışmasını kapsar. Bu sorunların hepsi, kalıbın çok beslemeli yolluk ile dolması (cascading valve gates), kalıp sıkıştırma esnasında yolluklardan eşzamanlı enjeksiyonun olması veya isteğe göre yollukların farklı zamanlarda enjeksiyon yapması, ön kesme işleminden geçmiş kumaşın robot kollar yardımıyla kalıp içine yerleştirilmesi, kumaşa kalınlık ve yumuşak dokunuş hissi sağlayan köpük malzemesinin zarar görmemesi için düşük basınç tekniklerinin geliştirilmesiyle önlenmektedir. Bu doğrultuda kalıp içi kumaş kaplamanın sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için geliştirilen bilimsel çalışmalar aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

Mitzler ve ark. (2000), ürün parça kalıbında dekorasyon malzemelerinin geri enjeksiyon, enjeksiyon basınç/sıkıştırma kalıplama ve geri basınç sıkıştırma tekniklerinin gelişimini, yöntemin yeni versiyonları ile daha ileri parça tasarımının mümkün kılındığı, direkt kaplamada sürdürülebilir kalite ve iyi ekonomi için otomatik verme ve alma işlemlerinin otomasyonu hakkında bilgiler verilmiştir.

Turng (2001), düşük basınçlı enjeksiyon kalıplama, kalıp içi dekorasyon ve kalıp içi laminasyon, işlem tanımı, işlem fiziği, teknik zorluklar, uygulanabilir malzemeler konularına vurgu yapılmıştır.

Love ve Goodship (2002), müşteri gereksinimleri, kalıp içi dekorasyon popülaritesi, maliyetler, çevre mevzuatı, kalıp içi film teknolojileri, kalıp içi tekstilleri, yapışma teknikleri, uyumlu malzemeler, kimyasal uyumluluk konularında pratik bilgiler verilmiştir.

Knights (2002), kalıp içi kumaş kaplamanın Amerikadaki yansıması ve gelişimi, kalıp içi kumaş kaplama kalıplarının çalışma prensipleri, kalıp teknikleri, yöntemin ayrıntıları ve o yıllarda önde gelen enjeksiyon makine üreticileri, kalıp üreticileri, otomotiv parça tedarikçileri ve araştırmacılar ile yapılan söyleşilere yer verilmiştir.

Mitzler ve ark. (2003), gittikçe daha karmaşık hale gelen kompakt sınıfı otomobil içerisinde geri kalıplanmış yüzeylerin tasarımlarını uygun maliyetle üretebilmenin rekabet gücünü artırması, standart enjeksiyon makinelerine belirli uyarlamalar (modifiyeler) yapıldığında bunlar geri kalıplama kaplama yüzeyleri için teknik ve ekonomik gerekleri karşılayabilmesi, kullanılan kumaşlar, makinelerin özel ihtiyaçları ve tasarımda yapılması gereken birtakım yenilikler hakkında bilgi verilmiştir.

Mitzler ve ark. (2004), enjeksiyon kalıplama esnasında kaplamada, bagaj kaplaması gibi geniş alanlı 3 boyutlu kaplama parçaların, bugüne kadar eritilmiş katman bırakımları ile dikey preslerde çoklu işlemlerle üretildiğini, geliştirilen yeni üretim metodu (geri enjeksiyon) kumaş kaplamanın enjeksiyon kalıbında tek işlemle, yatay preslerde kayda değer maliyet avantajlarıyla, ayrı bir aşamada ön baskılama yapılmadan ve enjeksiyon basınçlı kaplanması konularını araştırmışlardır.

Michael (2007), geliştirdikleri Tecomelt teknolojisinin piyasadaki eğilimi, otomotiv endüstrisinde genel ihtiyaçlar, uygulamalar, yöntemin avantajları, işlem nasıl gerçekleşir, işlemin getirdiği olanaklar, çok beslemeli yolluk kontrollü, kumaş ile enjeksiyon sıkıştırma, sıkıştırma adımları, işlem parametreleri, Engel'in farklı makine tasarımları, tecomelt enjeksiyon kalıplaması, otomasyon uygulamasından örnek ve bazı üretilmiş ürünlerden resimli örnekler verilerek tecomelt teknolojisi göz önüne sunulmuştur.

Chena ve ark. (2010), konvansiyonel enjeksiyon kalıplama ile film kaplamalı kalıplama yöntemlerinde oluşan sıcaklıkların karşılaştırılması, yapılan deney ile sıcaklık değerlerinin elde edilmesi, deneyle elde edilmesi mümkün olmayan film ve eriyik ara yüz sıcaklık değerini simülasyon yöntemiyle elde edilmesi, elde edilen değerlerden sıcaklık profillerinin çıkarılması konularında detaylı bilgiler verilmiştir.

Mitzler ve Brockmann (Tarih Düşölmemiştir), daha önce yapıştırıcıyla kaplama metodu tarafından ihtiyaç duyulan zahmetli işlem aşamaları olmadan, yatay enjeksiyon kalıplama makinelerindeki gerçek tek sefer işleminde kaplaması yapılmış ve kalıplanmış parçalar üretmek, bu amaçla kullanılabilecek yöntemleri kendi aralarında karşılaştırma konularını içermektedir.

Kuhlmann (Tarih Düşölmemiştir), kalıp içi kumaş kaplamayı temel üç yönteme ayırmış, yöntemlerin anlatımı ve avantajları konularına vurgu yapılmıştır.

Huber (Tarih Düşölmemiştir), gelişim, süreç parametreleri, süreç ekipmanı, uygulamalar, avantajlar, kalıp tasarımı konularında bilgiler verilmektedir.

Brockmann ve Michaeli (Tarih Düşölmemiştir), deneysel çalışma, süreç, sonuçlar ve görüşler, konvansiyonel enjeksiyon yöntemi ve basınç/sıkıştırma yöntemi ile kumaş kaplama yöntemlerinin deneysel incelenmesi ile basınç, sıcaklık ve kalan köpük kalınlığı değerlerinin elde edilen sonuçlara göre grafiklerle karşılaştırılması konularında detaylı bilgiler verilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasının amacı geniş anlamda “Kalıp İçi Eşzamanlı İşlemler” adıyla bilinen ve daha kalıplama çevrimi tamamlanmamış iken enjeksiyon işlemi sırasında plastik parça üzerinde yapılması gerekli ikincil işlemlerin tek adımda yapılabilmesidir. Kalıp içi işlemler başlıca şu yöntemleri içerir:

- Kalıp içi kumaş kaplama,
- Kalıp içi film kaplama,
- Kalıp içi etiketleme,
- Eklemeli kalıplama.

Tez çalışmasında “Kalıp İçi Kumaş Kaplama” yöntemi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Konu, otomotiv sanayisinde son 10 yılın trendi olan taşıtların iç mekânlarında kullanılan plastik parçaların yüzeylerini, yumuşak doku hissi ve estetik görüntü elde edilmesini sağlayacak şekilde tek adımda kaplamaktır. Bu bağlamda, enjeksiyon kalıplamadan sonra ikincil işlemler olarak kaplama malzemesini yapıştırıcı madde ile kaplayan bir sürecin ürünü olan araba arka kapı panelinde kullanılan kulp gövdesinin tek adımda üretilmesi için bilinmesi gereken yöntemler ve Şekil 3.1.’de görünen parçayı en uygun yöntemle süreç şartlarının belirlenmesi ve kalıp tasarımının yapılması hedeflenmiştir.



Şekil 3.1. Kalıp içi kumaş kaplama yöntemi ile tek adımda üretilmek üzere kalıp tasarımı yapılacak kapı paneli “kulp gövdesi” parçası

3.2. Yöntem

3.2.1. Yöntemin gelişimi

Yaklaşık 15 yıldır “Kalıp İçi Eşzamanlı İşlemler” ve dekoratif kaplama konvansiyonel yöntemlerin yerini almaya başlamıştır. Gelişim ilk olarak Avrupa’da otomotiv sektörü tarafından gelecekteki akımlara hazır olma amacıyla başlatılmıştır. Bu kalıplama yönteminde işlemler prensip olarak renkli film malzemesinin, kumaş, deri ve halı gibi kaplama malzemelerinin açık kalıp yarımları arasına boydan boya yerleştirip, kalıbın kapanmasıyla erimiş plastiğin filmin arka yüzeyine enjekte edilmesidir. Çevrim tamamlandıktan sonra kalıptan çıkan parçanın ön yüzeyinde renkli film tabakası arka yüzeyinde plastik malzemenin tek parça olacak şekilde üretilebilmesini içerir.

Kalıp içi eşzamanlı işlem teknolojilerinin fikir olarak ortaya çıkışı 1980’lere kadar uzanıyor. Bu fikir daha sonra, 1991 yılında General Motors Kuruluşunun patentli kalıbına boya filmi uygulamak için uyarlandı. Patent, destek filmi tabakası, şeffaf tabaka ve boya tabakası içeren bir filminden oluşmakta ve bildiğimiz kalıp içi boya filmi icadı olarak ortaya çıkmıştır. Bu gelişme enjeksiyon makinesi üreticileri tarafında desteklenmiş ve geniş araştırmaların başlamasına sebep olmuştur. Bununla paralel olarak “Kalıp İçi Etiketleme” ve “Kalıp İçi Kumaş Kaplama” teknolojileri de düşünülmeye ve gelişmeye başlamıştır.

Kalıp içi eşzamanlı işlemler, parçanın tamamen veya kısmen doğrudan kalıplama işleminde kaplanmış olarak elde edildiği pek çok tekniği kapsar. Kalıp içi kaplama teknolojileri için kullanılan pek çok terim vardır. Bunlar: Kalıp için kaplama, kalıp içi dekorasyon (IMD), kalıp içi laminasyon, kalıp içi folyolama, kalıp içi grafikleri, kalıp içi etiketleme, kalıp içi boyama, kalıp içi perdeleme, eklemeli kalıplama, boyasız film kalıplama ve benzerleri. Bu terimler arasındaki fark oldukça belirsizdir. Bazıları, belirli kullanımları içerir. Örneğin kalıp içi perdeleme, elektromanyetik perdeleme folyosunun kullanımıyla ilgilidir. Diğer terimler kapsamlı bir şekilde, film kullanımını içeren teknolojileri içerir. Eklemeli kalıplama, son ürüne de dâhil olsun diye herhangi bir malzeme veya parçanın kalıba eklenmesini içerir. Örneğin: eklemeli kalıplamada tornavida kolunun kalıplanması için metal aksam kalıba yerleştirilir, kalıp içi film kaplamada cep telefonun ve elektronik eşyaların plastik

yüzeylerinde olan renkli ve parlak görünümler film katmanları halinde kalıba yerleştirilir, kalıp içi etiketlemede yoğurt ve benzeri kutuların üzerindeki renkli resim ve üretici firma etiket bilgilerinin olduğu birtakım şekil ve yazılar kesilmiş film katmanı halinde kalıba yerleştirilir, kalıp içi kumaş kaplamada arabaların iç görünümünde olan kumaş kaplanmış plastik parçaların üretimi için kumaş kesilmiş katmanlar halinde kalıba yerleştirilir ve saire (Love ve Goodship 2002).

Bu örnekler Şekil 3.2.'de topluca gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kalıp içi kumaş kaplama, kalıp içi boyama, kalıp içi etiketleme ve eklemeli kalıplama yöntemleriyle üretilmiş bazı ürünler

Konvansiyonel kalıp sonrası kaplama işlemlerine karşı, tek aşamalı kalıp içi kaplamanın avantajları:

- Maliyet azaltma ihtiyacı, daha az üretim aşaması ve bitirme de dahil daha az el işçiliği.
- Çoklu işlem adımları olmaması ve böylece kaliteli üretimin standart hale gelmesi.
- Otomobil, otobüs, kamyonet ve kamyonların iç plastik parçalar üzerine yumuşak dokunma hissine sahip kumaş kaplamaların ve deri türevlerinin kullanımıyla sağlanabilecek daha iyi ve rahat düzenlenmiş iç mekânlarına olan talep artışı.
- Yapışkanların sağlayabileceğinden daha güçlü bir eriyik yapıştırma başarısı, böylece ekolojik endişeleri yapıştırıcı madde kullanmayarak gidermek ayrıca bazı uygulamalarda kaplama filmi malzemesi ve plastik malzemenin aynı türden seçilebilmesi dolayısıyla kullanılmış parçaların geri dönüşümünün rahat yapılabilmesi.
- Kalıplama çevriminde herhangi ekleme süresi yoktur. Çünkü çoğunlukla parçaların taşınması robot ile gerçekleşir. Kaplama malzemesi kalıba beslenirken bitmiş parça da kalıptan taşınır.
- Çok renkli kaplama tek çevrimde yapılabilir.

3.2.2. Düşük basınçlı enjeksiyon kalıplama

3.2.2.1. İşlem tanımı

Kalıp İçi Kaplama, film malzemesinin veya kumaşın zarar görmemesi için konvansiyonel enjeksiyon kalıplama ve diğer plastik işleme yöntemlerine kıyasla, süreçte birtakım farklılıklar içermektedir. İçerdiği farklılıklar kalıp içi kaplama işlemlerinin ayrı bir işlem yöntemi ismiyle anılmalarına neden olmaktadır. Bu kalıplama işleminde kalıp açık iken kalıp yarımları arasına kaplama malzemesi yerleştirildiğinden oluşabilecek hasar, buruşma, katlanma, aşırı germe, renk tonu değişimleri gibi sorunları önlemek için düşük basınçla ve hız kontrolü uygulanarak enjeksiyon işlemi gerçekleşir. Aşağıdaki tabloda farklı enjeksiyon yöntemlerinde kullanılan basınç seviyeleri gösterilmiştir (Turng 2001).

Çizelge 3.1. Tipik enjeksiyon basınçları ile gerçekleştirilebilen farklı işlem teknolojileri (Michael 2007)

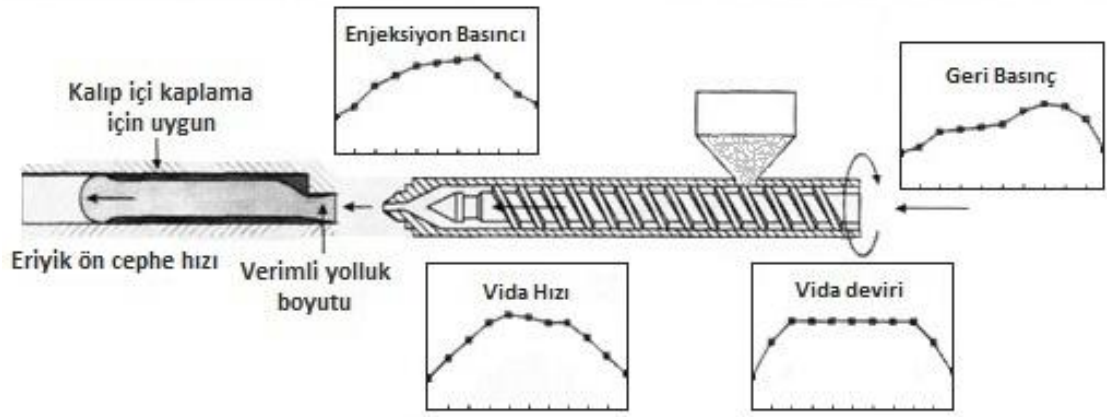
Farklı plastik kalıplama işlemlerinde kalıp boşluğu basınçlarının karşılaştırılması									
Standart enjeksiyon kalıplama Yüksek kalıp boşluğu basıncı							Düşük basınç plastik işlemi		
Basınç (bar)	400	350	300	250	200	150	100	50	0
Enjeksiyon kalıplama									
Enjeksiyon basınç sıkıştırma kalıplaması									
Gaz enjeksiyon									
							Yapısal köpük kalıplama		
								Geri enjeksiyon	

Düşük basınçlı enjeksiyon kalıplama aslında, geleneksel enjeksiyon kalıplamanın optimize edilmiş bir geliştirmesidir. Bu süreç geleneksel enjeksiyon kalıplamadan (yüksek basınçlı) enjeksiyon baskısını ve sonuç olarak sıkma kuvvetini daha düşük limitlerde tutmak için iyi programlanmış enjeksiyon parametreleri, enjeksiyon hızı ve basıncı, vida deviri ve hızı, geri basınç, verimli yolluk boyutu, yeni tip film çeşidi, birbirini izleyen ardışık valf yolluklar gibi bir dizi yararlı uygulamanın bütünleşmesi ile ayrılır. Düşük basınçlı enjeksiyon kalıplamanın başlıca faydaları, sıkma kuvveti tonaj gereksiniminin önemli ölçüde azaltılması, daha ucuz presler ve daha düşük kalıp iç basıncını içerir. Standart enjeksiyon kalıbına göre, mengene tonajı gereksinimlerini

düşürme yeteneği daha küçük preslerin kullanımına izin verir ve makine konstrüksiyonunda başka kazançlar sağlar. Pres üreticilerinden Engel'deki satış müdürü Jim Moran, daha düşük basıncın, kalın plaka gereksinimini ortadan kaldırdığını söylemektedir. Genel olarak enjeksiyon makinesi üreticileri kalıp içi kaplama sistemlerinin, makine üretim fiyatlarını konvansiyonel metotlara göre %15 ten %30 a kadar düşürdüğünü öngörürler (Turng 2001).

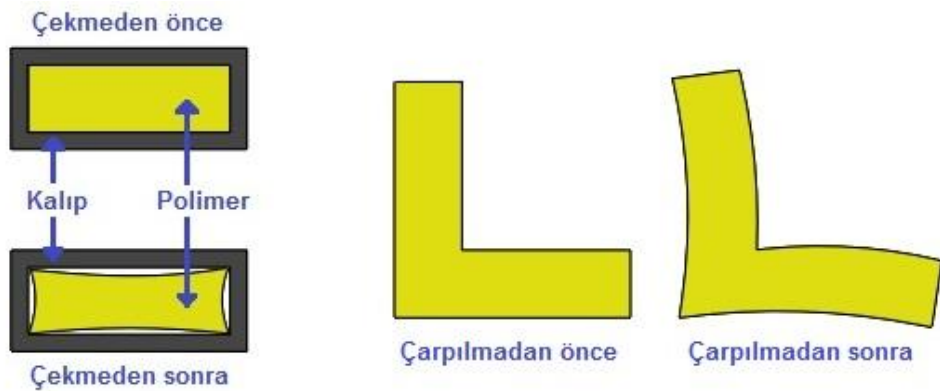
3.2.2.2. İşlem fiziği

Düşük basınçlı enjeksiyon kalıplama, enjekte edilecek hacmin erime sıcaklık profilini kontrol etmek için düzgün bir şekilde programlanmış vida dönüş hızı ve plastikleştirici geri basınç profilleri kullanmaktadır (Şekil 3.3). Pistonlu vidanın etkili uzunluk/çap oranı, vida enjekte hacmi için hazırlık safhasında geri çekilirken 1/5 - uzunluk/çap tarafından düşürülmektedir. Vida döner ve arkaya doğru hareket ederken azalan plastikleştirme uzunluğunu dengelemek için, karıştırma ve kırpmayı fazlaştırmak amacıyla vida uçlarında geri basınçta bir artış kullanılmaktadır. Ayrıca enjeksiyon basınç profili öyle bir şekilde ayarlanır ki, doldurma esnasında yavaş ve kontrollü bir enjeksiyon hızıyla dağıtım yapılmaktadır. Şekil 3.3'de gösterildiği gibi, enjeksiyon oranı, kalıba düz eşit bir akış sağlamak için yavaş bir şekilde başlamaktadır. Eriyik kalıp boşluğuna girdiğinde, eriyik cephesi enjeksiyon safhasının her yanında aynı hızda hareket edebilsin diye oran ayarlanmaktadır. Düşük basınçlı enjeksiyon kalıplama, geleneksel enjeksiyon kalıplamada olduğu gibi belirgin bir yüksek basınçlı ütüleme ve tutma safhaları kullanmaz. Enjeksiyon basıncı profili, genelde geleneksel enjeksiyon kalıplamada görülen aşamanın sonunda bulunan sıkıştırma kuvvetindeki hızlı yığmayı azaltmak için amaçlanan ters çevrilmiş bir U şeklindedir (Turng 2001).



Şekil 3.3. Vida devir hızı için tipik profiller, geri basınç, enjeksiyon oranı ve düşük basınç enjeksiyon kalıplama için enjeksiyon basıncı (Turng 2001'den değiştirilerek alınmıştır)

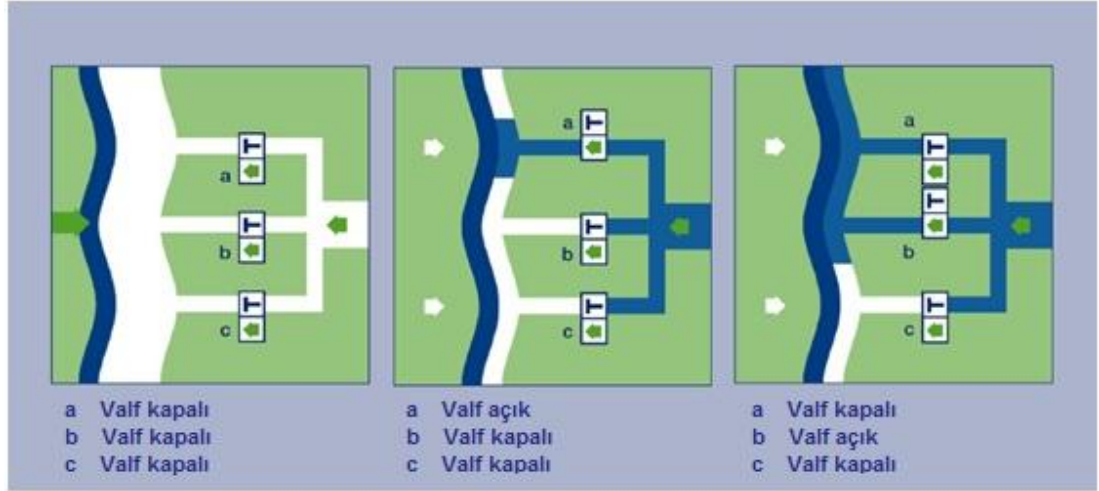
Malzeme soğuk kalıp duvarıyla temasa geçtiğinde hemen katılaştığı için eriyik ön cephe hızı, zorlanmış akış stresini parça yüzeyinin yanında bulunan bölgelerdeki moleküler ve lif konumunun derecesini belirler. Dolma sırasındaki eriyik ön cephede değişen hız sonucunda oluşan parça içindeki değişken konum, farklılık gösteren küçülmeyeçekmelere (shrinkage - sink marks) ve böylece çarpılmalara (warpage) neden olur (Şekil 3.4.). Bu yüzden üniform bir moleküler ve lif konumu oluşturmak için eriyik ön cephesindeki hız sürekliliğini devam ettirmek istenmektedir.



Şekil 3.4. Çekme ve çarpılma örnekleri

Bir kalıp boşluğu oluşturmak için gereken enjeksiyon basıncı dolgu zamanına karşı planlanırsa, ters çevrilmiş U şekilli kavis genellikle, aradaki dolgu zamanında oluşan istenen enjeksiyon basıncının minimum değeriyle sonuçlanır. Kavis U şeklindedir, çünkü bir yandan, kısa dolgu süresi yüksek erime hızı gerektirir ve böylece kalıp boşluğunu doldurmak için daha yüksek bir enjeksiyon basıncı gerekir. Diğer yandan enjekte edilmiş polimer uzun dolgu süresi ile daha çok soğur. Bu daha yüksek bir eriyik viskozitesine sebep olur ve böylece kalıbı doldurmak için daha yüksek bir enjeksiyon basıncı gerektirir. Daha düşük enjeksiyon basıncı ile ilgili olan en uygun dolma süresi, kalıp boşluğu geometrisi ve kalıp tasarımının yanı sıra kullanılan malzemeye de bağlıdır (Turng 2001).

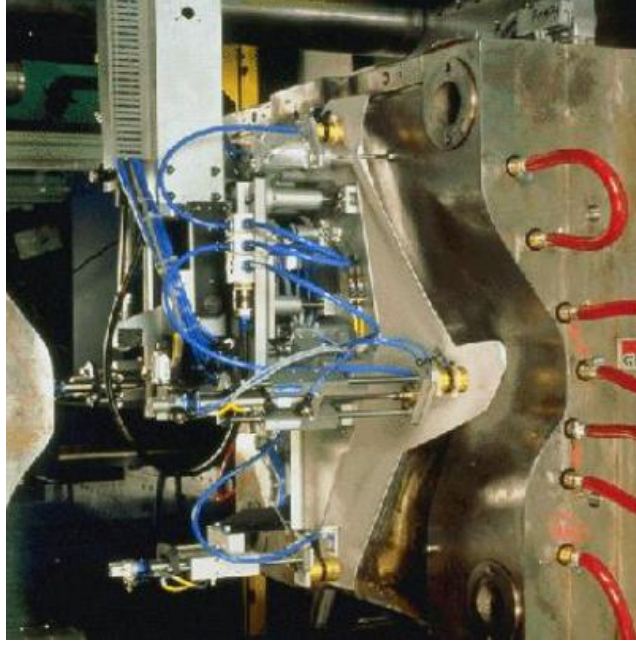
Düşük basınçlı enjeksiyon kalıplama, büyük parçaların ve viskozitesi yüksek malzemelerin kalıp dolumunu stratejik olarak seçilen konumlarda valf yollukları sıralı olarak açıp kapayarak en uygun hale getirmektedir. Yolluk açıp kapama zamanlaması, standart zamana dayalı kontrolleri kullanmak yerine hacim enjektesi tarafından kontrol edilmektedir. Hacim enjektesi tarafından yapılan zamanlamanın avantajı, sıcak yollukların anahtarlama işleminin hız değişimlerine bakılmaksızın, dolumun gerçekleşen aşamasıyla her zaman bağlantılı olmasıdır. Makul olarak, çoklu yolluk kullanımı enjeksiyon basıncı gereksinimini azalttığı gibi, akış uzunluğunu azaltır. Ayrıca yollukların sıralı açılıp kapanması, birleşme çizgileri (kaynak hatları-weld lines) oluşumunu ortadan kaldırır (Şekil 3.5.). Gerekirse, eriyik enjeksiyon hızı profili, yolluktan yolluğa ayarlanabilir. Ütuleme basıncının kullanılmak zorunda olduğu durumlarda, enjeksiyon aşamasının sonunda bütün valf yolluklar tekrar açılabilir. Şekil 3.6.'de ön kesme işleminden geçmiş kumaşın robot kollar yardımıyla kalıp içine yerleştirilmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Sıralı Valf Yolluklar (valve gate) kullanılarak kaynak hatlarının önlenmesi, enjeksiyon basıncının ve akış uzunluğunun azaltılması (Michael 2007)

Tüm bilgilendirmelerden sonra neden “düşük basınç” sorusuna cevap olarak kısaca şu maddeleri yazabiliriz:

- Kalıbın çok beslemeli yolluk ile dolması (cascading valve gates),
- Kalıp sıkıştırma esnasında yolluklardan eşzamanlı enjeksiyonun olması veya isteğe göre yollukların farklı zamanlarda enjeksiyon yapması.
- Ön kesme işleminden geçmiş kumaşın robot kollar yardımıyla kalıp içine yerleştirilmesi.
- Kumaşa kalınlık ve yumuşak dokunuş hissi sağlayan köpük malzemesinin zarar görmemesi için düşük basınç gereklidir.



Şekil 3.6. Ön kesme işleminden geçmiş kumaşın robot kollar yardımıyla kalıp içine yerleştirilmesi (Michael 2007)

3.2.2.3. Teknik zorluklar

Doğru enjeksiyon hacmini hazırlamak önemlidir, çünkü ütülemenin asgarisi kalıp boşluğunu güvenli bir şekilde doldurmak için gereklidir. Kalıp boşluğu tamamen dolduktan sonra yolluk arada mesafe olacak şekilde kapatıldığı için, yolluktan kaynaklanacak sığağa ait çekmenin (shrinkage) telafisi mümkündür. Makul olarak, boş hacimler ve çekme izleri, hacimsel polimer küçülmesi tamamen telafi edilemediği için daha kalın bölümlerde ve çubuklarda oluşacaktır. Fakat yaklaşık olarak sabit duvar kalınlığı olan kalıplamada düşük basınçlı enjeksiyon kalıplamanın, malzemenin daha düşük sıcaklıkta kalıplanmasına olanak verdiği bilinmektedir. Bu, kalıp boşluğunu doldurma daha yavaş olsa bile, çevrim süresi bakımından kıyaslanabilirliği vardır (Turng 2001).

3.2.2.4. Uygulanabilir malzemeler

Düşük basınçlı enjeksiyon kalıplama, termoplastik, termoset, polimer alaşımı ve karışımı, geri dönüştürülmüş termoplastikler ve kauçuk gibi geniş bir malzeme grubunu

işlemeye uygun hale getirebilmektedir. Ana malzemeye gelince, işlemler aslında tüm termoplastiklerle uygulanabilir. Kalıp içi kaplamada kullanılan en geniş hacme sahip malzeme Polipropilendir. PP, daha düşük maliyet ve gelişmiş fiziksel ve mekanik özelliklerden dolayı geniş ölçüde düşük basınçlı enjeksiyon kalıplama ile kullanılır. Otomotiv uygulamaları için en çok PP, ABS/PC karışımları, PS, değiştirilmiş polifenilin oksit (PPO), polyesterler, polibütlen tereftalat'ı (PBT;PA6 ve polibütlen PE) kapsayan çok sayıda malzeme başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Kalıp içi kaplamayı kullanarak, PP ile kalıplanabilmeye uygun geniş bir tekstil ve film grubu vardır. Laminasyon yöntemiyle elde edilmiş kaplama malzemelerinin geri kazanılabilirliği önemli bir konu olmaya başladığı için, dekoratif katman, ara katman ve temel tabakalar için olan tek poliolefin esaslı sistemin kullanımı geçerli ve uygun maliyetli yaklaşım gibi görünüyor. Hatta dekoratif dış tabaka varlığı nedeniyle, kırma malzemenin ana malzeme olarak kullanımı oldukça uygundur. Lif dolgulu malzemelerde verimli yolluk boyutu lif kırılması ihtimalini azaltır (Turng 2001).

3.2.3. Düşük basınç enjeksiyon kalıplama teknikleri

Düşük basınç enjeksiyon kalıplama teknikleri tanımı doğrulayacak çok fazla ortak noktaya sahiptir. Yaygın kullanımları süreçlerin büyük kapasitelerini gösterdiği için artan ivmeli bir gelişme olmaktadır. Şimdilerde üç yeni teknik önem kazanmaktadır.

Bu yenilikçi süreçler şunlardır:

- Enjeksiyon basınç/sıkıştırmayı kapsayan **“geri enjeksiyon”**
- Eriyik akışı ile **“geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma”** ve
- Geri basınç **“eriyik katmanı oturtma basınç/sıkıştırma”**.

Düşük basınç enjeksiyon kalıplama teknikleri tanımı doğrulayacak çok fazla ortak noktaya sahiptir demiştik, bunlar:

- Çoğunlukla yatay veya dikey hidrolik kenetleme üniteleri konvansiyonel enjeksiyon kalıplamada kullanılan kenetleme ünitelerinden değiştirilerek (modifiye edilerek) uygulanır.
- Plastikleme tek vida ekstrüderi aracılığıyla gerçekleşir.
- Eriyik açık ya da kapalı bir kalıbın içine yüksek plastikleme ve enjeksiyon oranına adapte edilmiş geleneksel bir enjeksiyon ünitesiyle enjekte edilir.

- Bütün düşük basınç enjeksiyon kalıplama süreçleri dekoratif filmlerin kalıp içi kaplamasını sağlar.
- Parça şekillendirmesi başlangıçta yaklaşık 100 barı (1450psi) geçmeyen ve film kaplama malzemeleri tarafından devam ettirilen maksimum ekonomik kalıp içi kaplama sınırı olarak kurulmuş düşük kalıp içi basıncıyla uygulanır. LFT (uzun lif destekli termoplastikler) basınç kalıplamalarının ilerlemesiyle 200 bara (2900psi) varan kalıp içi basınçları uygulanmaktadır.
- Çoğu geliştirme çabaları şekillendirme döngüsü süresince kalıp içi basıncı azaltma ve sınırlamaya adanmıştır. Bunlar makineler ve ilgili yazılımlar, eriyik enjeksiyon profilleri, basınç artırma ve sıkıştırma hızı profilleri, kapatma gücü basınç azaltma profilleri, sıralı valf yollukların harekete geçirilmesiyle (çok beslemeli valf yolluk kontrolü-cascade valve control) veya değişken eriyik şeridi yerleşimiyle akış uzunluğunun azaltılması şeklinde sıralanabilir.

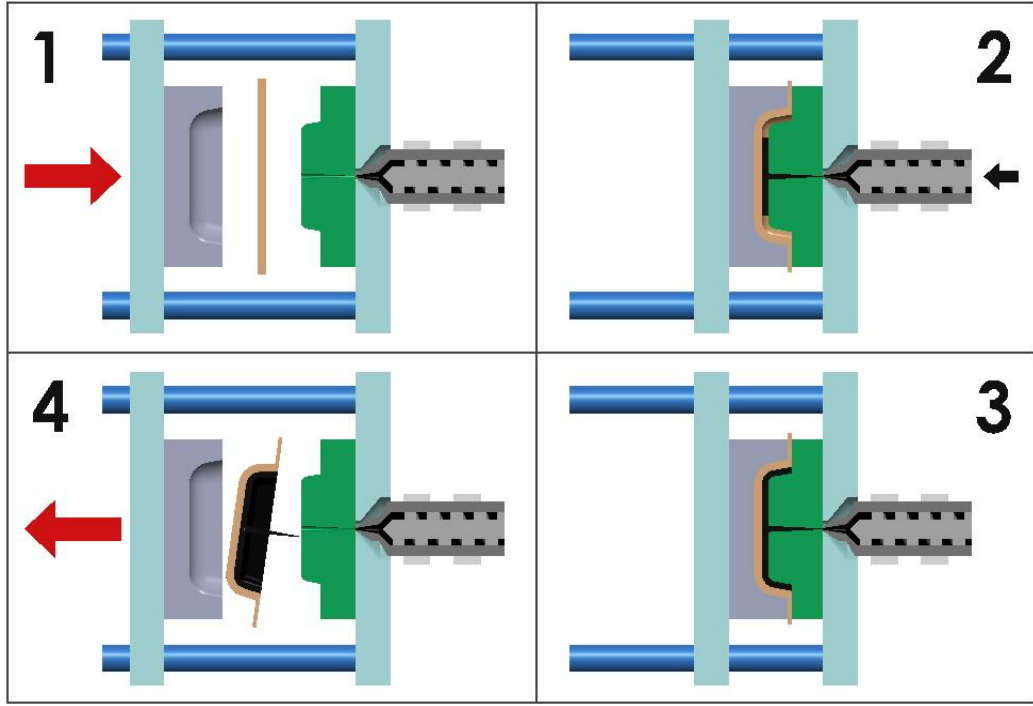
Tabii ki kalıp tasarımı kalıplamanın başarısında katı bir faktördür. Örneğin: yolluk girişlerinin boyutlandırılması ve yeri, kırpma kenarlarının boyutlandırılması, akış yardımları, soğutma ve itici teknikleri v.s. (Kuhlmann Tarih Düşülmemiştir).

3.2.3.1. Geri enjeksiyon

Pek çok isimlendirme arasında “geri enjeksiyon” en tanımlayıcı ve muhtemelen de en ünlüsüdür. Süreç, çoğunlukla konvansiyonel yatay enjeksiyon kalıp makinelerinde ya da artan miktarlarda göreceli kenetleme gücüne sahip özel makinelerde, büyük kalıp montaj alanlarında ve amaca özgü yüksek enjeksiyon oranlı ve düşük enjeksiyon basınçlı enjeksiyon ünitelerinde uygulanır. Malzeme, açık kalıptan içeriye çok düşük bir basınç yardımıyla enjekte edilir. Bu basınç 100 barın altındadır. Doldurma işlemi biter bitmez; sıkıştırma işlemine geçilir. Yatay enjeksiyon makinesi kullanılır. Basma işlemi basınç kontrollü olarak yapılır.

Kaplama filmi enjeksiyon sırasında açık bir kalıba (tasarıma göre kalıp kırpma kenarlı olabilir) sıkıca sokulup yerleştirilir. Kapatma döngüsü sırasında kumaşın gerilmesinden kaynaklanan kırışıklık ya da zararlardan sakınmak için kaplama filminin çekilebilmesine izin verir fakat enjeksiyon süresince gergin kalır. Birleşme çizgilerinin (ayrıca kırışıklıkların da kaynağı) zayıflamasını, eriyik nüfuzunu, köpük altlığın ve/veya

kumaş yığını gibi özel kumaş etkilerinin yok edilmesi, pelüşle tamamlama ya da folyolar üzerinde kabartmalar yapan deri damarlarının engellenmesi için, enjeksiyon dikkatlice ayarlanmış pnömatik enjeksiyon için ardışık kontrol olarak tanımlanan özel bir sıralama ile etkin hale getirilen “çok beslemeli sıralı valf yolluk kontrolü” ile enjeksiyon yapılır. Yöntem Şekil 3.7.’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Geri Enjeksiyon Çevrimi: 1-Kaplama filminin yerleşimi, 2-Kapama ve Enjeksiyon, 3-Soğuma, 4-Kalıptan Çıkarma (Kuhlmann'dan değiştirilerek alınmıştır)

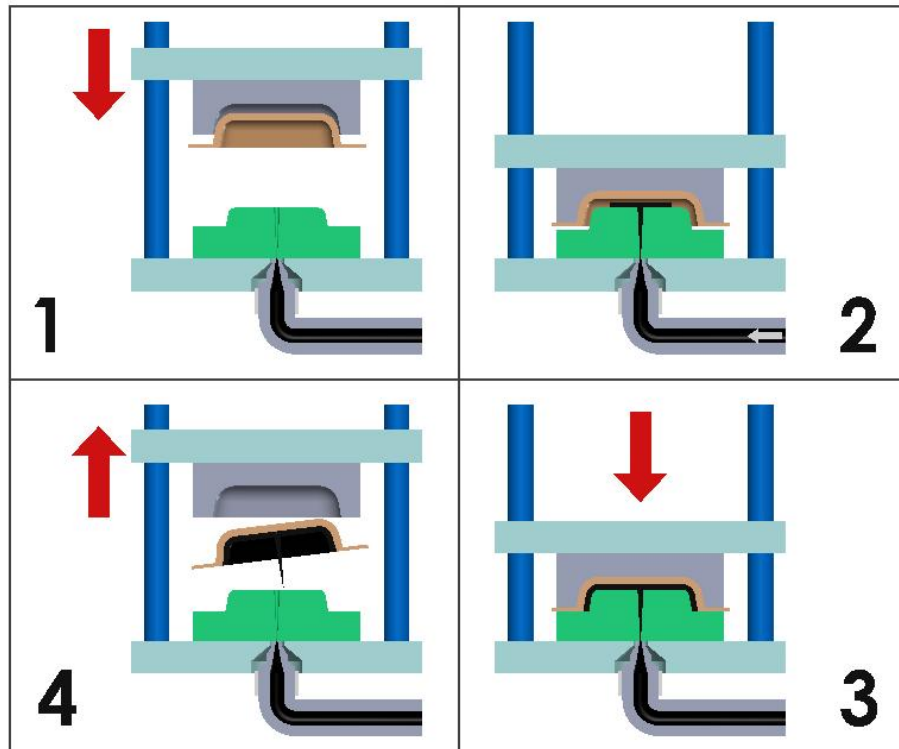
Geri enjeksiyonda kullanılan kalıplar çok karmaşıktır. Nozulları kapatmayla ilgili sürücüleri birleştiren karmaşık bir sıcak yolluk sisteminden başka, itici sistemi gibi diğer tüm kalıp elemanları enjeksiyon tarafı (erkek çelik) kalıp yarısına yerleştirilmelidir. İtici ve benzerleri elemanların kaplamanın yapılacağı tarafta olmaları kabul edilemez.

Bazı durumlarda kaplama filminin ön şekillendirme strokundan sonra enjeksiyon/sıkıştırma çevrimi boyunca, eriyiğin enjeksiyonu kısmen açık kalıpta yapılır. Boşluğun kapanmasıyla parça kalıp boşluğu şeklini alır ve kaplama yapılır. Bu

yöntemin eriyik akış basınç/sıkıştırma kalıplamasıyla benzerlikleri vardır (Kuhlmann Tarih Düşülmemiştir).

3.2.3.2. Geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma

Eriyik akışı ile geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma kalıplaması dik enjeksiyon ünitelerinde gerçekleştirilir. Sıkıştırma işleminde ise basınç değil hız kontrolü uygulanır. İhtiyaç olduğunda derin yüzeyler için ön şekillendirme yapılmış kaplama filmi açık bir kalıba yerleştirilir. Sonra kalıp kısmen kapatılır. Tezgâhın taşıyıcı plakanın altından bir sıcak yolluk sisteminden ve birkaç yolluk girişinden pnömatrik basınçla etkinleştirilen pim ile yolluk kapatma delikleri olan girişten enjekte edilir. Yolluğun etrafında duran eriyik kalıp aralığının kapatılmasıyla parçaya sıkıştırılarak şekillendirilir. Yöntem Şekil 3.8.'de gösterilmiştir.



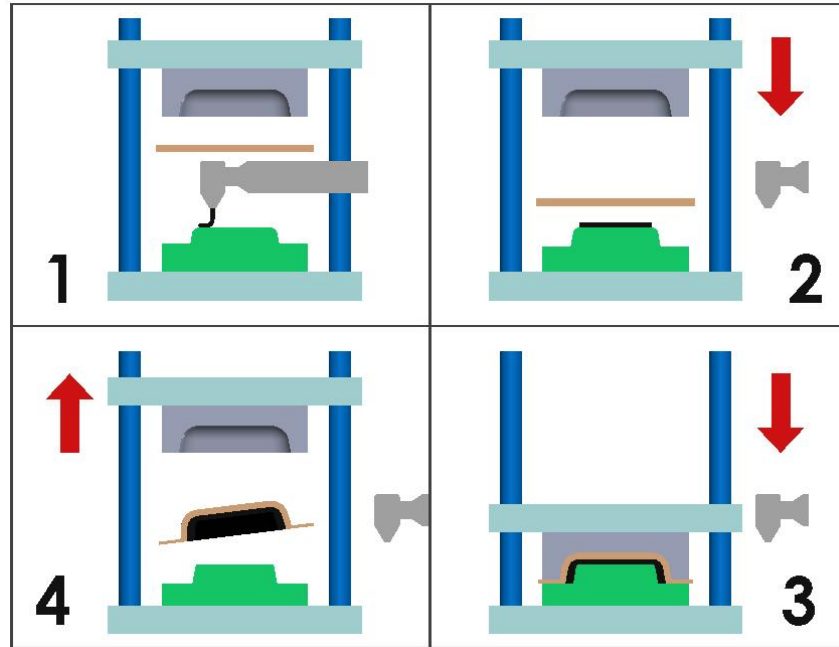
Şekil 3.8. Geri Enjeksiyon Basınç/Sıkıştırma Çevrimi: 1-Kaplama filminin yerleşimi, 2-Kısmi kapalı ve enjeksiyon, 3-Basınç/Sıkıştırma şekillendirmesi ve enjeksiyon, 4-Kalıptan çıkarma (Kuhlmann'dan değiştirilerek alınmıştır)

Geri enjeksiyondakine benzer sıcak yolluk sistemleri olan kırpma kenarlı kalıplar kullanılır. Sürecin daha yaygın kabulü önündeki belki de tek engel özellikle büyük parçalar için kalıpların maliyetidir. Bir diğer engel ise bazı ülkelerdeki oldukça dağınık patent durumudur.

Eriyik akış basınç/sıkıştırma kalıplaması ünitesi bir geri sıkıştırma ekipmanına benzer. Ancak sıcak yolluk bloğunun yani geri sıkıştırmadaki hareketli aksların yan girişine kalıcı olarak bağlanmış bir enjeksiyon ünitesine normal olarak eklendiğinde, ekipman gerekli değildir. Geri sıkıştırma makineleri eriyik akış sıkıştırma kalıplaması için uygun donanıma sahiptir (Kuhlmann Tarih Düşülmemiştir).

3.2.3.3. Eriyik katmanı oturtma basınç/sıkıştırma

Eriyik katmanı oturtma basınç/sıkıştırma terimi açık bir kalıpta biriken eriyik şeritlerinin sıkıştırılarak kalıplanması süreci için kullanılır. Eriyik katmanı oturtma basınç/sıkıştırma iç araba parçalarının, kesilmiş bir kaplama filminin kalıba yerleştirilmesiyle eş zamanlı basınç/sıkıştırma kalıplaması ve kaplaması için bir eriyik şeridinin üzerine konduğu süreci tanımlar. Yöntem Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Eriyik Katmanı Oturtma Basınç/Sıkıştırma Çevrimi: 1-Eriyik şerit oturma, 2-Kaplama filminin yerleşimi, 3-Basınç/Sıkıştırma şekillendirmesi ve enjeksiyon, 4-Kalıptan çıkarma (Kuhlmann'dan değiştirilerek alınmıştır)

Tipik bir eriyik katmanı oturtma basınç/sıkıştırma çevrimi aşağıdaki gibi uygulanır:

- Döngü dikey bir preste açık bir kalıpla başlar.
- Yatay bir enjektör kalıbın açılma hareketi süresince bir eriyik şeridini alt kalıp yarımına bırakır.
- Düz ya da önceden şekillendirilmiş bir film eriyik şeridinin üzerine yerleştirilir.
- Sıkıştırarak parça kalıplanırken pres kapanır.
- Soğutma döngüsünün sonunda parçayı çıkarmak için pres açılır.

Termoplastikler taşıyıcı malzeme, ağırlıklı PP katkısız veya talk katkılı ve daha az ölçüde ABS, ABS / PC katkılar ve PA olarak kullanılır.

Düşük çelik sıcaklığı, yoğunlaştırılmış kalıp soğutması ve daha ince duvarlar belirgin oranda daha kısa çevrim aralıklarına yol açmıştır.

60 saniye civarında çevrim aralarıyla, geri basınç/sıkıştırma kalıplaması çok yönlü kullanılabilirlik ve ekonomik yapılabilirliği gösteriyor. Aslında çoğunlukla kapı panelleri gibi geniş alan parçalarına yönelik, B ve C sütunları ve daha küçük parçalar için uygulamalarda hızla artan ilgi vardır (Kuhlmann Tarih Düşülmemiştir).

Süreç esnasında kaplama filmi, sıcaklığın etkisi boyunca zemine mekanik olarak kaynaşmıştır. Eğer zayıf bir tabaka (mesela köpük) ayıramazsa, kaplama filmini zeminden ayırmak mümkün değildir.

Uygulama aşağıdaki yararlarla sahiptir:

- Yapıştırma ya da kaynak gerektirmez,
- Özel tesis havalandırması gerektirmez,
- Yüzey hazırlığı gerektirmez,
- Fikstür hazırlığı ve vakumlama gerektirmez,
- Boş zemin için depo gerektirmez,
- Tüm standart çekme ve soyma testlerinden başarıyla geçmiştir,
- Parça başına daha düşük ücret (%30 kar imkanı),
- Kaplama filmi ve zemin aynı tür plastiktense parça geri dönüştürülebilir.

Uygulama aşağıdaki dezavantajlara sahiptir;

- Küçük parçalar eriyik şeridiyle tam olarak doldurulamaz,
- Parça kenarlarındaki önemli alt kesmeleri şekillendirmek zordur,
- Dikey pres ve özel plastikleştirici ünitesi gerekir.

Uygulamanın tek büyük zorluğu vardır;

- kaplama filmi (Huber Tarih Düşülmemiştir).

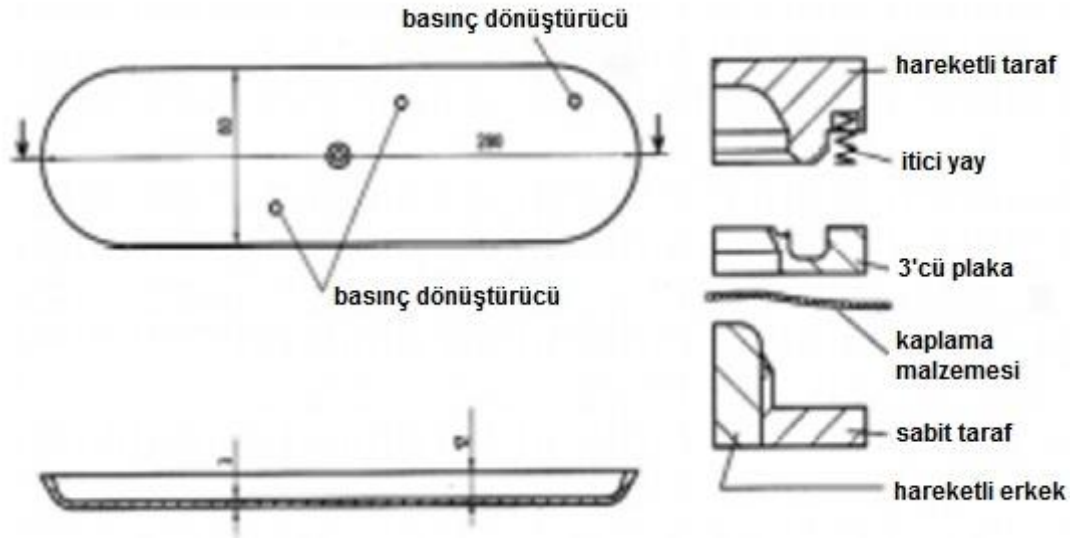
3.2.4. Konvansiyonel Enjeksiyon Yöntemi (KEY) ile kaplama ve Basınç/Sıkıştırma Yöntemlerinin (BSY) karşılaştırılması

Kalıp içi kaplama yöntemleriyle, kaplama direkt olarak bir enjeksiyon kalıbında yapılırken, kaplama malzemesine yüksek sıcaklık ve kalıp boşluğu basınçlarıyla baskı yapılır. Bu büyük sıklıkla kaplama malzemesinin hasarına yol açar. Zararın önemli bir türü çoğunlukla araç içinde kullanılan kaplama malzemesinde köpük katmanının çökmesidir. Bu köpük katman arabanın iç tasarımına konforlu bir görünüm veren bir “yumuşak dokunuş” efekti sağlar. Eğer köpük katman çökerse bu etki kaybedilir.

Basınç/Sıkıştırma, Geri Enjeksiyonun boşluk basıncını azaltabilen özel bir sürecidir. Bu süreç sıkıştırma boşluğuna ulaşılan kadar kalıbın kapanmasıyla başlar. Bu zamanda kalıp kırpma kenarlarıyla donatıldığı için zaten kilitlenmıştır. Bir sonraki adımda kalıbı doldurmak için gerekli eriyik miktarı kalıp boşluğa enjekte edilir ve sonrasında enjekte nozulu kapatılır. Son adımda basınç/sıkıştırma (compression) hareketiyle kalıp tamamen kapatılır. Bu hareke bağlı olarak eriyik tamamen dolana kadar kalıp boşluğuna yayılır. Son olarak eriyik sıkıştırılır, çünkü genellikle enjekte edilen eriyiğin hacmi boşluğun hacminden büyüktür. Hacim çekmesini telafi etmek için bu gereklidir. Geri enjeksiyonda bu genelde yapılır, basınç/sıkıştırma yönteminde sadece istisnai durumlarda kullanılan ütüleme aşamasında yapılır.

Bu bölümde anlatılacak olan deneyin temel amacı kalıp boşluk basıncı azaltma ve kalıp içi kumaş kaplamayı kalitesi bakımından “Konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplama” ve “Basınç/Sıkıştırma yöntemiyle kumaş kaplama” yöntemlerini karşılaştırmaktır (Brockmann ve Michaeli Tarih Düşülmemiştir). Bununla birlikte, basınç/sıkıştırma kalıplama sürecinin kalıp içi kaplama kalitesini etkileyen temel süreç parametreleri bulunur ve optimize edilir.

Brockmann ve Michaeli tarafından yapılan deneyler Basınç/Sıkıştırma kalıplamasını kontrol edebilen donanımlarla, 150 ton Mannesmann Demag Ergotech enjeksiyon makinesinde yürütülmüştür. Kırpma kenarlı ve kaplama filmine ön şekillendirme ve düzeltme yapabilecek donanımına sahip özel bir test kalıbı (Şekil 3.10.) kullanılır. Kalıp boşluğu basınç ölçümleri için kalıbın içine dört basınç dönüştürücüsü yerleştirilir. Bu ölçümler bilgisayar tabanlı bir bilgi edinim sistemiyle depolanır ve izlenir.

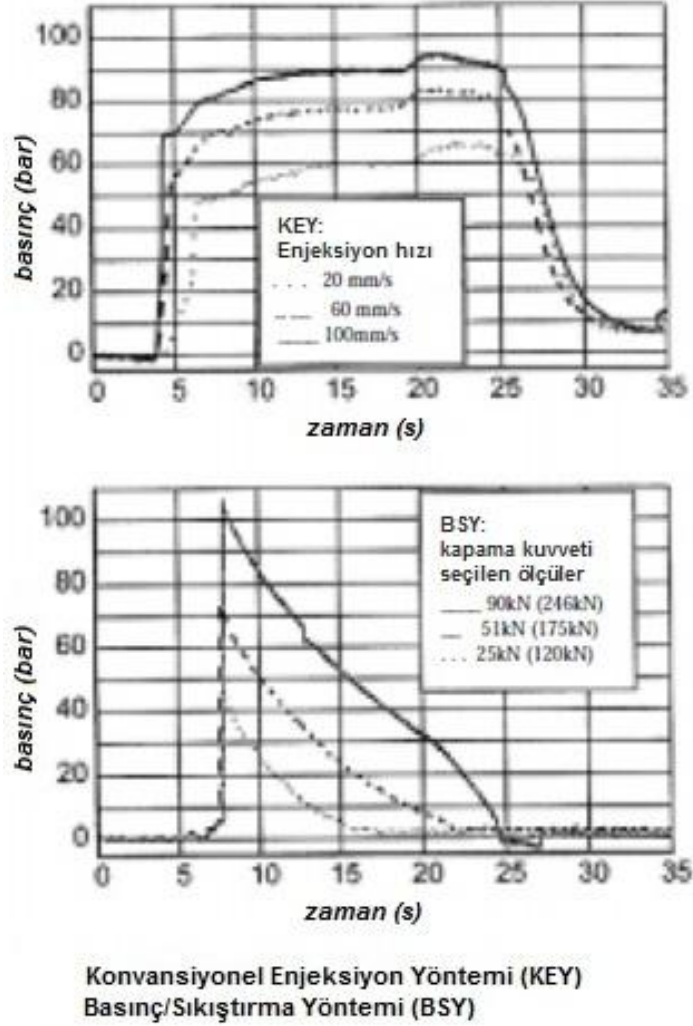


Şekil 3.10. Kalıplama ve kalıp kavramı (Brockmann ve Michaeli'den değiştirilerek alınmıştır)

Tüm deneyler kolay akan ve MVI' si 55 ($T_m = 230^\circ\text{C}$, load 2,16 kg) olan bir PP türü olan "Polypropylene Vestolen P2000" ile yürütülür. Viktor Achter GmbH & Co KG, Viersen firmaları tarafından sağlanan dört farklı kumaş filmi kullanılır. Bunların hepsi, biri PU köpük katmanı olmak üzere 3 katmana sahiptir.

Basınç/Sıkıştırma ve Konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplama süreç koşulları bazı noktalarda önemli farklılıklar gösterir. Konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplamada boşluk basıncı üzerinde en büyük etkiye enjeksiyon hızı sahipken Basınç/Sıkıştırmada kenetleme gücü ve enjekte edilen eriyik hacmi güçlü etkilere sahiptir. Bu son sıkıştırma aşamasına bağlıdır. Şekil 3.11'de görülebileceği gibi, kenetleme gücü ne kadar yüksekse boşluk basıncı o kadar fazladır. İlk deneyler

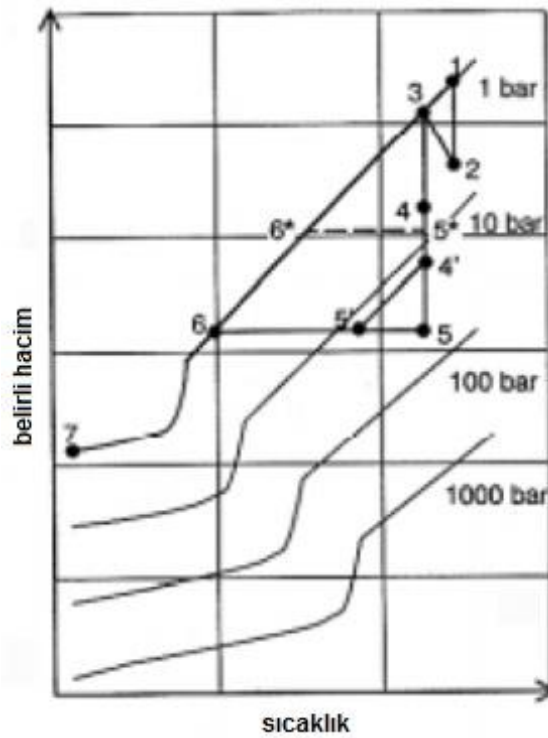
dekorasyon materyali olmadan gerçekleştirilmiştir. İki süreci kıyaslayabilmek için aynı ağırlığa sahip parçalar üretilmiştir (Brockmann ve Michaeli Tarih Düşülmemiştir).



Şekil 3.11. KEY ve BSY için etki eden parametreler (Brockmann ve Michaeli'den değiştirilerek alınmıştır)

Eriyik hacmi ve kenetleme gücünün etkisi, süreç Şekil 3.12.'deki gibi bir p,v,T diyagramında açıklandığında daha açık hale gelir. 1'den 2'ye kadar ilk basınç artışına bağlı olan izotermal (izotermal: sıcaklık değişiminin sıfır olduğu durumdaki termodinamik işlem) enjeksiyon aşaması bulunabilir. Sıkıştırma boşluğu nedeniyle boşluk tamamen dolmaz. Bu yüzden enjeksiyon ve sıkıştırma aşamaları arasındaki erteleme zamanında basınç düşer. Sıkıştırma aşamasının başlangıcıyla eriyik yeniden

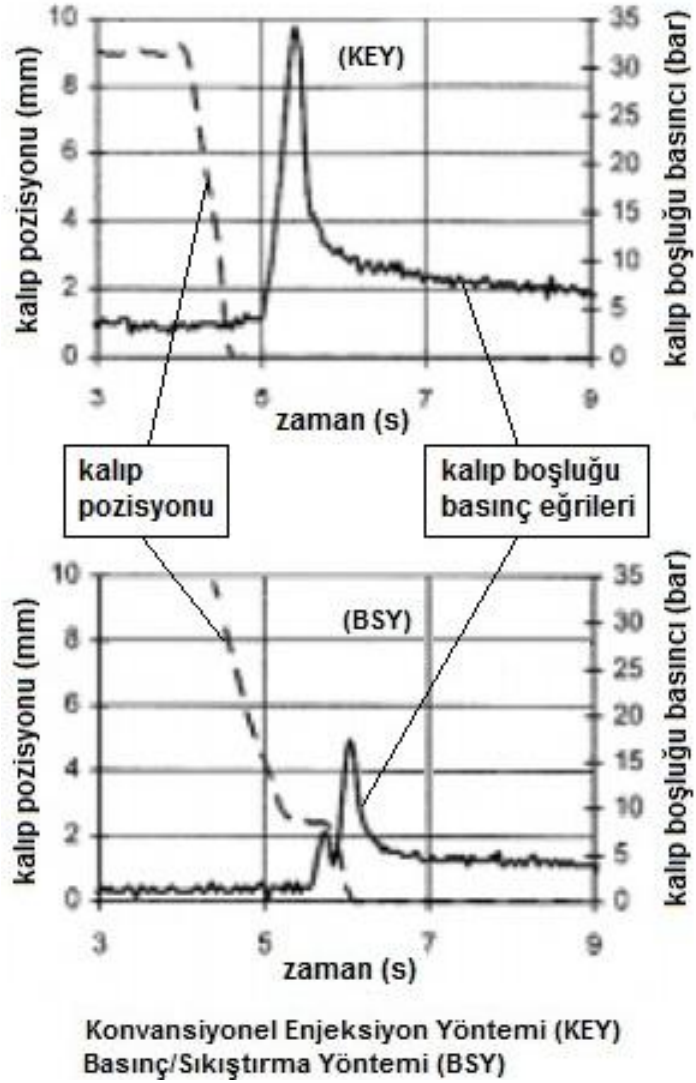
akmaya başlar, bu da 4. noktaya kadar başka bir basınç artışına sebep olur. Burada 5'inci noktaya ulaşılan kadar boşluk tamamen dolar ve eriyik artık kenetleme gücü tarafından sıkıştırılır. Son olarak eriyiğin soğuması ve çiftli hacim çekmesi nedeniyle basınç yeniden düşer (5–6). 7'nci nokta kalıbın açılması simgeler. Eğer opsiyonel basınç-kontrollü kenetleme gücü olan bir konvansiyonel enjeksiyon makinesi kullanılırsa, p,v,T diyagramında süreç 4'ten 5'e kadar çizilir. Bu durumda belirlenen kenetleme gücüne ulaşıldığında basınç sabit kalır (Brockmann ve Michaeli Tarih Düşülmemiştir).



Şekil 3.12. p,v,T diyagramında BSY (Brockmann ve Michaeli'den değiştirilerek alınmıştır)

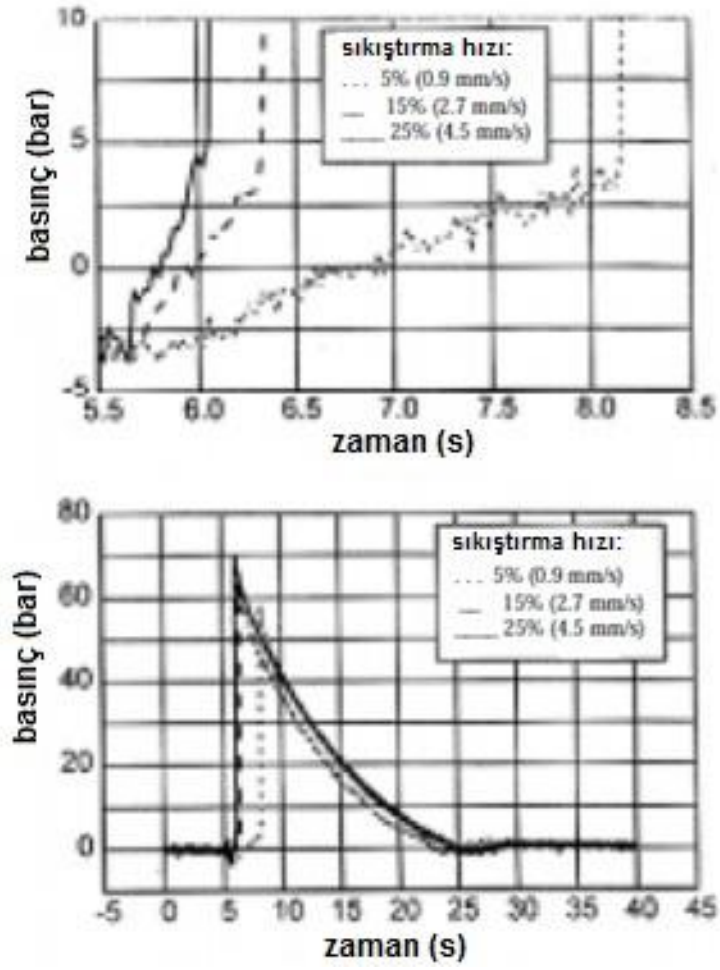
Kalıp içi kaplamada hacim çekmesi genelde kaplama malzemesiz yüzeylerin enjeksiyon kalıplamasında olduğu kadar önemli değildir. Bunun nedeni çökme izleri gibi görsel sorunları kapatan kaplama filmi malzemesinin varlığıdır. Bu nedenle Konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplamada sadece küçük yada sıfır ütüleme basınçları uygulanır. Buna kıyasla Basınç/Sıkıştırmada kalıp boşluğu basıncını, daha az bir eriyik hacmi enjekte ederek düşürmek mümkündür. O zaman p,v,T-diyagramındaki seyir 5*'ten 6*'ya kesikli çizgi ile çizilmiş gibi görünecektir. Şekil 3.13. kaplama filmi

kullanıldığı durumda basınç seyirlerinin karşılaştırmasını göstermektedir (Brockmann ve Michaeli Tarih Düşülmemiştir).



Şekil 3.13. Kaplama malzemesi ile KEY ve BSY için basınç hareketliliğinin karşılaştırılması (Brockmann ve Michaeli'den değiştirilerek alınmıştır)

Basınç/Sıkıştırma işleminde kalıp boşluğu basıncında güçlü bir etkisi olan bir diğer işlem parametresi de basınç/sıkıştırma (compression) hızıdır. Daha yüksek hızla birlikte kalıp boşluğunu dolduracak basınç ve maksimum basınç eriyik sıkıştırması nedeniyle artmaktadır (Şekil 3.14.). İlk etki daha düşük sıkıştırma oranları, ikincisi ise daha uzun soğuma süresinden kaynaklanır ve basınç/sıkıştırma (compression) aşaması başladığında düşük eriyik hacmine neden olur (Brockmann ve Michaeli Tarih Düşülmemiştir).

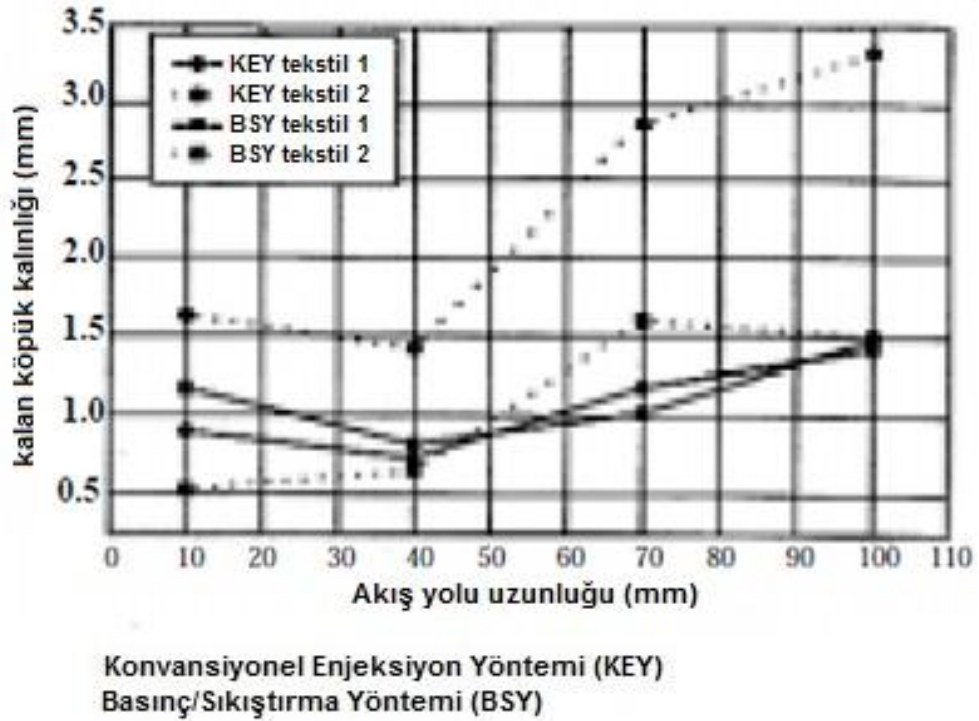


Şekil 3.14. Sıkıştırma hızının kalıp boşluğu basıncı üzerine etkisi (Brockmann ve Michaeli'den değiştirilerek alınmıştır)

Basınç/sıkıştırma (compression) boşluğunun yüksekliği enjeksiyon aşaması sırasında basınç seyrini etkiler. Farklılıklar basınç maksimumuna kıyasla nispeten küçüktür.

İlk deneylerde enjeksiyon parametrelerinden enjeksiyon hızı her iki işlem için konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplama ve basınç/sıkıştırma kalıplamada aynı idi. Bu kurguda enjeksiyon kalıplama parametreleri sabit kaldığı için basınç/sıkıştırma işleminin etkilerini izole etmek daha kolay olmuş. Ancak bu deneysel kurgu çok önemli olduğu görülen gerilme süresini hesaba katmamıştır. Gerilme süresi kaplama filminin basınç ve yüksek sıcaklıklarla yüklendiği zaman olarak tanımlanır.

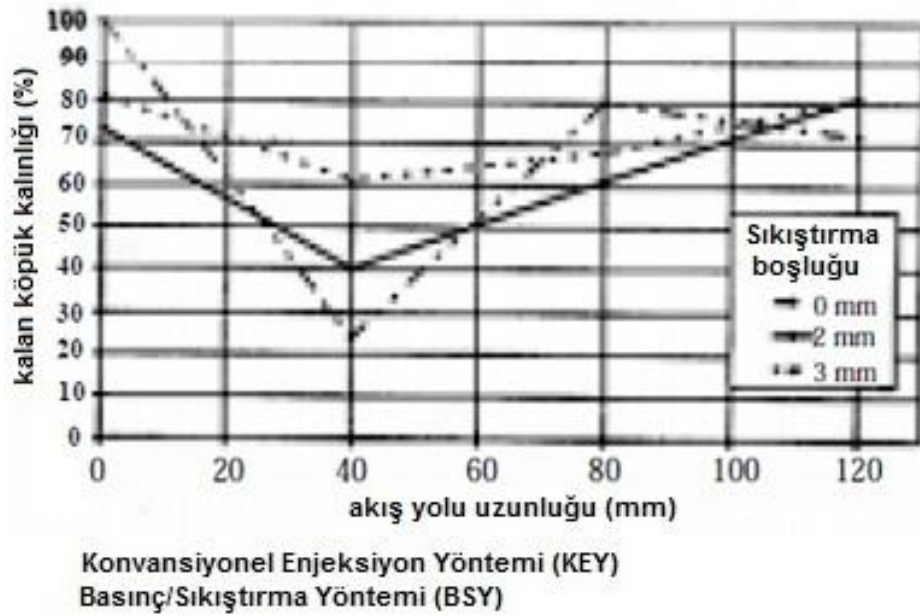
Şekil 3.15. akış yolu üzerinde gözüken kalan köpük kalınlığını göstermektedir. Kalan köpük kalınlığı kalıplamadan bir hafta sonra ölçülmektedir. Bu şekil, üretici için önemli bir bilgi vermektedir. Burada köpük katmanının tam kalınlığı ve ayrıca parça üzerinde dağılımı ile ilgilenilir. Kalınlıkta büyük farklar, parça yüzeyinde görülebilir izlere neden olur. Şekil 3.15.'de sabit enjeksiyon hızında yapılan deney sonuçları gösterilmektedir. Bu, tüm basınç/sıkıştırma kalıplama deneylerinin konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplama kalıplama deneylerinden daha uzun gerilme süreleri olduğu demektir, çünkü her iki işlemde de aynı zamanı alan enjeksiyon aşamasından sonra sıkıştırma aşaması vardır (Brockmann ve Michaeli Tarih Düşülmemiştir).



Şekil 3.15. KEY ve BSY için kalan köpük kalınlığı karşılaştırması (Brockmann ve Michaeli'den değiştirilerek alınmıştır)

Şekil 3.16.'da daha sonraki deneylerin sonuçları verilmiştir. Burada basınç/sıkıştırma deneyleri konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplama deneyleri ile yapılanlarla aynı gerilme süresine sahiptir. Bu deneyler için başta konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplamada bir referans parça üretilmiştir. Sonra bu parçanın enjeksiyon süresi daha sonraki tüm basınç/sıkıştırma deneyleri için bir referans süre olarak kullanılmıştır. Bu, enjeksiyon süresi artı sıkıştırma süresinin ancak bu

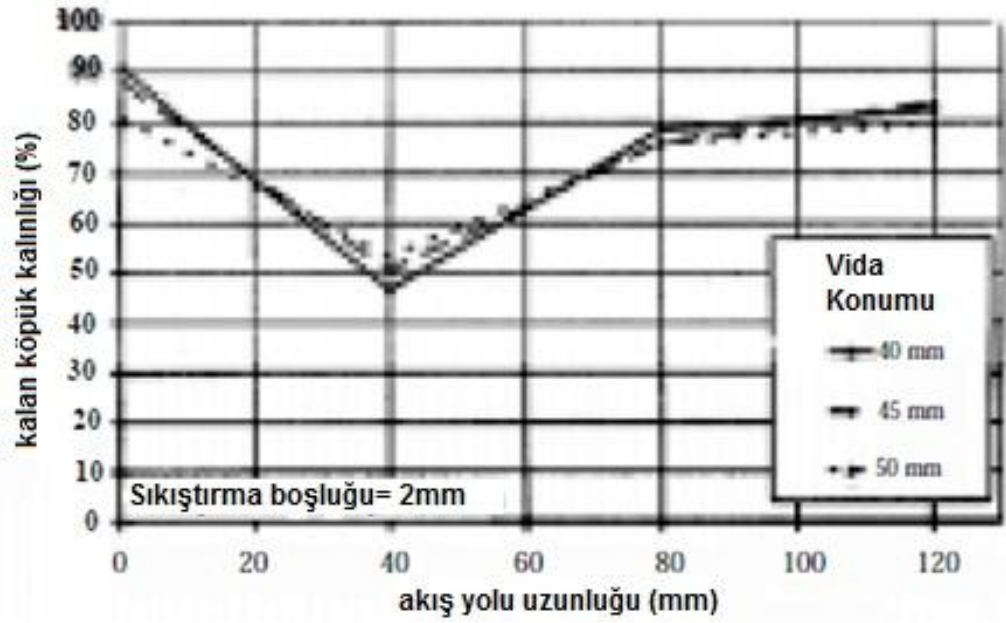
referans süre kadar olabileceği demektir. Bu yüzden basınç/sıkıştırma deneylerinde daha yüksek enjeksiyon hızları kullanılmış ve sıkıştırma aşaması kalan sürede gerçekleştirilmiştir. Bu örnekteki basınç/sıkıştırma sonuçları çok daha eş dağılımlıdır. 3mm'lik bir sıkıştırma boşluğuyla kalan köpük kalınlığı döşeme malzemesinin orijinal kalınlığının 60-80%'i arasındadır. Düşük sıkıştırma boşluklarında parçanın kalitesi kötüye gitmektedir. Kalınlık dağılımında daha büyük farklar var ve minimum kalınlık düşmekte. 0 mm sıkıştırma boşluklu eğri konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplamayı temsil eder ve akış yolunda büyük farklılıklara sahiptir (Brockmann ve Michaeli Tarih Düşülmemiştir).



Şekil 3.16. KEY ve BSY için kalan köpük kalınlığı karşılaştırması (Brockmann ve Michaeli'den değiştirilerek alınmıştır)

“Simültane sıkıştırma” seçeneği kullanılarak parçaların kalitesinin daha da geliştirilmesi sağlanabilir. Bu durumda sıkıştırma aşaması enjeksiyon aşaması sırasında başlar. Sıkıştırmanın başlama noktası mil pozisyonu ile belirlenebilir. Bu seçenekle gerilme süresi daha da düşürülebilir ve bu da daha eş dağılımlı ve daha yüksek kalan köpük kalınlığını sağlar. Ayrıca eriyik akışı enjeksiyon ve sıkıştırma aşamaları arasındaki tipik durma olmadan daha eş dağılımlı bir hale gelir. Şekil 3.17. bir başlangıç noktası varyasyonunun kalan köpük kalınlığına etkisini göstermektedir. Sıkıştırma boşluğu 2

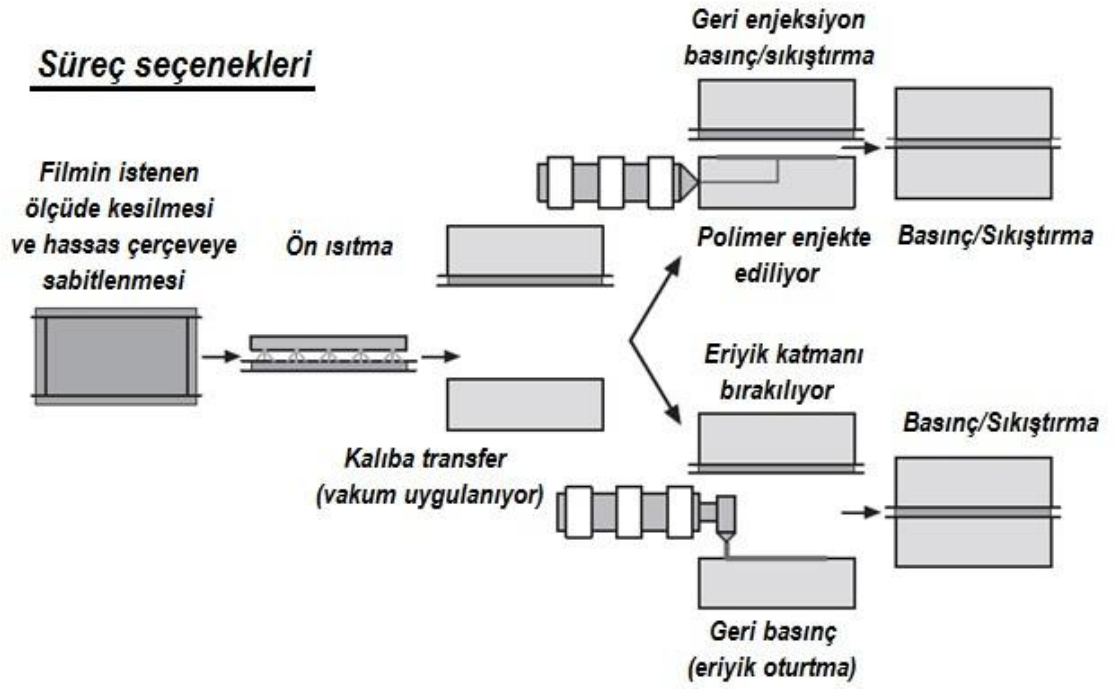
mm ve enjeksiyon hızı 150 mm/s sabit kalmaktadır. Tüm farklı başlangıç noktaları için köpük kalınlığı Şekil 3.16.'da gösterilen deneyden daha eş dağılımlı ve mutlak değerler daha yüksektir (Brockmann ve Michaeli Tarih Düşülmemiştir).



Şekil 3.17. Simültane sıkıştırma için kalan köpük kalınlığı (Brockmann ve Michaeli'den değiştirilerek alınmıştır)

3.2.5. Geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma ve geri basınç eriyik katmanı oturtma basınç/sıkıştırma kalıplama yöntemlerinin karşılaştırılması

Hem geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma (eriyik akışı metodu) hem de eriyik katmanlı uygulama, parçayı sıkıştırma yoluyla üretmeyi içerir (Şekil 3.18.).



Şekil 3.18. Geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma ve geri basınç eriyik oturtma yöntemlerini içeren adımlar (Peguform'dan değiştirilerek alınmıştır)

Sıkıştırma parametrelerinin optimizasyonu, kalıp boşluğu basıncını her iki durumda da önemli miktarda düşürmeye yardım eder. Her iki işlem de optimize edildiğinde, kalıp boşluğu basınçlarını 100 bar'dan daha az gerçekleştirmek mümkündür. Eriyik katmanlı uygulama, kaplama malzemesinin hassas uygulamasıyla ilgili iki önemli avantaja sahiptir. İlk olarak, bu eriyik akışı metodundaki yolluk noktaları tarafından yol açılan maksimum kaplama filmi baskısının yoğunlaşmış alanlarını üretmez. İkinci olarak, katmanların birleşimi, akış yolları kısa ise, kalıplanan parçanın kaynak çizgileri olmadan geniş ölçüde doldurulabileceği anlamına gelir. Peguform'daki bir çalışma, eriyik katmanlı uygulamanın, otomotiv endüstrisinde karşılaşılan çeşidin, geniş üretim hacmi için kullanıldığında, geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma ile ilgili olarak ciddi anlamda dezavantajlı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Önce, sıkıştırma alanındaki ekipmanın çapraz hareketleri, kalıp hareketi ve parça hareketi çevrim süresinin %10 daha uzun olmasına neden olur. Daha sonra, çapraz hareket ekipmana sahip dikey tezgahın sermaye yatırımı, sıkıştırma modülü ile donanmış enjeksiyon kalıplama makinesine göre daha yüksektir.

Eriyik katmanı uygulaması, söylenene göre düşük üretilebilirlikten, eriyik akışı tekniğinde olduğundan daha çok sıkıntı çekmektedir. Bu özellikle, tabakayı uygulamaya geldiğinde doğrudur. Uygulanan tabakanın pozisyonu, aşamadan aşamaya değişir. Fakat testler, bu değişikliklerin herhangi bir etkiye sahip olup olmadığını göstermede başarılı olamamıştır. Bu çalışmada, hem kalıp boşluğu basıncı hem de kalıplanan parçanın yüzeyi değerlendirilmiştir. Bu, geniş hacim durumunda göz ardı edilemez fakat eriyik akışı işlemi, daha düşük red oranları ile sonuçlanır.

Eriyik akışının diğer avantajları, yatay enjeksiyon kalıplama makinesinde kullanıldığında ortaya çıkar. Bunlar, üretimde ve makinelerin basit işletimindeki esnekliği içerir. Standart ekipman ile başarılabileceği için parçaların ve kaplama malzemesinin taşınması da daha kolaydır. Çizelge 3.2.'de bir özet gösterilir.

İşlem optimizasyonu, kalıplanan parçaları değerlendirmenin zor olduğunu gösterdi. Çünkü kıvrımlar ve eriyik girişi haricinde Çizelge 3.2.'de bahsedilen diğer tüm ölçütler sadece öznel olarak değerlendirilebilir. Kıvrımlar genellikle, enjeksiyon noktalarının yanlış pozisyonlanmasının ve kalıptaki dekor malzemesinin yetersiz konumlandırılmasının sonucudur. Kalıplanan parçadaki parlak lekeler eriyik girişinin habercisidir. Eriyiğin, kalıplanan parçanın görülen tarafına girişi, kaplama filminin aşırı gerilmesiyle başlatılır ve kalıp içi film tutturma ve önkalıplamanın en iyi şekilde kullanılmasıyla çözülebilir. Aşırı durumlarda, harici film önkalıplama gerekli olabilir. Tane (doku) görünümü ve yumuşak dokunuş kaybı durumunda, işlemin dikkatle gözden geçirilmesi gerekir.

İzin verilebilir bir işlem penceresi içinde, kalıplanan parçanın kalitesinin, en çok sıkıştırma parametreleri tarafından etkilendiği varsayılabilir (sıkıştırma mesafesi, sıkıştırma hızı, enjeksiyon kalıplama, kapalı sıkıştırma kalıplama ve sıkıştırmanın başlangıç noktası esnasındaki kalıp açılışının kademeli profili).

Kalıplanan parçanın gerçek yarıçapları gerçek bir kalite özelliğidir. Konkav (içbükey) yarıçapları ile başparmak kuralı, kalıplanan parçanın yarıçapının film kalınlığından küçük bir kalıp yarıçapından oluştuğu, konveks (dışbükey) yarıçapları ile film kalınlığından büyük bir kalıp yarıçapı oluştuğudur. Bu işlem ile kişi parmak kuralından daha iyi olan küçük yarıçaplar elde etmeyi umabilir. Bu, köpüğün kalınlığının, yüzey

alanlarına göre, keskin kenarlarda daha geniş ölçüde azaltıldığı için böyledir. Pek çok tasarımcı tarafından talep edilen keskin kenarlı geçişler, bu yüzden, tek sefer işleminde kolayca yeniden oluşturulabilir (Mitzler ve Brockmann Tarih Düşülmemiştir).

3.2.6. İşlemler arasındaki fark

Geri enjeksiyon kalıp boşluğu basıncı, standart enjeksiyon kalıplamadakinden daha düşük olduğu için, büyütülmüş montaj tabakaları ile standart enjeksiyon kalıplama makinesinden (yatay sıkıştırma ünitesi) meydana gelir. Enjeksiyon işlemi süresince, basıncı daha fazla azaltabilmek adına, kalıbın 1 mm'ye kadar yavaşça nefes alması için bir hazırlık yapılabilir. İşletim ayarları sıkma kuvveti oluşturmak için kullanılabilir. Ekonomik eklenti ve kaplama malzemesinin konumlandırılması ve biten parçaların kaldırılması için, robot gibi uygun taşıma aparatları gereklidir. Bu işlem, bu günlerde, tekstil ve benzer malzemelerle kaplanan bütün araçlarda kolon destek (pillar) trimleri için kullanılmaktadır.

Eriyik katman uygulaması dikey bir sıkıştırma ünitesi ve 3 ekseninde dönüş yapabilen bir enjeksiyon ünitesi kullanır. Rakamın kalıplanan parçanın boyut ve şekline bağlı olduğu bir ya da iki tabaka üzerindeki değişken geniş enli bir nozul yoluyla eriyik kalıba taşınır. Başlıca uygulamalar kapı ve bagaj hücreleri gibi trim alanındadır.

Yatay sıkıştırma üniteli geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma, yatay eriyik akış işlemi olarak da adlandırılır. Geniş alan parçalarının üretimi için kullanılan geleneksel sıkıştırma, ilk olarak enjekte edilen eriyiğin kaymasından sıkıntı duymaktaydı. Krauss –Maffei tarafından geliştirilen decoform işlemi (yatay sıkıştırma ünitesi), kaplama malzemesi içeren kalıbın, ilk adımda tamamen kapandığı gerçeği için dikkate değerdir. Enjeksiyon başladığında kalıp, istenen sıkıştırma aralığına ulaşır. Bu eriyiğin, içeriye akan polimer eriyiği tarafından elverişli olarak tutulduğu ve kalıp yarımları arasına düşmeden kaplama malzemesi yüzeyine tutunmasına neden olmaktadır. Kalıbın kapanma hareketi ile eriyik kalıp boşluğu içine sıkıştırılır. Daha az yer gereksinimi ve basit otomasyon, işlemin diğer avantajlarıdır. Decoformun uygulama alanları, eriyik katman tekniğinde olan uygulamalarla örtüşmektedir (Mitzler ve Brockmann Tarih Düşülmemiştir).

Çizelge 3.2. Plastik parçaları enjeksiyon kalıbında direkt kaplama yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları (Peguform'dan değiştirilerek alınmıştır)

	Geri enjeksiyon	Geri basınç/sıkıştırma (eriyik oturtma)	Geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma
Çevrim süresi	++	-	++
Akış yolu uzunluğu	-	++	+
Kaplama malzemesi hassaslığı	-	++	+
Kaplama malzemesi ve parça taşınması	++	-	++
Makine yatırımı	++	-	++
Kalıp yatırımı	0	+	0
Eriyik beslemede serbestlik derecesi	0	+	0
Üretim esnekliği	++	0	++

++ çok iyi; +iyi; 0 tatmin edici; - zayıf

Çizelge 3.3. Süreci etkileyebilecek ana kalite kriterleri ve yolları (Peguform'dan değiştirilerek alınmıştır)

Kriter	Etkileme için faaliyet alanı
Tane görünümü kaybı	İşlem; kaplama malzemesi düzeltimi
Parlak alanlar	Kaplama malzemesi düzeltimi
Eriyik nüfuz etmesi	Geometri, kaplama malzemesi düzeltimi
Katlamalar (bükülmeler)	Yolluk yeri, kalıp içi kumaş yerleşimi
Köpük kalınlığı	Süreç
Film yapışması	-

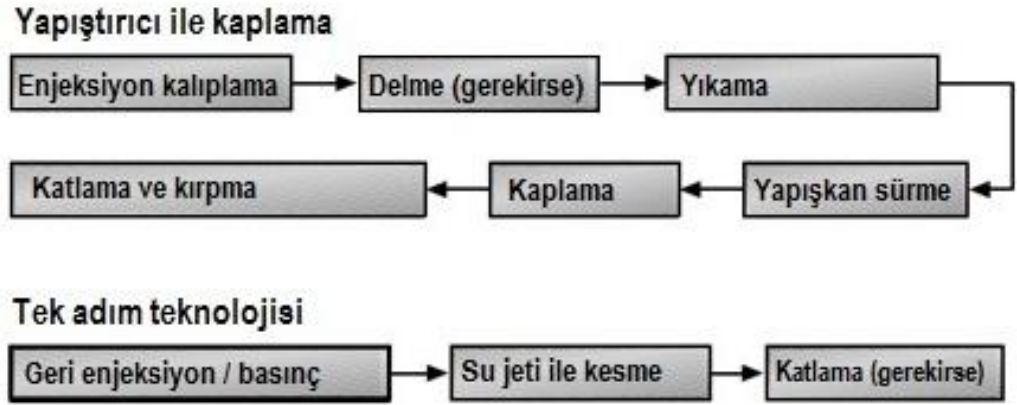
3.2.7. Tek işlemde geri enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplama

Tek işlem, dekoratif plastik işlemindeki en yeni telaffuz edilen kelime dir. Amacı, daha önce yapıştırıcıyla kaplama metodu tarafından ihtiyaç duyulan zahmetli işlem aşamaları olmadan, yatay enjeksiyon kalıplama makinelerindeki gerçek tek sefer işleminde kaplaması yapılmış ve kalıplanmış parçalar üretmektir.

Otomotiv sektöründe en sürekli trendlerden biri, gelişmiş karmaşık tasarımların durmadan büyüyen önemidir. Aracın içi, araç üreticisine ürününü rekabette daha önde gösterme şansı verir. İşlevsellik, iç tasarımı feda etmeden herhangi bir aracın niteliğini vurgular. Araç performansı ile birlikte bu, satın alma kararında önemli bir kıstastır.

Plastik trim, kullanışlı ve çalıştırması kolay olacak şekilde tasarlanmalıdır. Güvenlik özellikleri (hava yastığı: parçalara ayrılmayan, vb.) birleşik olmalı ve işleyen elementler ve fonksiyonel parçalar aşınmaya dirençli olmalıdır. Otomotiv tasarımcıları, her şeyin üstünde, dar yarıçaplar ve keskin geçişler talep etmektedirler. Aynı zamanda, üreticileri sürekli olarak var olan işlemleri en iyi şekilde kullanmak ve durmaksızın en son teknolojilerden haberdar olmak için zorlamaktadırlar.

Daha az üretim aşaması, daha yüksek ve sürdürülebilir kaliteye ulaşmanın kilit noktasıdır. Daha yüksek oranda işlem entegrasyonu, sırayla akış sürecini kolaylaştıran ve daha az yer kaplayan üretim aşamaları sayısını azaltadır. Şematik olarak Şekil 3.19.'da gösterildiği gibi, konvansiyonel laminasyon sürecinde, parçanın enjeksiyon kalıplaması, delme ve yıkama, yapışkanın uygulanması, laminasyon ve daha sonra katlama ve kenar kırma gibi üretim aşamalarından oluşur. Tek sefer işleminde, filmin geri enjeksiyon ve geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma işlemi tek üretim basamağında uygulanır. Örneğin, film veya kumaş ya kalıplama çevrimine başlamadan önce istenen ölçülerde kesilir ya da daha çevrim tamamlandıktan sonra su jeti tarafından kırılır. Bazı durumlarda, kalıpta uygulanmayan katlamayı daha sonra uygulamak mümkündür. Daha az sayıdaki zorunlu üretim adımları kalite seviyesini artırır ve hasar ihtimalini azaltmaktadır (Mitzler ve Brockmann Tarih Düşülmemiştir).



Şekil 3.19. Konvansiyonel kaplama ve tek adım süreçlerinin karşılaştırılması (Peguform’den değiştirilerek alınmıştır)

Otomotiv endüstrisinde maliyet azaltma rekabeti, kalıcı inovasyon ve gelişmelere yol açmaktadır. Plastik parça ve modül üreticileri işlem sayısını, farklı metotları birleştirerek azaltmaya çalışmaktadır. Taşıtların iç mekanlarında plastik üzeri kumaş kaplama işlemi enjeksiyon parça baskısından sonra birçok ikincil işlemi içerdiği için maliyet ve sürdürülebilir kalitedeki verimsizlik, tekstil ürünleri ile plastik malzemeleri tek aşamada kaynaştırma yönündeki ar-ge çalışmalarını hızlandırmıştır. Özel yapım otomasyonlar da üretim biriminin verimliliğini arttırmaktadır. Rekabeti azaltma çabaları enjeksiyon makine üreticileri, kalıp üreticileri ve otomotiv parça tedarikçileri arasında ortak proje çalışmalarının yürütülmesine neden olmuştur. Önceki bölümlerden elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara dayanarak yapılabilecek iyileştirmeler neticesinde yatay enjeksiyon makinesinde uygulanan “geri enjeksiyon” ve dikey enjeksiyon makinesinde uygulanan “geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma” yöntemlerinin avantajlarını içeren iyileştirilmiş yeni bir yöntem ortaya çıkmıştır. Yeni yöntem, teknik anlamda yine “geri enjeksiyon kalıplama yöntemi” olarak adlandırılmaya devam etse de Krauss-Maffei enjeksiyon makine üreticisi tarafından “decoform”, Engel enjeksiyon makine üreticisi tarafından “tecomelt” isimleriyle tescil edilip piyasaya sunulmuştur. Bu tez çalışmasında geliştirilen yeni yöntemden “geri enjeksiyon” ismi ile bahsedilmeye devam edilecektir. Şekil 3.20. ve Şekil 3.21.’de geri enjeksiyon yöntemi ile üretilebilecek ürünlerden ve üretilmiş ürünlerden bazıları gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Geri enjeksiyon yöntemiyle üretilebilecek ürünler (Michael 2007'den değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 3.21. Geri enjeksiyon yöntemiyle üretilen ürünlerden bazıları

İşlemin orjinalliği halı kaplamasının enjeksiyon makinesinde enjeksiyon işlemi öncesinde ön baskılama gerektirmemesidir. Otomasyon bunda çok önemli bir rol oynamaktadır. Entegre ön baskılama yalnızca doğru otomasyon seçimi ve fabrika modülleri arasında kusursuz etkileşimle mümkün olmaktadır.

Bu parçalar nispeten basit bir üç boyutlu geometriye sahiptir. Ancak, yeni araç jenerasyonlarının gelişimi için tasarım beklentileri yüksektir. Tasarımcıların daha dar yarıçaplara ve üçboyutlulukta daha karmaşık parçalara ihtiyacı vardır (Şekil 3.22.).



Şekil 3.22. Yeni nesil araçlarda bagaj bölmesinin yan döşemelerinin dar radyuslar ve 3 boyutlu karmaşık parçalardan oluşması gerekmekte (Mitzler ve ark. 2004)

Geliştirme çalışması sırasında, Krauss-Maffei tarafından geliştirilen Decoform işlemi üç boyutlu parçalar için ideal üretim metodu olduğunu kanıtlamıştır. Enjeksiyon kalıp makinesinde geri enjeksiyon, dikey bir geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma presinde üretiminden ciddi anlamda daha geniş bir üretim penceresi ve daha esnek üretime izin vermektedir.

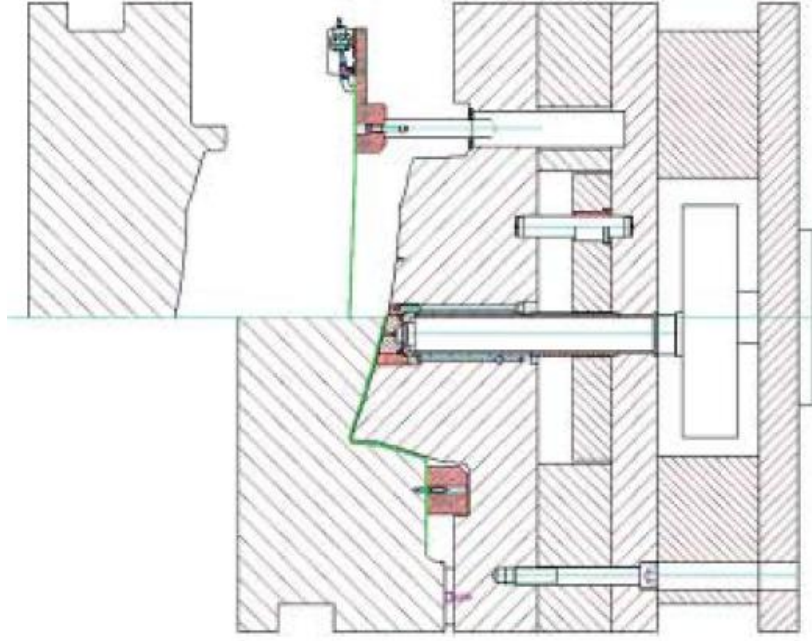
3.2.7.1. Ön baskı olmadan üretim

Belirgin üç boyutlu parçalarda bugüne kadar halıyı termoform bandında ön baskılama yapmak gerekmekteydi, çünkü aksi takdirde halı yırtılır veya baskı nedeniyle yüzey zedelenmekteydi. Yeni geri enjeksiyon üretim ünitesi tarafından ortadan kaldırılan tam da bu ayrı ön baskılama adımıdır (Şekil 3.23.). Bunun yerine halılar sadece kalıp içinde şekillendirilir. Bu şekillendirmeyi enjeksiyon kalıplama makinesinde gerçekleştirmek

için, kızılötesi radyatörler halıyı kalıp içerisindeki bir tutucu sistemi tarafından hemen alınmadan kısa süre önce uygun bir sıcaklıkta ısıtırlar. Kalıp kapanır ve halı kalıbın üç boyutlu erkek konturu tarafından ön baskılanır. Halıda kırışıklık ve yırtılmaları önlemek için kalıbın sabit tarafına gerginleştirici bir çerçeve kurulur (Şekil 3.24.). Erkek tarafı halıya nüfuz etmeden önce halı kaplaması hareket edebilen kalıp tarafı ve gerdirme çerçevesi arasına kenetlenir. Gerdirme çerçevesinden çıkan baskı halı kaplamasının kaymasını belirler ve istenilen baskı belirli halı kaplamalarına uygun olmalıdır. Kalıpta ön baskıdan sonra asıl geri enjeksiyon sıkıştırma işlemi gerçekleşir. Decoform işleminde, erimiş plastiğın enjeksiyonuyla birlikte kalıp baskı hareketi için belirli boşlukta açılır. Bu baskı aralığının genişliğı kaplama filmi ve parça geometrisine bağılıdır. Bu örnekte 5-50 mm arasındadır. Boşluk öyle ayarlanır ki enjekte edilen erimiş plastik (%20 talk polipropilen) kaplama filmine yapışarak tutunur. İlaveten, hala akmakta olan sıvı plastik kaplama filmine tutunmuş eriyikle dengede durur ve kalıp yarımları arasından kaymasını önler. Sonra da kalıp kapanma hareketi eriyiğı kalıp boşluğunda sıkıştırır. Decoform işleminde kompresyon sırasında kalıp boşluğu basıncı 70 barın altındadır. Nispeten düşük basınç, ütüleme etkisi, eriyik izleri veya sıkıştırma izleri gibi kaplama filmi yüzeyinde olabilecek zararları önler (Mitzler ve ark. 2004).



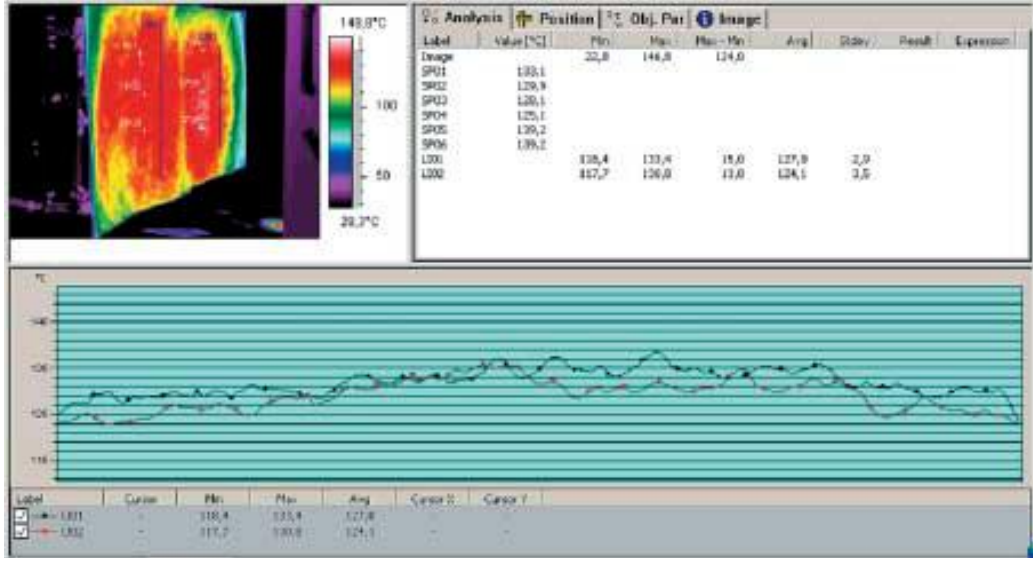
Şekil 3.23. Krauss-Maffei Decoform serisi KM 420-3500DF kızılötesi radyatör kümesine sahip enjeksiyon kalıplama makinesi ve doğrusal robot. Haliya kalıp üzerine takılı olan kızılötesi radyatörler tarafında ön ısıtma uygulanıyor (Mitzler ve ark. 2004)



Şekil 3.24. Decoform işleminde gerginleltirici çerçevenin kullanıldığı kalıp kesit görünüşü (Mitzler ve ark. 2004)

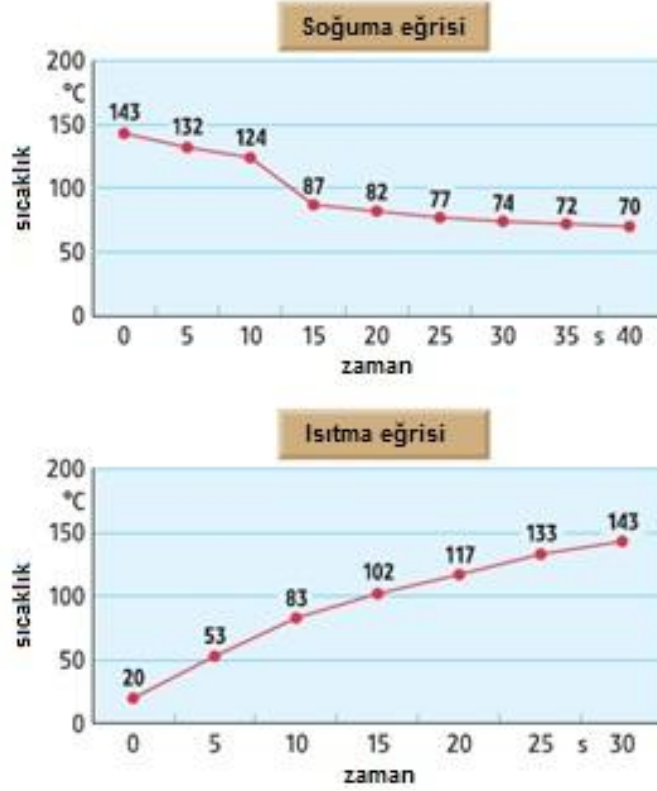
3.2.7.2. Kızılötesi radyatörlerle üniform ön ısıtma

Üç boyutlu şekillendirme için kaplama filminin bütün yüzeyinin doğru sıcaklıkta üniform şekilde ön ısıtması özellikle önemlidir. Isı filtrelenmemiş kızılötesi radyatörlerden iletilir. Her bir radyatör öyle kontrol edilebilir ki kaplama filminin üst bölgesinde yüksek baca etkisine rağmen sıcaklıklar alt bölgesinden yüksek değildir. Parça yüzeyinin üniform şekilde yüksek kalitesi için doğru sıcaklık gereklidir (Şekil 3.25.).



Şekil 3.25. Ön ısıtma uygulanmış halıların kızılötesi mikrofotografı (içyapı resmi) (GTT Willi Steinko ve ark. 2004)

Radyatör ünitesi makineye direkt olarak kenetleme ünitesinin üzerine monte edilir. Yakınlığı nedeniyle tutuş sistemi halıyı ısıtma aşamasından sonra birkaç saniye içerisinde kalıba verebilir. Bu hızlı transfer halının soğumasını veya basınç darbesi sırasında yırtılmasını önler (Şekil 3.26.). Ön ısıtma normal çevrim süresi içinde gerçekleşir.



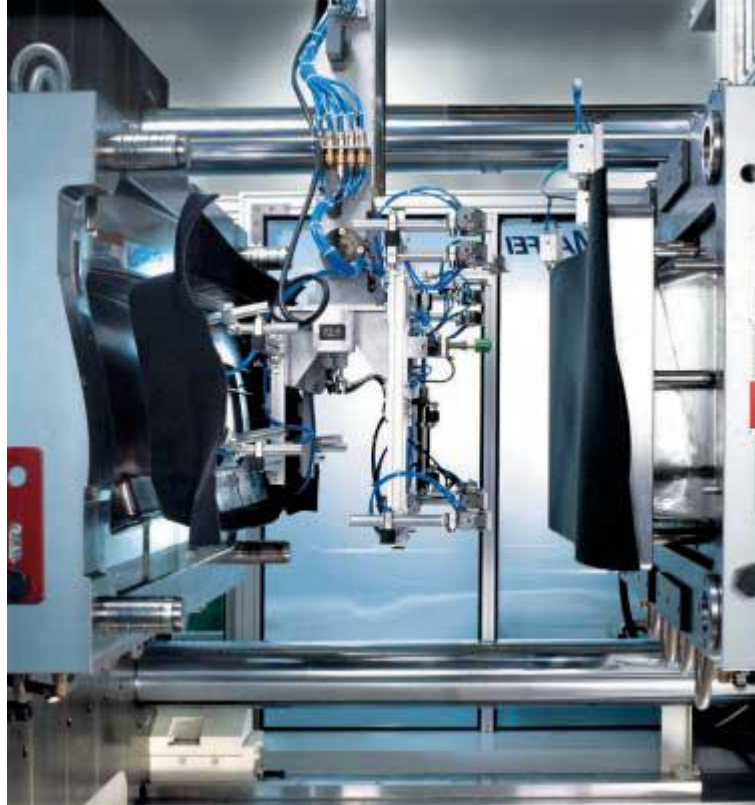
Şekil 3.26. Halıdaki ısıtma ve soğutma davranışları (Mitzler ve ark. 2004)

Geri enjeksiyon yönteminde aslında kalıpların çoğuna ön ısıtma gerekli değildir. Sadece çok derin yüzeylerin olduğu parçaların kalıplanmasında ön ısıtma gerekebilir. Bu da deneylerle kumaşta yırtılmanın olduğu ve çözüm üretilemeyecek olduğu zaman başvurulacak bir yöntemdir (Mitzler ve ark. 2004).

3.2.7.3. Tam tutuş

Çevrim sonunda, bitmiş parça hareket eden kalıp yarımı tarafından çıkarılır. Aynı zamanda yeni ön ısıtması yapılmış kaplama filmi gerdirme çerçevesi üzerine yerleştirilir ve tutucu kısıkaçlarla sabitlenir (Şekil 3.27.). Kullanılan Krauss Maffei Kunststofftechnik GmbH in bir parçası olan Neureder AG'nin lineer robotları tüm verme ve çıkarma sürecini 6 saniyeden kısa bir süre içerisinde yürütürler. Kısa çıkarma süresi sayesinde makineden ideal fayda sağlanır. Robot ve kavrayıcılar özel işlem gereklerine göre tasarlanmaktadır ve kalıp üreticisi ve otomasyon uzmanlarının yakın işbirliği ile geliştirilmiştir. Magazinden beslenirken çift kavrayıcı yığından sadece bir

parça halı almaktadır. Bu amaçla halı kavrayıcının kenarı özel iğne kavrayıcılarla donatılmıştır. Hava basıncıyla hareket ettirilen iğneler açılı pozisyonlarından dolayı halıyı deler ve çengel gibi takılırlar. Bu halının ön ısıtması yapıp kalıba sürülmeden kavrayıcıdan ayrılmasını önler. Kavrayıcının kaldırma tarafı parçayı plastik kısmından kavrayan vakum emicilerle donatılmıştır. Taşıyıcı bandın bırakımı lineer robottaki C-ekseni vasıtasıyla uygulanır (Mitzler ve ark. 2004).



Şekil 3.27. İkili tutucu neredeyse eş zamanlı bir şekilde ön ısıtma uygulanmış halıyı kalıbın içine yerleştirip biten parçayı çıkartıyor (Mitzler ve ark. 2004)

3.2.8. Kaplama filminin kalıp yüzey sıcaklığına etkisi

Kalıp içi kaplama yöntemi, yeni bir kalıplama tekniğidir. Bu kalıplama tekniğinde erimiş polimer, genellikle kalıbın dişi yarımında yerleştirilmiş olan kaplama filmi üzerine enjekte edilir. Bu yöntem, plastik parçalarda enjeksiyon işlemi sırasında kalıp içine kaplama filminin geçirilmesi ile yüzey kalitesinin ve görseelliğin artırılabilmesinden bu yana "Kalıp İçi Kaplama" (KİK) olarak bilinmektedir.

Enjeksiyon baskıdaki temel prensip, sıcak plastiği kalıp içine gönderip kalıp boşluğunun şeklini alarak bu şekilde kalacak kadar, soğuyup sertleşmesidir. Kalıp sıcaklığı, baskı süresini belirleyeceğinden önemlidir. Sıcak kalıpta erimiş plastik kolayca akmasına rağmen, baskının soğuyup kalıptan dışarı atılabileceği sıcaklığa düşme süresi uzar. Bunun tersi olarak, soğuk kalıpta erimiş plastiğin soğuması çabuk olur, bazı durumlarda kalıbı doldurmadan soğuyup sertleşir. Bu iki durum arasında en uygun baskı süresinin elde edilmesi gerekir. Plastik kalıpların ısıtılması ve soğutulması, kalıplanan parçanın kaliteli ve kalıplamanın ekonomik olmasını sağlamaktadır. Enjeksiyon kalıplama metodunda plastik madde daha önce ısıtıldığından, kalıp içerisinde yeniden ısıtmaya gerek yoktur. Ancak, kalıplama süresince enjekte memesinden kalıp boşluğunun dolmasına kadar geçen zaman içerisinde meydana gelecek ısı kaybını önleyici sistem düşünülmelidir. Bu ve benzeri kalıplama işlemlerinde, kalıbın uygun şekilde soğutulması ve parçanın şekil değiştirmeden (zarar görmeden) çıkartılması da önem taşımaktadır. Enjeksiyon kalıplarında kullanılan sıcaklıklar belirli faktörlere bağlıdır. Bunları sıralarsak:

- Baskıda kullanılacak plastik tipine ve çeşidine,
- Kalıp boşluğundaki plastiğin akma uzunluğuna,
- Baskının duvarına,
- Yollukların uzunluğuna vb.

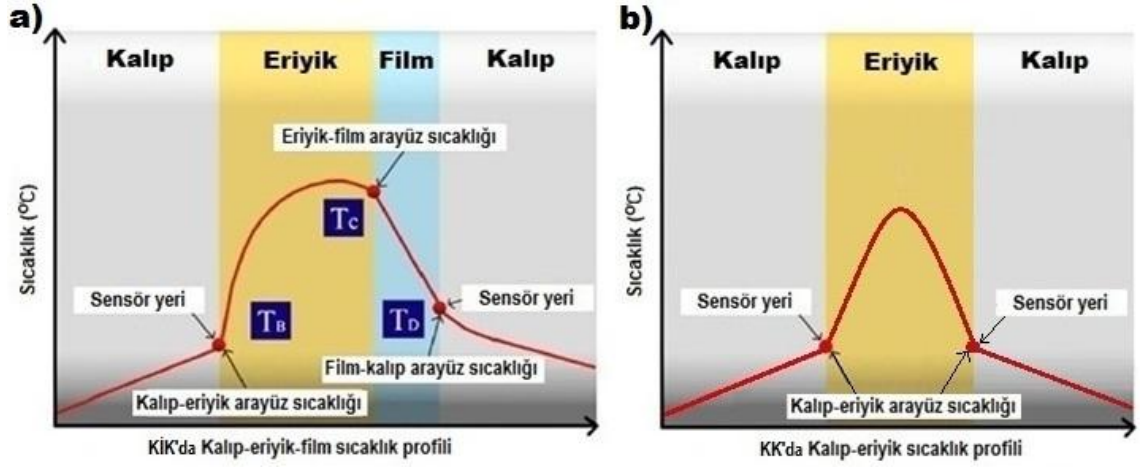
Konvansiyonel kalıplamada kalıp sıcaklığını, kalıbı doldurmak için gerekli sıcaklığın üzerinde tutarak kullanıldığında baskı yüzeyinin güzel olması ve kaynak izinin etkisinin azaltılması gibi durumlar bakımından avantajlı olduğu bilinmektedir. KİK yönteminde ise kullanılan kaplama filmi olayı tamamıyla değiştirmektedir. Misal, konvansiyonel kalıplamada sıcaklıkla ilgili bilinen birçok bilginin ve plastik parçada oluşturacağı birçok dezavantajlı etkinin (baskı yüzey kalitesi ve kaynak izleri gibi) burada giderildiğini söyleyebiliriz. Çünkü yüzey kalitesiyle ilgili endişeler yüzey kaplama işlemi nedeniyle ortadan kalkar, bununla birlikte dış yüzeydeki kaplama malzemesinin var oluşu kaynak izlerini ve oluşabilecek bölgesel çökmeleri örter.

KİK yönteminde enjeksiyon baskısı yapılırken, kumaş kaplanacak parçada kalıp içinde kumaş yerleştirildiği için kalıp dişi yarım duvarı üzerine olan ısı transferine engel olur. Ayrıca, kalıp içinde akış yolu boyunca kumaş yerleştirilmiş dişi yarım yüzeyi ile kumaş

olmayan erkek yarım yüzeyleri arasında sıcaklıkların farklı olmasına neden olur. Kalıp boşluğunda düzgün olmayan ısı transferi, kalıp içindeki sıvı malzemenin hareket yönüne doğru doldurma ve soğutma aşamalarında düzgün olmayan sıcaklık dağılımlarına neden olur (Şekil 3.28. ve Şekil 3.29’da KK ve KİK karşılaştırılıyor). Dengesiz akış ilerlemesi nedeniyle, iş parçası özelliklerinden olan düzgün olmayan kristallik ve yönelim gibi kalıp boşluğu duvarlarındaki simetrik olmayan sıcaklık dağılımı nedeniyle şiddetli çarpılma/gerilme ve diğer etkiler oluşabilir. Kalıp içine yerleştirilen filmin termal etkisi bilinmesine rağmen, kalıp sıcaklık özellikleri alanındaki simülasyon veya ölçümler gibi detaylı araştırmalar henüz yapılmamıştır. Kalıp-polimer ve eriyik-kumaş-kalıp arayüzeyleri arasındaki ısı transferi davranışlarının da bilinmesi gereklidir (Chena ve ark. 2010).



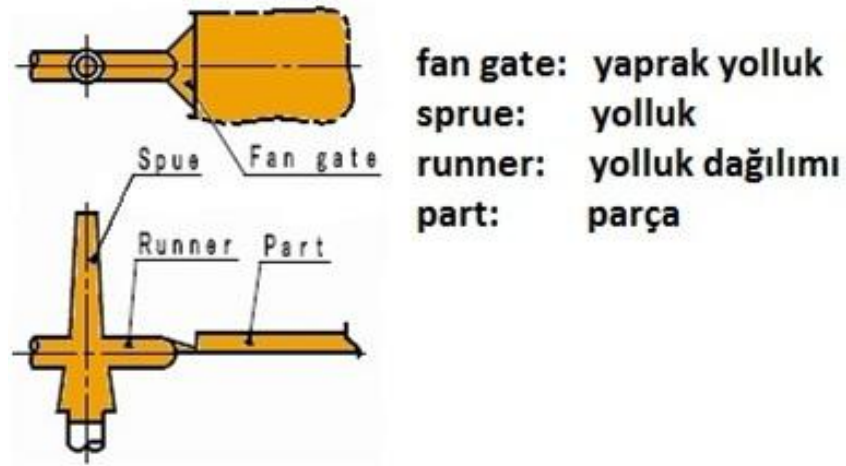
Şekil 3.28. KİK’da simetrik olmayan eriyik akışı (Chena ve ark. 2010)



Şekil 3.29. a) KİK’da simetrik olmayan sıcaklık profili ve b) KK’da simetrik sıcaklık profili (Chena ve ark. 2010)

Chena ve ark. (2010) kalıbın bir yüzüne eklenmiş kumaş nedeniyle dik doğrultuda kalıp duvarında simetrik olmayan kalıp sıcaklık profillerini çıkartmışlardır. KİK enjeksiyon kalıplamasında kalıp sıcaklığının filme etkilerini araştırmak amacıyla, çeşitli soğutucu sıcaklık değişimleri, eriyik sıcaklığı, film malzemesi, film kalınlığı ve film ilk erime sıcaklığı gibi çeşitli koşullar altında polycarbonate (PC) malzeme kalıba enjekte edilmiştir. Kumaşın olmadığı erkek yarım yüzeyi sıcaklığı ve polimer-kumaş ve kumaş-kalıp yüzeyleri, ara yüz sıcaklık deneyleri ile ölçülmüştür.

KİK deneylerinde kullanılan malzeme Polycarbonate (PC) dır. General Electric Plastics tarafından sağlanmış ve özellikleri 1191,5 kg/m³ yoğunluk, 0,22 W/m- ° C ısı iletkenlik ve 2100 J/kg- ° C özgül ısı (Lexan HF1130). Kalıp 7850 kg/m³ yoğunluk, 31,5 W/m- ° C ısı iletkenlik ve 501,6 J/kg-° C özgül ısı ile P20 Çelikten (Böhler) yapılmıştır. 1.2 mm-98.5mm-98.5mm boyutlarında plakalar, bir Sodick HSP100EH2 Japon enjeksiyon makinesinde kalıp enjeksiyonu yapılmıştır. Kalıpta 20mm uzunluğunda ve girişi 1mm'ye 27mm fan tipi giriş yolluğu (fan-shape gate), ve boyutları başlangıç çapı 5.5mm ile bitiş çapı 7mm olan yolluk (sprue runner) kullanılmıştır (Şekil 3.30.).



Şekil 3.30. Yaprak yolluk, yolluk, yolluk dağılımı ve parça görüntüsü

KİK enjeksiyon şartları Çizelge 3.4.'te listelenmiştir. Enjeksiyon hızı, dolum süresi, ütüleme basıncı ve ütüleme süresi sırasıyla girilmiş 100 mm/s, 0.306 s, 100 MPa, ve 1 saniye. Eriyik sıcaklığının 280°C den 310°C'ye 15°C'lik artışlarla erime sırasında ilgili etkisini araştırmak için soğutma suyu sıcaklığı kalıp sıcaklık kontrolü cihazı (BYCW-021410FS, Taiwan) yardımıyla, 75°C 'den 95 °C'ye 10°C artırılmıştır.

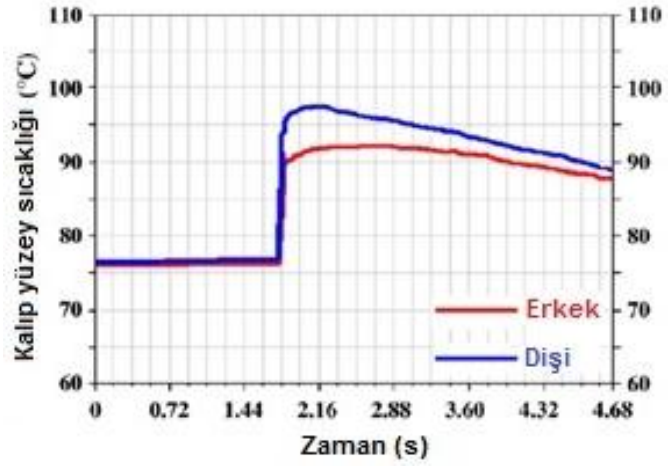
0,175 mm kalınlığında PC film kullanılmış ve sırasıyla kalıp dişi tarafına tutturulmuştur. Kalıp sıcaklığı ve ilgili etkisi üzerine ortak etkileri araştırılmıştır. Kullanılan PC filmin yoğunluğu 1250 kg/m³, ısı iletkenliği 0.207 W/m-°C ve 1224 J/kg-°C özgül ısı değerleri vardır. Şekil 3.37.(a)' da gösterilen üç bölgedeki sıcaklıklar, KİK işleminde kalıp boşluğundaki eriyik malzemenin hareket yönü boyunca kalıp yüzey sıcaklığı üzerinde filmin yavaşlatıcı etkisini değerlendirmek için referans olarak seçilmiştir. Birinci sıcaklık T_B , kalıp ve polimer arayüzeyindeki sıcaklıktır. T_B konvansiyonel enjeksiyon işlemlerinde olduğu gibi yaklaşık aynı yüzey sıcaklığına sahiptir. İkinci sıcaklık T_C , polimer ve film arayüzeyindeki sıcaklıktır. T_C arayüz sıcaklık değerini KİK boyunca bulunduğu konumu gereği ölçmek zordur. Üçüncü sıcaklık T_D , film ve kalıp ara yüzeylerindeki sıcaklıktır. Bu bölgedeki sıcaklık şartları konvansiyonel enjeksiyona göre özel sıcaklık sınırlarına sahiptir. T_C sıcaklığı özel bir bölgededir KİK işlemi sırasında ara yüzey sıcaklığını ölçmek çok zordur. T_B ve T_D

değerleri deneysel ölçüm ve sayısal simülasyonlar ile sağlanabilirken, T_C sadece simülasyon yöntemleri ile belirlenebilir.

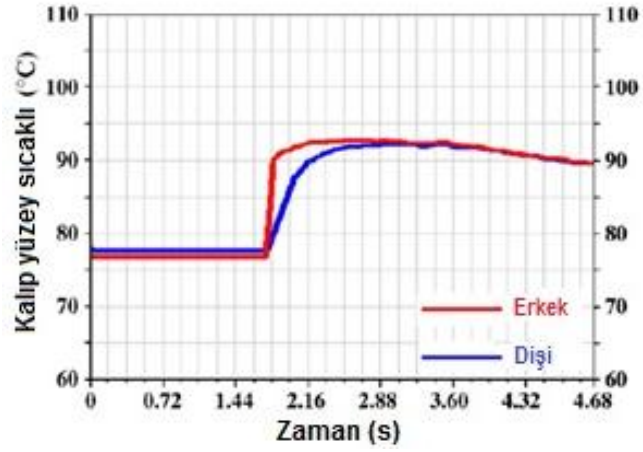
Çizelge 3.4. KİK enjeksiyon proses parametreleri (Chena ve ark. 2010)

Kalıp Sıcaklığı (°C)	75, 85, 95
Eriyik Sıcaklığı	280, 295, 310
Enjeksiyon Hızı (mm/s)	100
Ütuleme Süresi (s)	1
Ütuleme Basıncı (Mpa)	100
Dolum Zamanı (s)	0.306

Kalıp-polimer arayüz sıcaklığı ve film-kalıp arayüz sıcaklığı, sıcaklık sensörleri (PRIAMUS'dan Tip: 4003B) ile ölçülmüştür. KİK işlemi sırasında sıcaklık değişimini izlemek için merkezi yerde 1mm çapında iki sıcaklık sensörü, dişi ve erkek kalıp yarımlarına gömülmüştür. Şekil 3.31. ve Şekil 3.32. sırasıyla, KK ve KİK enjeksiyonunun tipik sıcaklık profillerini göstermektedir. Sıcaklık profillerindeki uyumsuzluk, erkek ve dişi kalıp yarımlarının farklı kalitede çeliklerden oluşmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin, yolluk sisteminin varlığı, soğutma sistemini kalıbın iki tarafı için simetrik tasarlanmasına rağmen dişi tarafı yüzey sıcaklığının yüksek çıkmasına yol açar. Bu uyumsuzluğa rağmen, filmin etkisini dişi tarafın filmli ve filmsiz olmak üzere maksimum yüzey sıcaklığına bakarak tespit edilebilir. Bu durum Şekil 3.33.'de açıkça gösterilmiştir. Konvansiyonel enjeksiyonda, kalıp yüzey sıcaklığı dolum zamanında eriyiğin kalıp yüzeylerine temas etmesiyle artacaktır. KİK enjeksiyon yönteminde, film kalıp yüzeyine olan ısı tranferini daha yavaş bir artış ile geciktirir. Sonuç olarak, kalıp yüzey sıcaklığı filmli ve filmsiz kalıplandığında tepe sıcaklık değerinde bir fark mevcuttur. Şekil 3.33.'de bu sıcaklık farkı, gecikmeye bağlı sıcaklık düşüşü (retardation-induced temperature drop, RTD) olarak belirlenmiştir (Chena ve ark. 2010).



Şekil 3.31. KK işlemi sırasında dişi ve erkek kalıp yüzeylerinde sıcaklık profillerinin deneysel ölçümü (Chena ve ark. 2010)



Şekil 3.32. KİK enjeksiyon işlemi sırasında dişi ve erkek kalıp yüzeylerinde sıcaklık profillerinin deneysel ölçümü (Chena ve ark. 2010)



Şekil 3.33. Dişi kalıp yarım yüzeyinde, KİK ve KK’da gecikmeye bağlı sıcaklık düşüşü (Chena ve ark. 2010)

3.2.9. Kaplama kumaşının özellikleri

Geri enjeksiyonla kalıplanmış parçalarda kullanılan kumaşlar deforme olma, dirençlilik, kullanışlılık, ışığa karşı direnç ve eskime direnci konularında özel gereklilikleri karşılamak zorundalar. Kompleks üç boyutlu tasarımlar söz konusu olduğunda kumaşın esnekliği de önemlidir. Kalıp içi kaplama ancak kaplama filmi malzemesi arzu edilen üç boyutlu şekli alabilecek esneklikte olduğunda iyi sonuçlar vermektedir. Düz dokuma bir kumaş kompoziti için önerilen minimum gerilme değerleri Çizelge 3.5.'te gösterilmiştir. Kaplama filmi malzemesi arzu edilen üç boyutlu şekli alabilecek esneklikte olmalıdır (Mitzler ve ark. 2003).

Çizelge 3.5. Kalıp içi kumaş kaplamada kullanılan tekstilin minimum gerilme değerleri (Mitzler ve ark. 2003)

Minimum uzayabilirlik değerleri		
	Boyuna önerilen minimum gerilme değerleri (çözgü)	Enine önerilen minimum gerilme değerleri (atkı)
25 N'da	3,0 %	3,0 %
50 N'da	6,0 %	5,0 %
100 N'da	10,0 %	8,0 %

3.2.9.1. Kaplama malzemesi seçimi işleme metodu belirlenmesinde etkilidir

Hassas kaplama filmi malzemeleri kategorisi çoğu farklı kumaşın yüzeyleri ve ilaveten sıklıkla bir köpük malzeme ile desteklenen pürüzlü film yüzeyleri içerir. Kaplama ve bunun için kullanılan malzemelerin yapısı merkezi bir rol oynar.

Basınç ve sıcaklık yüklerine karşılık gelen yüksek esneme ve direnç gereksinimlerini karşılamak için çoğu kaplama filmi gerektiğinde ek koruma tabakalarını da içerebilen birçok katmandan oluşmaktadır (Çizelge 3.6.) (Mitzler ve ark. 2000).

Çizelge 3.6. Farklı dekorasyon malzemelerinin tasarımı (Mitzler ve ark. 2000)

	Kalınlık (mm)	Ham madde malzemeleri	Görevi
Üst malzeme	Tekstil: 1 ... 4	PP, PET, TPO, PVC	Kaplama-Dekorasyon
Köpük katmanı	1 ... 5	PP, PET	Yumuşak dokunuş, Isı yalıtımı
Alt malzeme	Örgüsüz: 1 Örgülü kumaş: 0,5 ... 1	PP, PET	Isı yalıtımı, Stabilitate, Yapışıklık
Plastik alt tabaka	2 ... 3	PP, ABS, PC/ABS	Yüzey stabilitesi

En sık alt tabaka olarak kullanılan plastik polipropilen (PP) dir. Akrinonitril butadiyen sitren (ABS) ve ABS+PC karışımları daha düşük akış özellikleri ve daha yüksek eriyik sıcaklıkları nedeniyle daha az kullanışlıdır. Kaplama filmini aşırı yüksek kalıp basınçlarından korumak için farklı enjeksiyon kompresyon kalıplama işlemleri kullanılır. İşlem sıralamaları kalıplanan malzemelerin istenen profil ve kalıp tasarımına göre ayarlanır ve farklı sonuçlar doğurabilir. Decoform işleminde kaplama filmi olabildiğince az yüklenir.

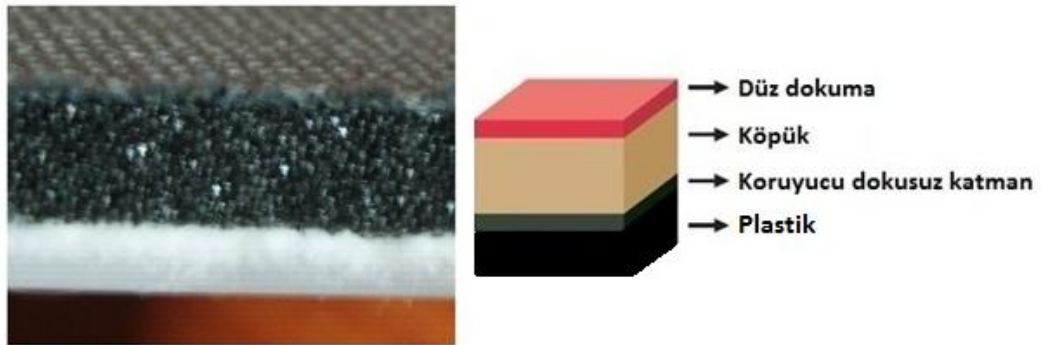
3.2.9.2. Kumaşlar ve makinelerde özel ihtiyaçlar

Opel Corsa kapı giydirmesi yumuşak dokunuş özellikleri olan bir kumaşa sahip olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 3.34.). Bunun için otomotiv sistem tedarikçisi Faurecia kapı giydirmesini kalıp içi kaplama yoluyla yapacak bir işlem geliştirmek için Krauss-Maffei ile işbirliği yapmıştır.



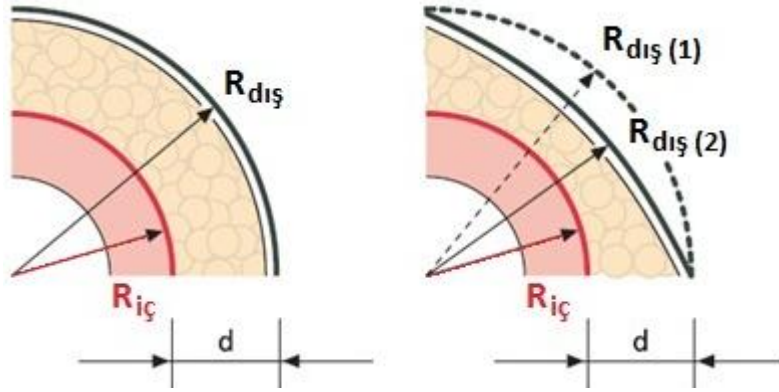
Şekil 3.34. Opel Corsa kapı paneli (Mitzler ve ark. 2003)

Kumaş kaplama filmi 2-5 mm kalınlığında bir kapalı hücre poliestere üretilen köpük katmanına sıcaklık laminasyonu ile yapılmıştır. Köpük katmanının arka kısmı (örneğin: PP desteğinin parça üretimi sırasında geri-kalıplandığı görünmeyen taraf) iğne delikli dokusuz bir katmandan ibarettir. Bu dokusuz katman poliesterden oluşmuş ve plastik tabakanın döşeme malzemesine sağlam bir şekilde kenetlenmesini garantilemektedir (Şekil 3.35.). Ayrıca köpük katmanını kalıp içi kaplama işlemi sırasında termoplastik eriyikte hâkim olan basınç ve sıcaklıklardan korur.



Şekil 3.35. Farklı kaplama malzemelerinin temel tasarımı (Mitzler ve ark. 2003)

Köpük bu ortam koşullarına maruz kalırsa çökebilir veya mekanik hasara uğrayabilir. Yapılmış hazırlık testleri, kalıp içi kaplamanın baskı ve sıcaklıklarına dayanabilmesi için köpüğün en az 60 kg/m^3 yoğunluğa sahip olması gerektiğini göstermiştir. İç giydirme tasarımının önemli bir boyutu da geri enjeksiyonla kalıplanmış parçalarda oluşturulabilecek yarıçapla ilgilidir. Elde edilebilir yarıçaplar geri enjeksiyonla kalıplama öncesi ve sonrası kaplama filminin yapısı ve kalınlığı genel geometriye göre değişmektedir. Kalıplanmış parçaların yarıçaplarının teorik modelleri elde edilebilir dış yarıçapın, elde edilebilir iç yarıçap ve kaplama malzemesinin kalınlığının toplamı olduğunu göstermektedir. Geri enjeksiyonla kalıplamada dış yarıçapı, dişi plakanın yarıçapı, kumaşının basınçlanabilirliği (compressibility) ve sahip olduğu gevşeme özellikleri verir (Şekil 3.36.).



Şekil 3.36. Geri-kalıplanmış parçada yarıçap: Teorik olarak mümkün dış radyüs, iç radyüs ve kaplama filmi kalınlığının toplamıdır (soldaki resim). Kalıp içi kumaş kaplamada dış radyüse, dişi plakanın radyüsü ve kaplama filminin basınçlanabilirliği etki etmektedir (sağdaki resim) (Mitzler ve ark. 2003)

Kalıp içi kaplama Opel Korsa kapı yan panelleri için polipropileni iki farklı düz dokuma kumaşa ve daha yüksek kalite yuvarlak tüp biçimli kadife benzeri bir kumaş yüzeyine geri enjeksiyon kalıplama yapılarak kullanılmıştır. Her iş günü yaklaşık 1600 ünite üretilmiştir. Kalıplanmış parçaların yapı, birim alana düşen ağırlık ve yumuşak dokunuş özellikleri hakkında detaylı bilgi Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

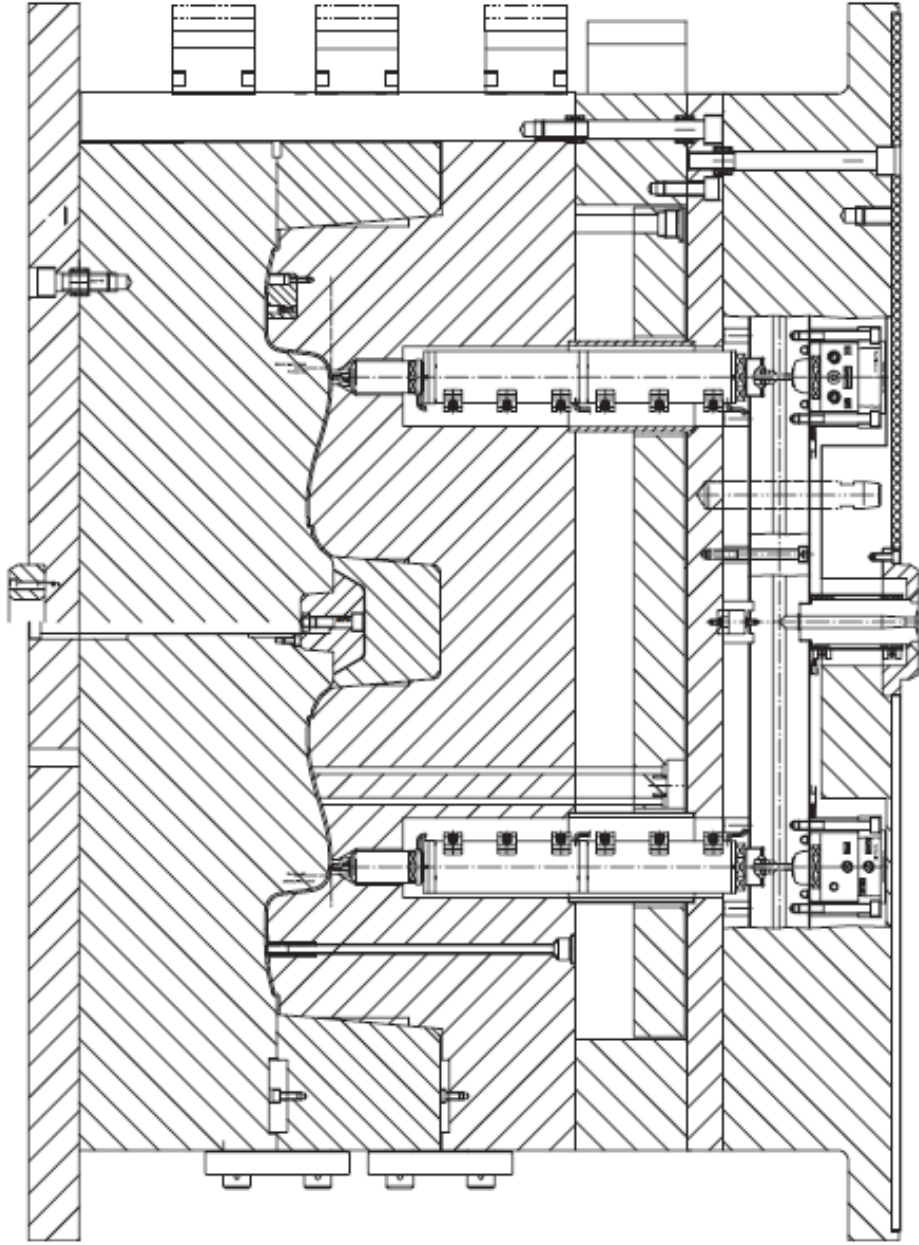
Çizelge 3.7. Yeni Opel Corsa'nın iç görünümünde kullanılmış üç kaplama malzemesi (Mitzler ve ark. 2003)

Kaplama malzemesi özellikleri					
Kaplama malzemesi türü			Düz dokuma kumaşı	Tüp biçimli kumaş	Düz dokuma kumaşı
Kaplama malzemesi	Birim alana düşen ağırlık	g/m ²	280 (+30/-15)	280 (+30/-15)	330 (+40/-20)
	Kalınlık	mm	1,2	1,5	1,2
Köpük	Ham yoğunluk	kg/m ³	60 (+/-4)	60 (+/-4)	60 (+/-4)
	Renk		Gri - Siyah	Gri	Gri
Dokusuz koruyucu katman	Ham yoğunluk	g/m ²	150	130	130
	Renk		Siyah	Siyah	Beyaz
Yapı	Birim alana düşen ağırlık (dokusuz hariç)	g/m ²	420 (+40/-20)	420 (+50/-35)	480 (+50/-25)
	Kalınlık	mm	3,0	3,8	3,5
Yumuşak dokunuş	Girinti derinliği GME 60246-A2* 'den adapte edilmiştir.	mm	0,2 - 0,6	0,5 - 1,0	0,2 - 0,6
	2mm girinti derinliğinde kuvvet	N	35 - 45	15 - 25	30 - 40

*Sapmada test şartları: Unsur 6.4: Önyük: 0.5 N, Unsur 6.5: Test yükü: 9.5 N, Önyük: 0.5 N, Genel yük: 10 N

Üretim işlemi ile ilgili önemli bir detay da işleme sırasında farklı uzayabilirlikler sergilemelerine rağmen üç kaplama malzemesinin de geri-kalıplamasının aynı kalıpta (Şekil 3.37.) gerçekleştirilmesi olmuştur. Tüp biçimli daha elastik iken düz dokuma kumaşlar nispeten daha sert davranış göstermektedir.

Faurecia firması bu karmaşık işlerde özel amaçlı bir makinenin kullanılması gerekliliğini ön görmüş ve Krauss-Maffei makine üreticisinin standart yatay enjeksiyon kalıplama makinalarının farklı tipteki kaplama malzemelerinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde düzenlenmesi gerektiğini belirtmiştir (Mitzler ve ark. 2003).



Şekil 3.37. Kalıp içi kumaş kaplama kalıbı: Opel Corsa'nın tek kalıpta sağ ve sol kapı kaplama kalıbı (Mitzler ve ark. 2003)

3.2.10. Kaplama filmi ve eriyiğin yapışma teknikleri

Dekoratif etkinin beklenen zaman kadar sürmesini sağlamak için, parça ve kaplama arasında yapışmayı sağlamak gereklidir. Kaplama malzemesinin parçaya yapışmasını sağlamak için kalıp içi kaplama tekniklerini kullanırken, uyumlu malzemeler seçilmelidir (Love ve Goodship 2002).

3.2.10.1. Uyumlu malzemeler

Eğer malzemeler uyumlu ise, ya kimyasal olarak çok benzer ve Brown hareketi-devinimi (parçacıkların sıvılarda ve gazlardaki toz benzeri parçacıkların hareketine, havayı oluşturan "görünmez" moleküllerin çarpması olarak bilinmektedir) sebebiyle kolayca karışabilirler ya da türler arasındaki hidrojen bağlanması gibi ikincil güçler yüzünden birbirlerini etkilerler. Termodinamik olarak analiz edildiğinde her halükarda ikisi de negatif olan Gibbs Serbes Enerjiye (bileşik ve karışımların elementel veya birleşik haldeki ana birleşenlerinden üretilmesi sırasında ortaya çıkan ya da ortamdan alınan enerji) sahiptir. Uyumluluk tabloları, eriyik bağlantıya konduğunda hangi dış katman ve çekirdek kombinasyonunun birbirine yapışacağını tahmin etmek için uygundur. Boya malzemelerinin çekirdek gibi aynı malzemeye bağlı olduğu Çizelge 3.8.'de bir örnek verilmiştir (örneğin: poliamit). Uyumlu olacakları ve yapışmayı sağlamak için başka bir mekanizmaya gerek olmayacağı tahmin edilebilir. Fakat uyumluluk tablolarının genelde tamamlanmamış olduğu, görünüme bakılırsa çelişkili bilgi verdiği ve bir malzemenin tüm aşamaları için güvenilir olmadığından deneysel olarak her zaman doğrulanmalıdır (Love ve Goodship 2002).

Çizelge 3.8. Malzemelerin uyumluluk tablosu (Love ve Goodship 2002)

	ABS	ASA	EVA	PA6	PA66	PBT	PC	PE-HD	PE-LD	PET	PMMA	POM	PP	PPOMod	PS-GP	PS-HI	SAN	TPU
ABS	+	+	+			+	+	-	-	+	+	-	-	-	*	*	+	+
ASA	+	+	+			+	+	-	-	+	+	-	-	-	*	-	+	+
EVA	+	+	+					+	+				+		+	+	+	
PA6				+	+	*	*	*	*			-	*	-	-	-	+	+
PA66				+	+	*	*	*	*			-	-	-	-	-	+	+
PBT	+	+		*	*	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+
PC	+	+		*	*	+	+	-	-	+		-	-	-	-	-	+	+
PE-HD	-	-	+	*	*	-	-	+	+	-	*	*	-	-	-	-	-	-
PE-LD	-	-	+	*	*	-	-	+	+	-	*	*	+	-	*	-	-	-
PET	+	+				+	+	-	-	+	-	-		-	-	-		+
PMMA	+	+				-		*	*	-	+		*	-	-	-	+	
POM	-	-		-	-	-	-	*	*	-		+	-	-	-	-	-	
PP	-	-	+	*	-	-	-	-	+		*	-	+	-	-	-	-	-
PPOMod	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	*	-
PS-GP	*	*	+	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	+	+	+	-	-
PS-HI	*	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
SAN	+	+	+	+	+	+	+	-	-		+	-	-	*	-	-	+	+
TPU	+	+		+	+	+	+	-	-	+			-	-	-	-	+	+
- Yapışma olmaz, * Zayıf yapışma, + İyi yapışma																		

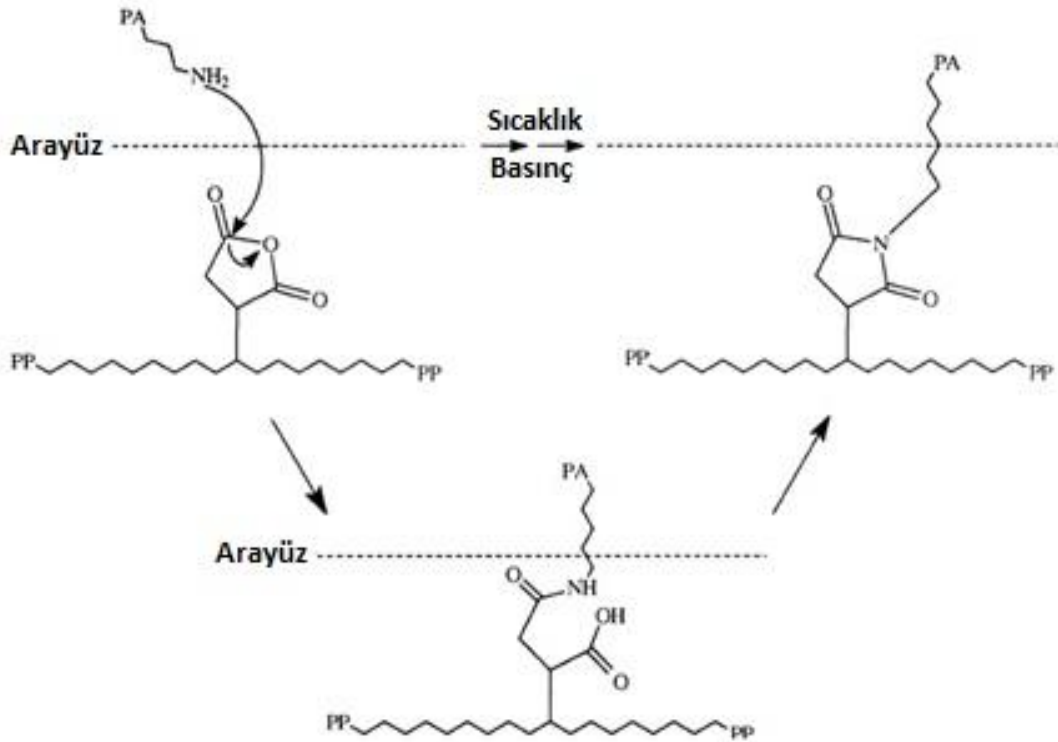
3.2.10.2. Kimyasal uyumluluk

Bu polimerler birbirleri ile erime teması içerisindeyken, uyumlaştırıcılar iki uyumsuz polimer yüzeyinin karşısındaki yapışma kimyasal olarak eklenebilir. Örneğin, eşzamanlı koenjeksiyon kalıplamada bulunan koşullarda (çoklu malzeme kalıplama). Bu uyumlaştırıcı malzemeler aslında polimer karışımları hazırlamak için kullanılıyor ve karışımları elde etmek için kullanılan aynı malzemeler normalde, kalıp içi kaplama için başarılı bir şekilde kullanılabilir.

Kimyasal uyumluluk, kimyasal bir uyumlaştırıcının bir ya da her iki malzemeye olan ilavesine dayanır. PP (polipropilen) ve PA (poliamid) durumlarında, bu tepkisel türlerle aşılınmış bir polimer olabilir. Örneğin, polipropilen veya uygun bir kopolimer ile aşılınmış maleik anhidrit (PP-g-MA). Uyumlaştırıcılar, bazılarının bir polimerle, bazılarının diğer polimerle karışabilir olduğu, kimyasal olarak farklı bölümlere sahiptir.

Kalıp içi kaplama için kullanıldığında, bunlar kimyasal olarak iki çeşit polimeri birbirine yapıştırmak için kalıp sürecinin sıcaklık ve basınç uygulamasına tepki gösterir.

PP' i PA ile yapıştırmak için kullanılan PP-g-MA reaksiyonu Şekil 3.38.'de gösterilir. Kalıplamadan önce PP-g-MA, PP ile kolayca karışır ve PA ile enjekte edildiğinde, uyumlaştırıcının anhidrit grubu, iki malzeme arasında kimyasal bir yapışma sağlamak için, Şekil 3.38.'de gösterildiği gibi, PA' teki terminal amin grubu ile reaksiyona girer (Love ve Goodship 2002).



Şekil 3.38. PP/PA arayüzeyinde PP'nin melaik anhidrit aşılması ve PA'nın amine grubu ile aşılmasının reaksiyonu açıklanmaktadır (Love ve Goodship 2002)

Ana yüzeydeki kimyasal reaksiyon için uygun olan yer sayısı, aşılana uyumlaştırıcının ağırlığı ve erime temas zamanı, başarılabilecek yapışma gücünü etkiler. Oluşturulan yapışma, uyumlu malzemelerin eşzamanlı koenjeksiyon kalıplaması sırasında oluşturulanlardan daha az güçlüdür. Fakat kalıp içi kaplamadaki enjeksiyon ihtiyacı için yeterince güçlü bulunmuştur.

Sadece uyumlu ve uyumlaştırılmış malzemelerle yapılan kalıp içi kaplama parçaları, tüm parça granüle edilebildiğinden kolayca geri dönüşümü sağlanabilir.

3.2.11. Otomasyonla ekleme ve çıkarma

Biten parçaların kalıptan otomatik çıkarımının nedeni ağırlıklı olarak yüzeylerini korumak ise de, bu uygulamada kalıplanacak malzemenin otomatik taşınması ve kalıba beslenmesi gereklidir.

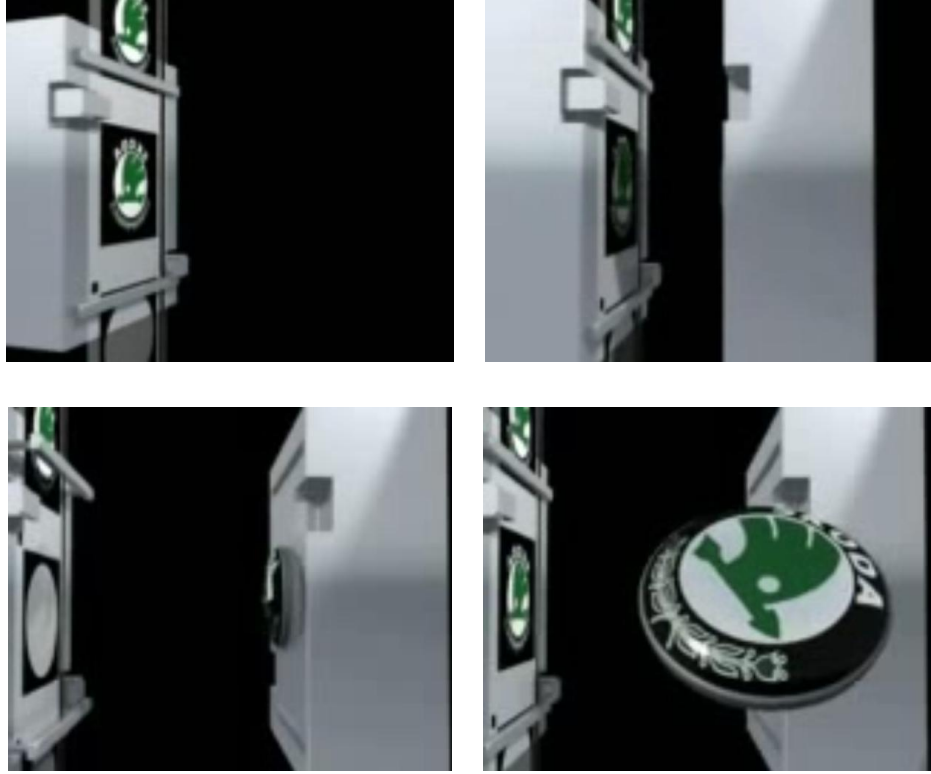
Otomasyon işlemi temelde üç değişik yöntemle kaplama filminin kalıba taşınması ile başlar:

- 1-Rulodan direkt kalıba aktarılarak kalıbın kapanmasıyla birlikte kesilmesi,
- 2-Rulodan kaba kesimi yapılarak kalıba taşınması,
- 3-Daha önceden istenen formda kesilerek kalıba taşınması.

Bu üç yöntem konunun devamında şekiller yardımıyla gösterilmiştir (Şekil 3.39., Şekil 3.40., Şekil 3.41.).

Döşemeyi kesilmiş ve istiflenmiş halde vermenin şu avantajları vardır:

- Çevre kesmesi yapılarak malzemenin iyi kullanılması sağlanabilir, böylece kumaş sarfıyatı azalır.
- Kaplama filmi, magazine daha sonra tekrar yerleştirme gerektirmeyecek şekilde tam yerleştirilebilir;
- Kaplama filmi düz bir şekilde durur ve eklemekten hemen önce rulodan gelip kesilen sarılmış malzemedeki gibi kambur durmaz;
- Kalıbın sadece birkaç basit tutucuya ihtiyacı vardır;
- Kısa sıkıştırma mesafesi,
- Basit tutuş işlemleri,
- Yer tasarrufu.



Şekil 3.39. Rulodan direkt kalıba aktarılarak kalıbın kapanmasıyla birlikte kesilmesi



Şekil 3.40. Rulodan kaba kesimi yapılarak kalıba taşınması (Michael 2007'den alınmıştır)



Şekil 3.41. Daha önceden istenen formda kesilerek kalıba taşınması (Battenfeld'den alınmıştır)

4. BULGULAR

Kalıp içi kaplama, kumaş kaplamalı parçaların üretiminde ekonomik bir yöntemdir. Ancak hala, özellikle kalıplamanın boyutu belirli sınırları aşarsa, kaplama filminin hasarı gibi kalite problemleri vardır. Bu hasarın sorumlusu yüksek kalıp boşluğu basıncı ve eriyik sıcaklığıdır.

Özellikle kalıp boşluğu basıncı basınç/sıkıştırma yönteminin kullanımı ile düşürülebilmektedir. Dahası deneyler gerilme süresinin nihai parça kalitesi için önemli bir parametre olduğunu göstermektedir. Basınç/Sıkıştırma kalıplaması ile konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplama kıyasla kalıp boşluğu basınçlarını ve aynı zamanda gerilme süresini düşürmek mümkündür. Simültane sıkıştırma kullanımı ile gerilme süresinin daha da düşürülmesi mümkündür. Bu seçenekle kalıp içi kaplamanın kalitesinde daha fazla iyileşme görülür. Basınç/Sıkıştırma işleminin bilhassa sıkıştırma boşluğu ve sıkıştırma hızı parametreleri değiştirilerek optimizasyonu mümkündür.

Decoform varyantının burada anlatılan en önemli faydası ayrı ön baskılamayı tamamen ekarte etmesidir. Bunun yerine halılar kalıp içine alınmak için beklerken kalıp üstünde yerleştirilmiş kızılötesi radyatörlerle ısıtılır ve direkt üç boyutlu bir şekli alabilmesi için uygun hale getirilir. Bu yüzden tüm süreç için yatırım maliyetleri bir termoform bandı ile ön baskılamadan daha düşüktür. Ayrıca geri enjeksiyon makinesi benzer kaplama işlemlerine oranla çok daha az alanı kaplar. Geri enjeksiyon işlemi ile lojistik genel giderler minimuma iner. Ön baskılanmış halıların magazine taşınmasına gerek yoktur. Makinede halıların tedariki büyük ölçüde basitleşmiştir. Eriyik katman bırakımı kalıplaması ile kalıp içi kaplamaya oranla işlem daha yeniden üretilebilirlikle vasıflandırılmıştır.

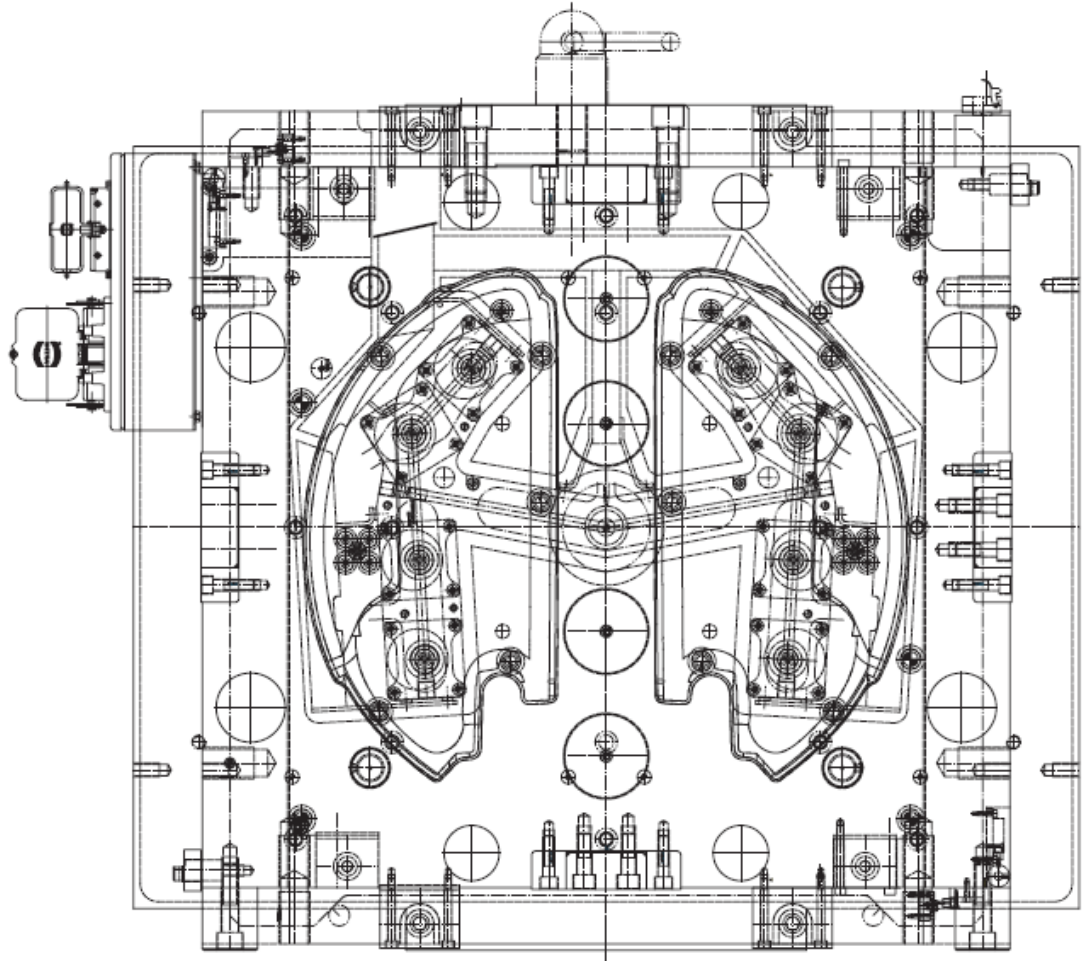
Sıcak yolluk ve ardışık enjektör memeleri ile miktar ağırlığı ve ağırlık dağılımı her zaman sabittir. Geri enjeksiyon işleminde, eriyik basınçları nispeten düşük olduğundan kaplama filmi sadece mekanik olarak az miktarda gerilir. Düşen lojistik genel giderleri ve gelişmiş işlem güvenilirliği eriyik katman bırakımına oranla büyük ölçüde azalan red kotaları ile sonuçlanır. Bir diğer avantaj da enjeksiyon makinesinin esnekliğinde yatmaktadır. Enjeksiyon sıkıştırma tarafının basit seçimi ile makine düşük basınç

teknolojisi için standart enjeksiyon kalıplamada kullanıldığı kadar kolay bir şekilde kullanılabilir.

Geri enjeksiyon işleminde eriyik malzeme, açık kalıptan içeriye çok düşük bir basınç yardımıyla enjekte edilir. Bu basınç 100 barın altındadır. Doldurma işlemi biter bitmez; sıkıştırma işlemine geçilmektedir. Yatay enjeksiyon makinesi kullanılmakta ve basma işlemi basınç kontrollü olarak yapılmaktadır.

4.1. Kaplama Kumaşı İle İlgili Bulgular

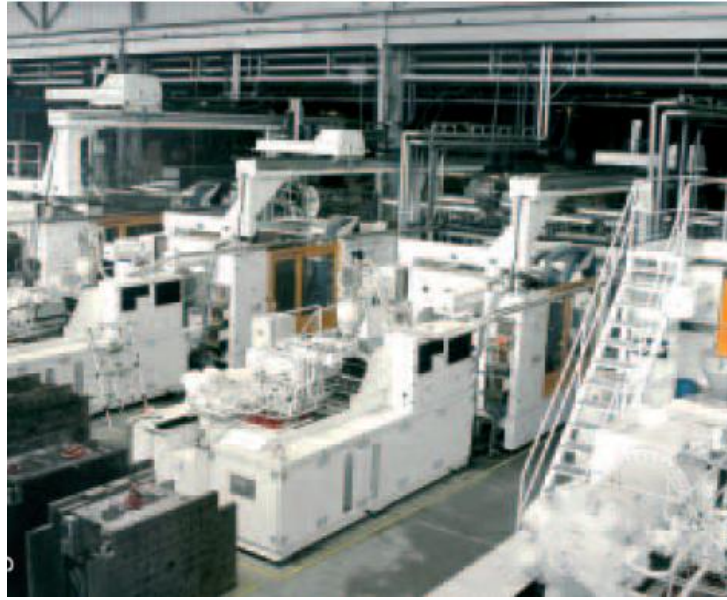
Kaplama malzemelerinin farklı uzayabilirlik problemi kalıbın erkek tarafına monte edilmiş hidrolik bir kenetleme çerçevesinin kullanımı ile çözülmüştür. Bu tüm kaplama malzemelerinin aynı kalıpta işlenmesini sağlamaktadır. Erkek tarafı sabit kalıp yarısıdır. Sadece hidrolik kenetleme çerçevesini değil, ayrıca sıcak yolluk sistemi ve iticileri de içermektedir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Kalıbın erkek tarafı: Kesit sayesinde kalıbın sıcak yolluk sistemi ve hidrolik kenetleme çerçevesi gösteriliyor (Mitzler ve ark. 2003)

Üretim çevrimi bir robotun kırılmış kaplama malzemesini hareket eden kalıp yarısına, dişi plaka denen kısma vermesiyle başlar. Kalıp kapandığında kenetleme çerçevesi hidrolik olarak ilerler ve böylece kaplama malzemesi ilk onunla temas kurar. Daha sonra kalıbın erkek tarafı kaplama malzemesine baskı yaparak şeklini üç boyutlu hale getirir. 4 hidrolik ile harekete geçen kenetleme çerçevesi ve dişi plaka arasındaki temas basıncını düzenler ve böylece düzenlenecek şekil değişikliği esnasında kırılmış malzemenin kayma ölçüsünü sağlar.

Buruşmayı önlemek için kenetleme çerçevesinin çıkardığı temas basıncı kaplama malzemesinin uzayabilirliğine eşleştirilir. Şekillendirme sürecinde kenetleme çerçevesi ve dişi plaka arasındaki basınç Krauss-Maffei tarafından özellikle geliştirilmiş bir kenetleme çerçevesi kontrolü (Decoform) yardımıyla sonsuz kez ayarlanabilir. Standart erkek valf çekiciler buna imkân vermez. Krauss-Maffei bu yüzden özel hidrolik üniteler ve kenetleme çerçeve sistemleri için kullanımı kolay bir yazılım geliştirmiştir. Bu farklı ölçülerde uzayabilirlikleri olan döşeme malzemelerini tek bir kalıpta işlemeyi mümkün kılan belirleyici özelliktir. Decoform kenetleme çerçeve kontrolü MC (Şekil 4.2.) ve C serisindeki tüm makinelere uyarlanabilir.



Şekil 4.2. Faurecia’ daki kapı ve kapı geçme parçalarının üretimi için Krauss-Maffei MC serisi enjeksiyon kalıplama makineleri, Tarazona/İspanya (Mitzler ve ark. 2003)

Kalıbı kapatmak enjeksiyon işlemini başlatır ve kaplama malzemesi PP ile geri kalıplanır. Geri kalıplama hassas kaplama malzemesinde hasar oluşmaması için en düşük kalıp boşluğu basıncında yapılmalıdır. Basınç gerilimi çok yüksek olduğunda köpük çöktüğü için entegre köpük tabakalarının mevcudiyeti yumuşak dokunuş kaplama malzemesini işlemesi oldukça zor bir hale getirmektedir. Ayrıca, akış çizgileri kaplama malzemesi yüzeyinde gözle görülebilir düzensizliklere neden olabileceklerinden bunlardan kaçınılmalıdır. Bunun nedeni akış önlerinin kalıp boşluğu

eriyikle doldurulurken kaplama malzemesini hafifçe öne doğru itmesidir. Akış önleri kalıpta bir araya geldiğinde kaplama kumaşında kırışıklıklar oluşabilir.

Aşırı yüksek kalıp boşluğu basınçları ve akış çizgilerinin oluşumunun önlemek için yumuşak dokunuş kaplama malzemelerinin geri kalıplamasında ardışık enjeksiyon kalıplama (cascade injection moulding) kullanılır. Kalıp boşluğu her biri hidrolik kontrollü iğne sübabıyla donatılmış 4 entegre sıcak yolluk enjektör memesinden oluşur. Enjeksiyon işlemi ilk olarak üstteki memenin açılması ile başlar. Bu noktadan sonra eriyik kalıp boşluğunu doldurmaya başlar. Eriyik diğer memeye vardığında iğne sübaplar onu bağlamak için açılır. Aynı zamanda üst meme tekrar kapanır. Bu doldurma işlemi üçüncü ve dördüncü meme için de tekrarlanır. Bu enjeksiyon sıralaması herhangi bir akış çizgisi oluşturmaz ve birçok noktada yolluklama gerçekleştiğinden enjeksiyon basıncı daha düşüktür. İğne sübaplarının açılış ve kapanış hareketleri enjeksiyon kalıplama makinesindeki ayar milinin pozisyonu tarafından kontrol edilir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

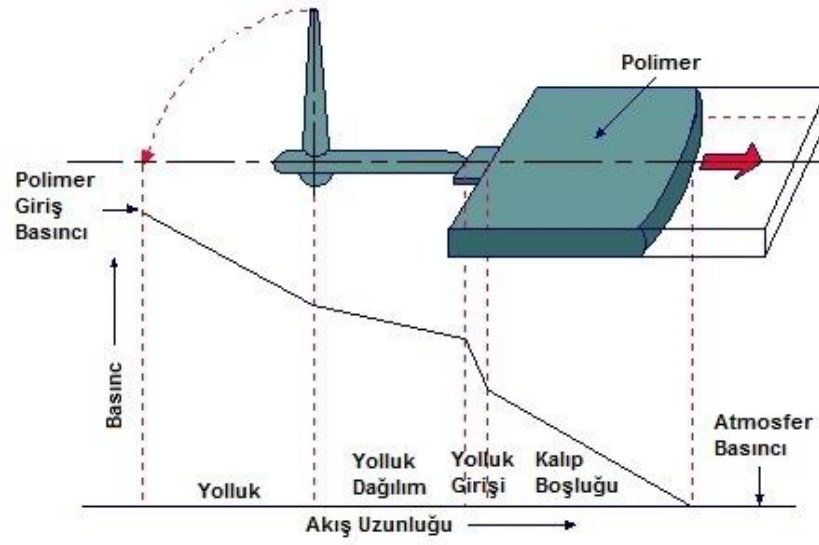
Basınç/Sıkıştırma Yöntemindeki kalıp boşluğu basıncını istediğimiz seviyelerde tutup kumaş kalınlığında iyileştirme sağlayabilmemiz, düşük basınçlı kalıplama yöntemlerinden Konvansiyonel enjeksiyon yöntemiyle kumaş kaplama ve Basınç/Sıkıştırma Yöntemlerinin avantajlı yönlerini bir arada kullanabileceğimiz “geri enjeksiyon” yöntemine ulaşmamızı sağlamıştır. Basınç/Sıkıştırma Yönteminde sıkıştırma aralığının sağlamış olduğu kalıp içi düşük basınç değerleri kaplama filmi kalınlığına olumlu etkiye bulunmuş ve kalıplama işleminin birkaç gün sonrasında köpük katmanında sağlanan iyileşmiş kalınlıklar geri enjeksiyon yöntemi üzerinde daha detaylı araştırmaların yapılmasına neden olmuştur.

5.1. Kalıp İçi Kumaş Kaplamada Neden Düşük Basınç Gereklidir ve Düşük Basınç Değerleri Nasıl Elde Edilir

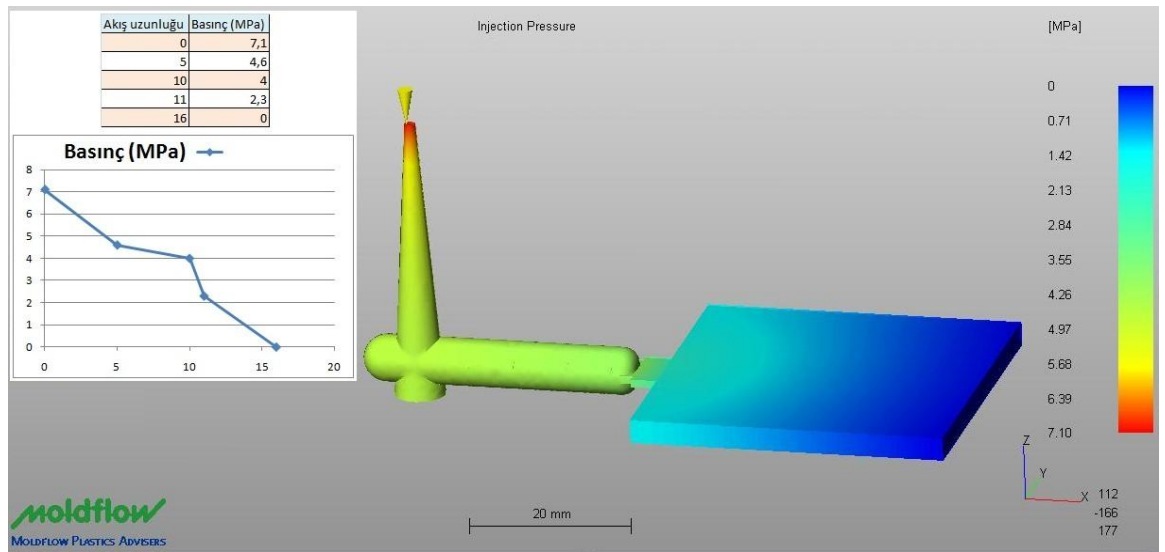
Kalıp içi kumaş kaplamada neden düşük basınç gereklidir ve düşük basınç değerleri nasıl elde edilebilir sorusuna bu sürece etki eden faktörleri inceleyerek cevap alabiliriz. Bu faktörler şunlardır: soğuk yolluk faktörü, sıcak yolluk faktörü, valve gate yolluk faktörü ve kalıbın bir miktar geri açılması faktörü.

5.1.1. Soğuk yolluk faktörü

Konvansiyonel enjeksiyon kalıplamada soğuk yolluklar kullanılır. Soğuk yolluklu kalıp tasarımında eriyik kalıp boşluğuna ulaşana kadar yolluk, kalıp içindeki yolluk dağılımlarından ve yolluk girişlerinden geçmesi gerekmektedir. Bu da ciddi bir enjeksiyon basıncı ihtiyacına neden olur. Şekil 5.1.’de tek gözlü bir numune üzerinde soğuk yolluklu kalıplardaki enjeksiyon basınç profili gösterilmiştir. Şekil 5.2.’de analizini yapılan tek gözlü numune için gerekli enjeksiyon basıncı 7.10MPa (71 Bar) dır. Daha karmaşık parçalarda dolum güvenilirliği için sıkıştırma ve ütüleme devrelerini de dikkate alırsak bu basınç seviyelerinin 400 Bar ve üzerine çıktığını görebiliriz.



Şekil 5.1. Soğuk yolluklu kalıpların enjeksiyon basınç profili



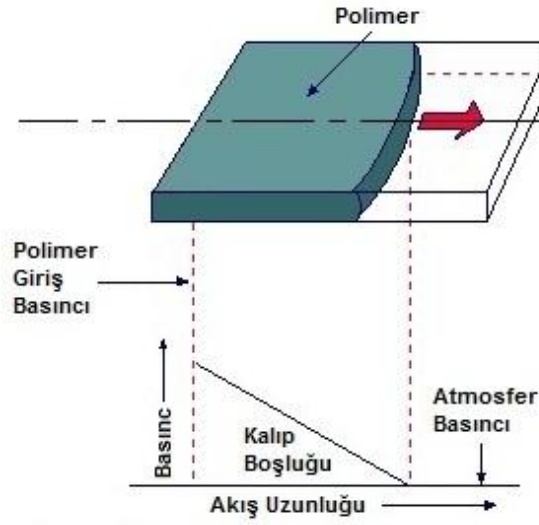
Şekil 5.2. Soğuk yolluklu numunenin analizi

5.1.2. Sıcak yolluk faktörü

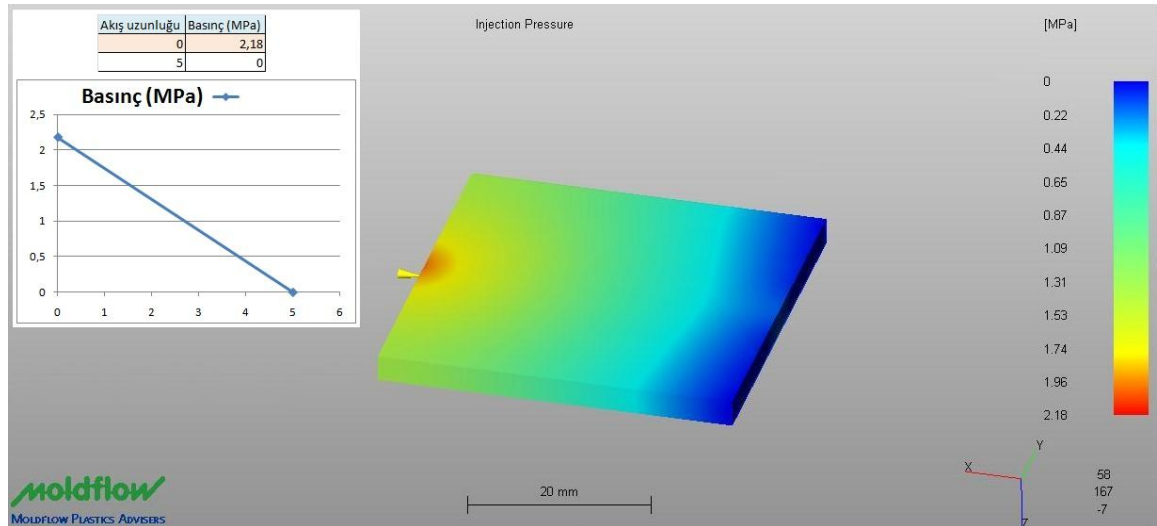
Sıcak yolluk faktörünü, “sıcak yollukta basınç düşüşü” ve “iki sıcak yolluktan aynı anda enjeksiyonun kalıp içi kumaş kaplamaya etkisi” olmak üzere iki nokta üzerinden incelenmektedir.

5.1.2.1. Sıcak yollukta basınç düşüşü

Sıcak yollukların kullanımıyla kalıp tasarımları da değişerek, soğuk yolluklu kalıplardaki yolluk, yolluk dağılımları ve yolluk girişlerine ihtiyaç kalmamıştır. Şekil 5.3.'te tek gözlü bir numune üzerinde sıcak yolluklu kalıplardaki enjeksiyon basınç profili gösterilmiştir. Sıcak yolluklarda eriyik direkt kalıp boşluğuna enjekte edildiği için Şekil 5.4.'te analizi yapılan tek gözlü numunede de gösterildiği gibi gerekli enjeksiyon basıncı 2.2 MPa (22 Bar) dır.

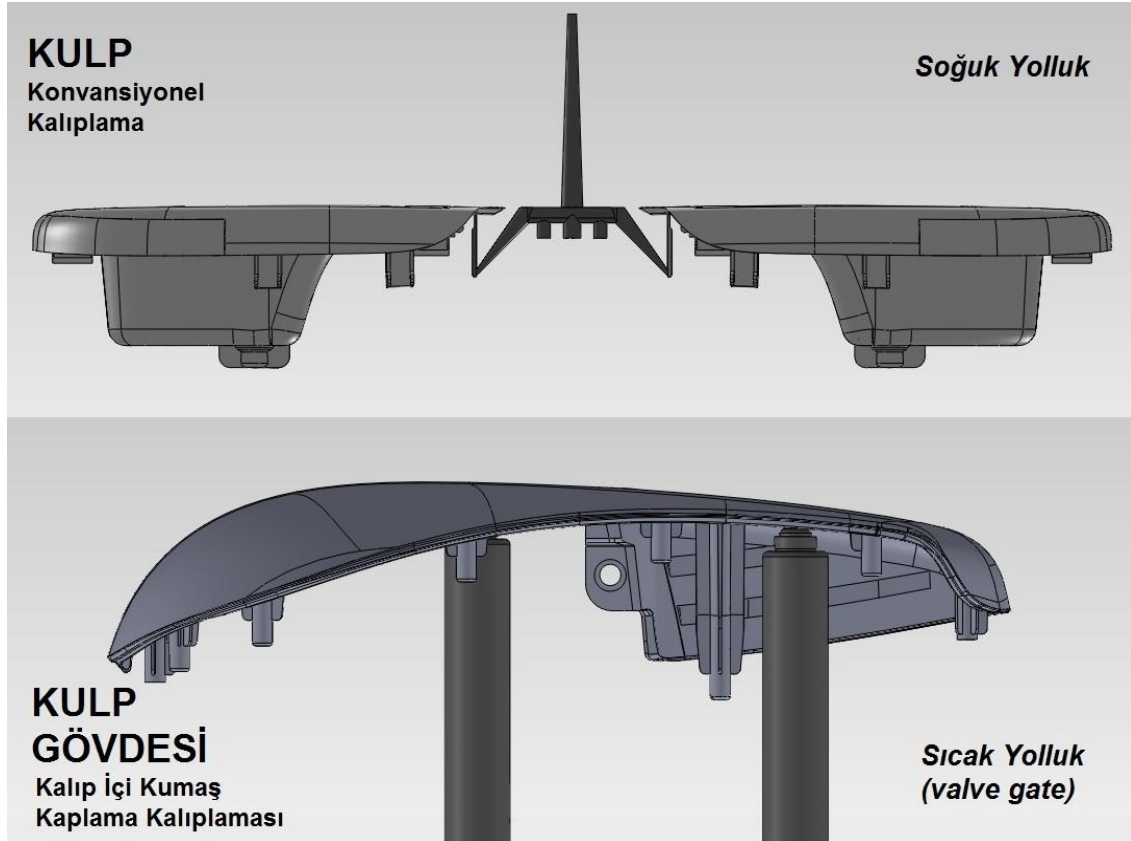


Şekil 5.3. Sıcak yolluklu kalıpların enjeksiyon basınç profili



Şekil 5.4. Sıcak yolluklu numunenin analizi

Kulp ve kulp gövdesi kalıpları arasındaki yolluk tasarım farkı ile enjeksiyon basınçları arasındaki farkın oluşma nedenleri Şekil 5.5.'te gösterilmiştir. Kulp kalıbında plastik, yolluk, yolluk dağılımları ve yolluk girişini geçtikten sonra kalıp boşluğuna dolmaktadır. Kulp gövdesi kalıbında ise sıcak yolluklar kullanıldığı için plastik direkt kalıp boşluğuna dolmaktadır.

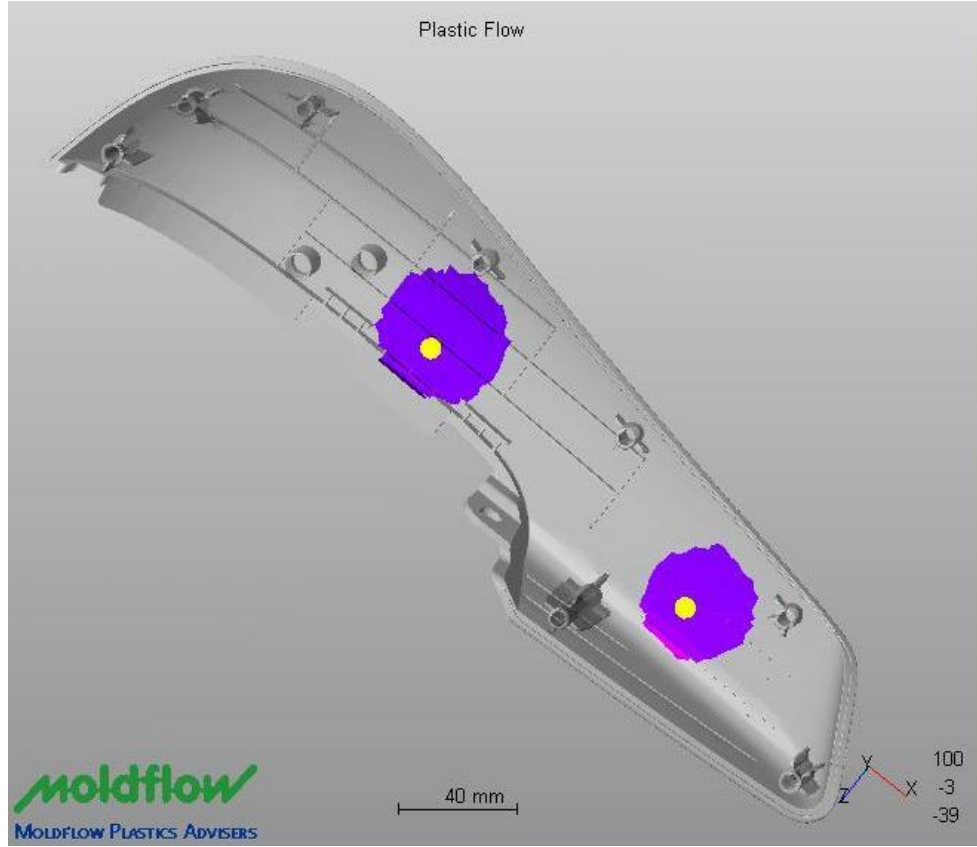


Şekil 5.5. Soğuk yolluk ve sıcak yolluk tasarımı

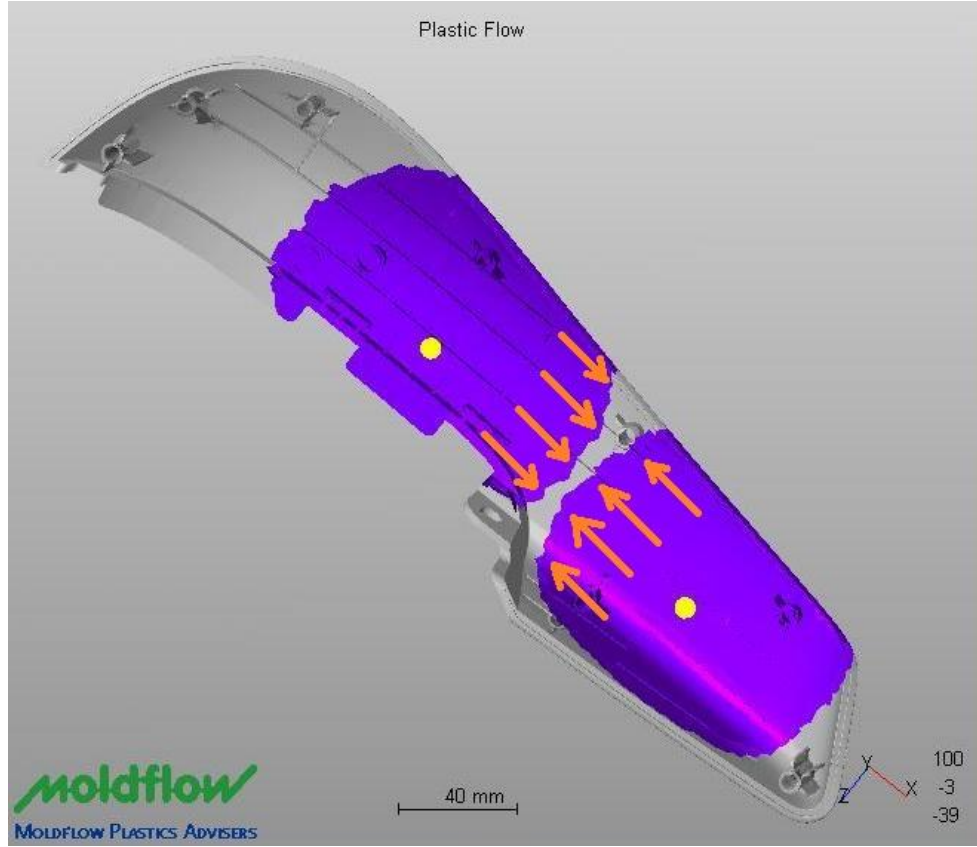
5.1.2.2. İki sıcak yolluktan aynı anda enjeksiyonun kalıp içi kumaş kaplamaya etkisi

Sıcak yollukların kalıp içi kumaş kaplama kalıplarında kullanılması düşük basınçlarda enjeksiyona ihtiyaçtan kaynaklanır. Fakat birden fazla sıcak yolluk kullanılması durumunda (Şekil 5.6.), iki sıcak yolluğun da aynı anda enjeksiyona başlamaları kaplama kumaşında buruşmaların olmasına neden olmaktadır.

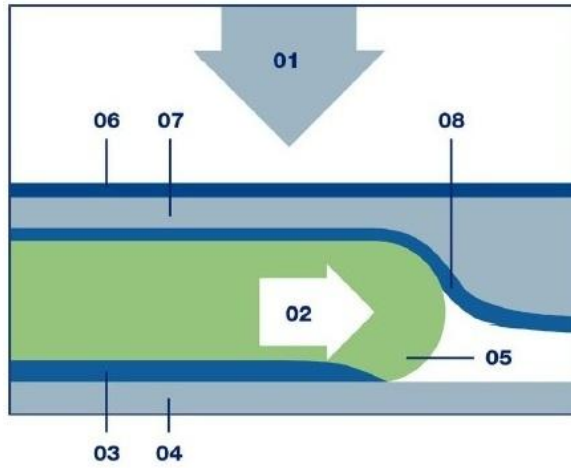
Plastik, kalıp boşluğunda ilerlerken kumaş altından ilerlediği için kumaşı öne doğru gererek ilerler ve akış önü, sürekli kumaşı ilerleme yönüne doğru germektedir (Şekil 5.7. ve Şekil 5.8.). İki farklı yolluktan gelecek plastik, ilerleme yönlerinde kumaşı gererek ilerledikleri için plastiğin birleşme yerinde kaplama kumaşında kırışıklıklar oluşmasına neden olmaktadır. Bu da hiç istenilmeyen bir durumdur. Şekil 5.9.'da iki farklı yolluktan gelen plastiğin kaynak hattı ve kumaşta oluşacak buruşma yeri gösterilmiştir.



Şekil 5.6. İki sıcak yolluktan enjeksiyon

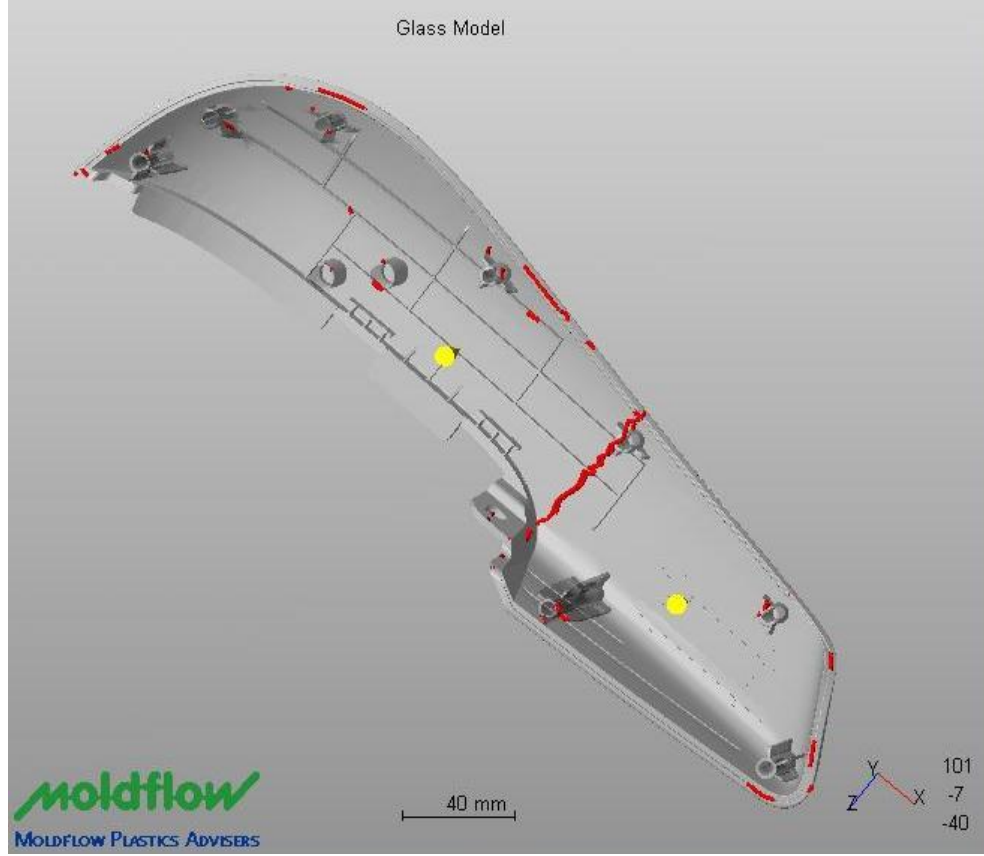


Şekil 5.7. Akış önünün kumaşı ilerleme yönüne doğru germe etkisi



- > 1. Kapama basıncı
- > 2. Eriyik akışı
- > 3. Soğumuş eriyik
- > 4. Kalıp boşluğu yüzeyi
- > 5. Eriyik akış önü
- > 6. Kumaş üst katmanı
- > 7. Kumaş orta katmanı (köpük)
- > 8. Kumaş alt katmanı

Şekil 5.8. Akış önünün kumaşı germe süreci



Şekil 5.9. Plastiğin kaynak hatları ve kumaşta oluşacak buruşma

5.1.3. Valf kontrollü (valve gate) yolluk faktörü

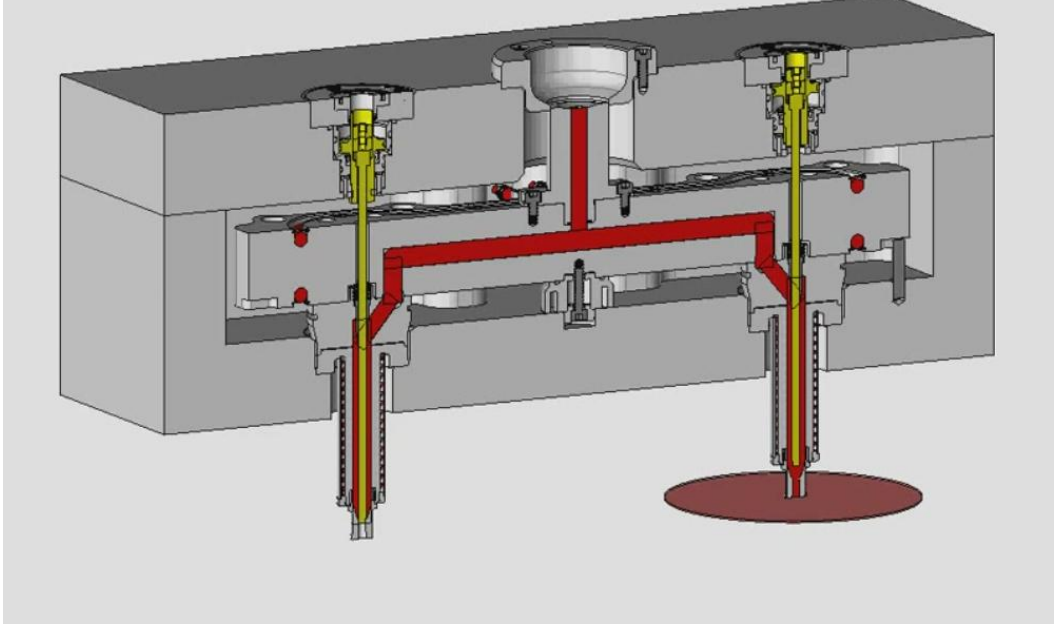
Valf kontrollü yolluk faktörünü, “akış yolunun kısalması” ve “ardışık açılıp kapanabilen yolluk özelliği” olmak üzere iki nokta üzerinden incelenmektedir.

5.1.3.1. Akış yolunun kısalması

Kalıp boşluğunda plastik ne kadar daha az mesafe kat ederse, dolum için o kadar az enjeksiyon basıncına ihtiyaç duyulur. Kumaş kaplama süreçlerinde valve gate yollukların kullanılma nedenlerinden biri de akış yolunu kısaltmaktır.

Kalıp tasarımında valf kontrollü ardı ardına faaliyete geçebilen sıcak yollukların konumu da dikkatlice belirlenmelidir. Valf yollukların akış yolunu kısaltma görevi olduğundan, daha kısa akış yolu daha düşük basınç oluşumuna neden olur. Böylece sıcak yollukların konumu da kaplama malzemesine gelecek baskının azalmasına ve

dolayısıyla kumaş katmanları arasındaki köpük kalınlığının minimum düzeylerde etkilenmesine neden olacaktır. Şekil 5.10.'da örnek valve gate ve manifold sistemi gösterilmiştir.

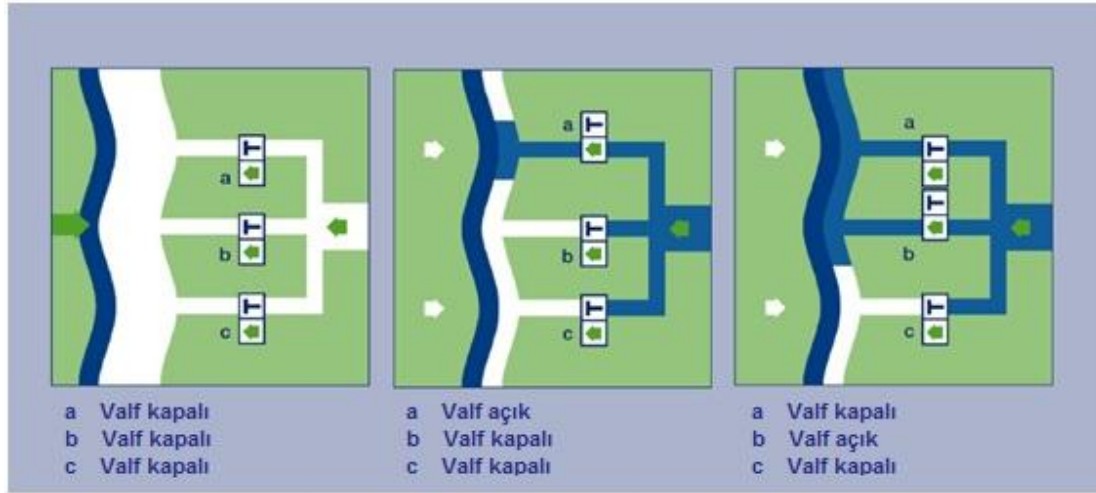


Şekil 5.10. Valve gate ve manifold sistemi

5.1.3.2. Ardışık açılıp kapanabilen yolluk özelliği

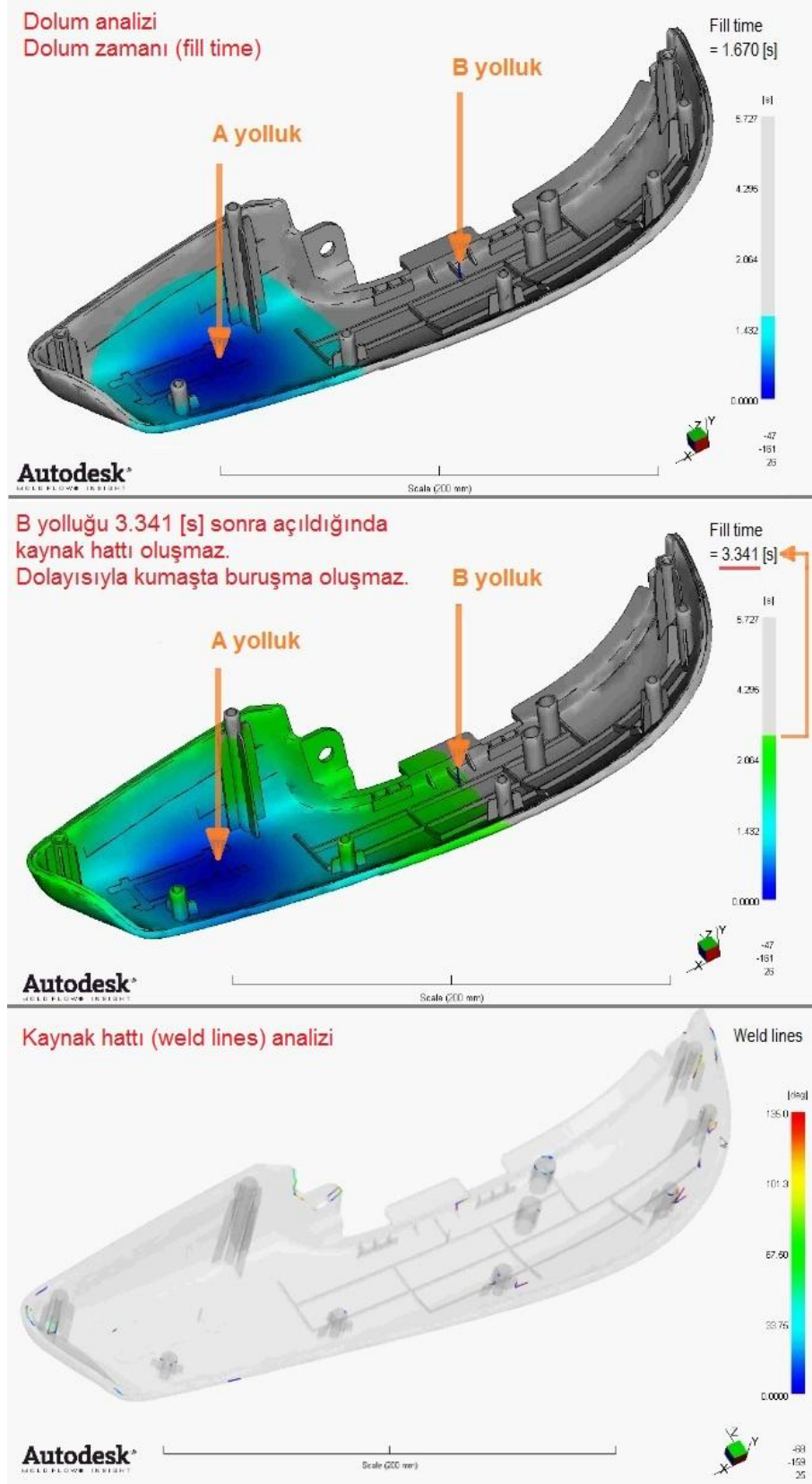
İki yolluktan gelecek plastik eriyiğin birleşme yerinde kumaşa oluşacak gerilmeden dolayı buruşma görüntüsü oluşur. Bu da hiç istenilmeyen bir durumdur.

Bunun önüne geçmek için ardışık açılıp kapanabilen (valve gate) yollukların belirlenecek zaman aralıklarında ardışık açılıp kapanması gerekmektedir (Şekil 5.11.).



Şekil 5.11. Ardışık açılıp kapanabilen yolluklar (valve gate) kullanılarak kaynak hatlarının önlenmesi, enjeksiyon basıncının ve akış uzunluğunun azaltılması (Michael 2007)

Valve gate sıcak yollukların çalışmasında temel prensip "tek çevrim içinde ilk 3.34 saniyede A yolluğundan akışa izin verirken, çevrimin geri kalan bölümünde A yolluğunu kapatıp B yolluğundan akışa izin vererek, ardışık açılıp kapanabilen yolluk özelliğini kullanmak"tır (Şekil 5.12.). Ardışık açıp kapamada A yolluğunun doldurması gereken bölge dolup, plastik B yolluğunun bölgesine geldiğinde A yolluğu kapatılır ve B yolluğu açılıp enjeksiyona bu yolluktan devam edilir. Bu uygulamayla akış önünde gerilmiş halde olan kumaş yine aynı yönde ilerleme sayesinde hiçbir bölgede karşı yönden gelecek plastik ile birleşme olmayacağı için kumaşın buruşuk kalarak plastiğin soğuması da ortadan kalkmaktadır.



Şekil 5.12. Ardişik açılıp kapanabilen yolluk (valve gate) analizi

5.1.4. Kalıbın bir miktar geri açılması faktörü

Geri enjeksiyon yönteminin işleyişi, kumaş kalıp arasına yerleştirildikten sonra kapatılır ve bu kapanmayla beraber kumaşa bir ön gerdirme veya ön form verme işlemi yapılır (Şekil 5.13.). Tam bu sırada eriyiğin enjeksiyonu da başlar. Saniyelerden daha küçük zamanlama birimleriyle yapılan ayarlardan sonra eriyik enjeksiyonunun başlamasıyla kalıp belirlenen bir açılma mesafesinde tekrar açılır ve enjeksiyona devam edilir (Şekil 5.14.). İlk enjeksiyon anında eriyiğin kumaşın arka katmanına değip yapışmasıyla kalıp açık iken enjekte edilen eriyiğin de kalıp arasında tutunması sağlanır. Böylece kalıp açık iken enjeksiyon yapılırsa eriyiğin kalıp arasından aşağı sarkması veya düşmesi olmaz. Belirlenmiş bir zaman dilimi kadar kalıp açık kaldıktan sonra tekrar kapatılır. Bu kapatma işlemi belirli hızlarda yapılmalıdır, çünkü kalıp arasında biriken eriyiğin sıkıştırması gerçekleşir. Sıkıştırma işleminde kumaşa en az baskı uygulamak amaçlanmalıdır. Böylece, hem açılmadan dolayı düşük basınçlarda enjeksiyona başlanmış olunur hem de, kalıp arasında biriken ilk eriyik kalıp boşluğunun diğer bölgelerine kapama kuvveti etkisiyle yayılarak dolar.



Şekil 5.13. İlk adımda kalıp tamamen kapanır ve böylece kumaşın ön baskısı yapılır (Krauss-Maffei’den alınmıştır)

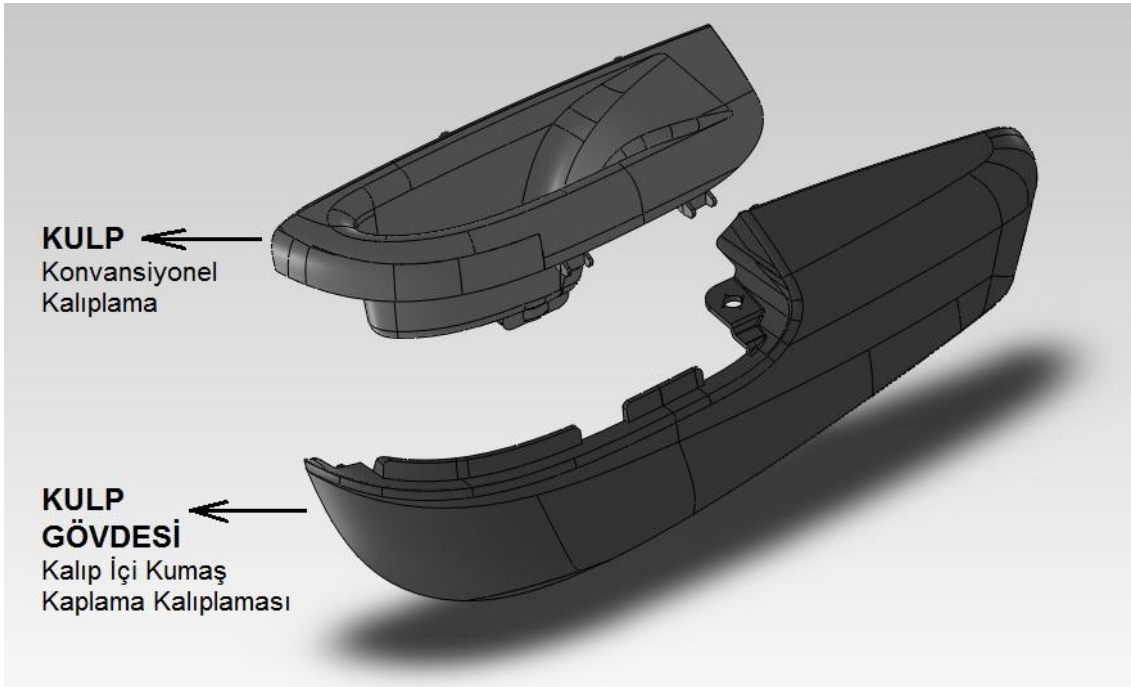


Şekil 5.14. Enjeksiyonun hemen başta başlamasıyla kalıp bir miktar açılır (Krauss-Maffei'den alınmıştır)

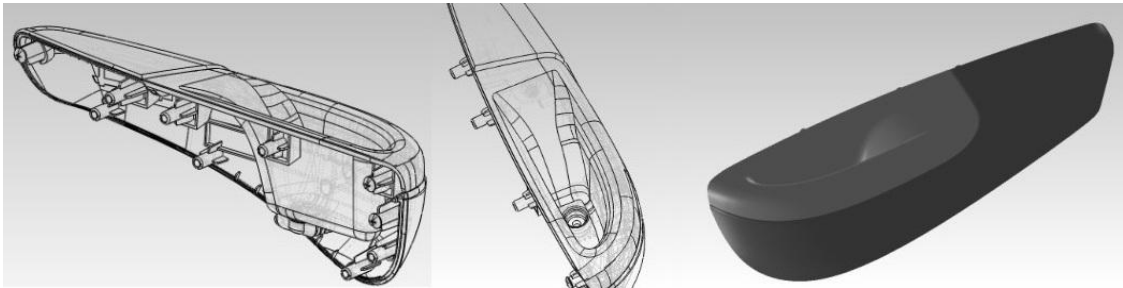
5.2. Konvansiyonel Kalıplama ile Kalıp İçi Kumaş Kaplama Kalıplaması Arasındaki Farklar

Kulp ve kumaş kaplanmış kulp gövdesi parçalarının kalıp konstrüksiyonlarını incelediğimizde, kalıp içi kumaş kaplanmış ürünlerin kalıp tasarımlarının ve üretim süreçlerinin nedenli karmaşık olduğunu görmemiz mümkündür.

Kalıp tasarımı yapılacak “kulp gövdesi” parçası ve “kulp” parçasının montajlı halde görünüşleri Şekil 5.15 ve Şekil 5.16.’de gösterilmiştir.



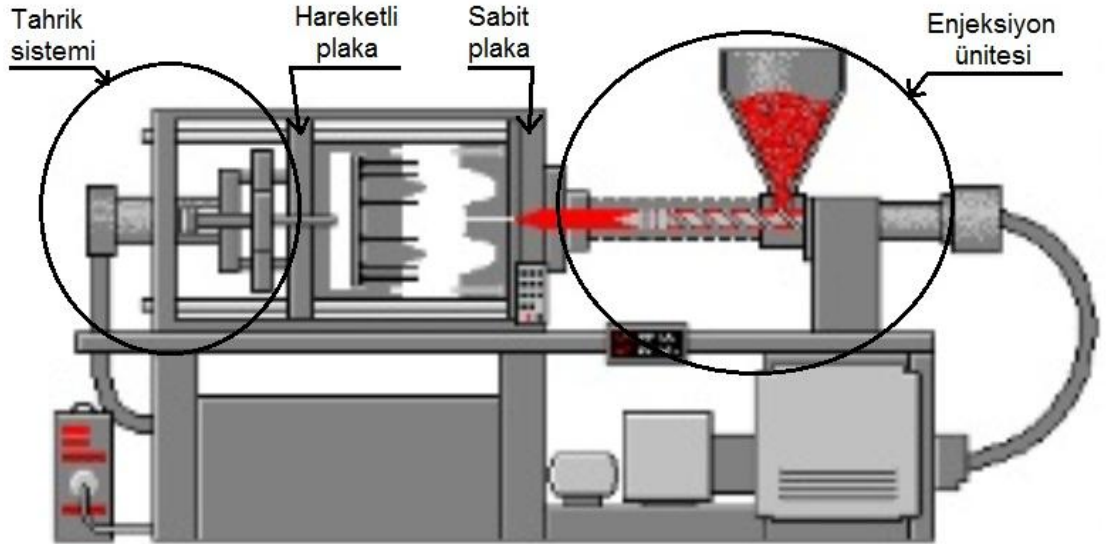
Şekil 5.15. Konvansiyonel kalıplamadan üretilen kulp parçası ve kalıp içi kumaş kaplama kalıplamasından üretilen kulp gövdesi parçası



Şekil 5.16. Kulp gövdesi ve kulp parçasının montajlı görünüşü

5.2.1. Kalıp konstrüksiyonları arasındaki farklar

Kalıp konstrüksiyonları arasındaki farkları açıklayabilmek için enjeksiyon makinesinin hangi bölümlerden oluştuğunu, bu bölümlerin yerleşimini ve görevlerinin neler olduğunu bilmemiz gerekir. Enjeksiyon makinesinde sabit plakanın arkasında enjeksiyon ünitesi, hareketli plakanın arkasında da tahrik sistemi bulunmaktadır (Şekil 5.17.). Enjeksiyon ünitesi, katı plastik hammaddeyi erime sıcaklığına getirip vida sistemi vasıtasıyla kalıbın içine enjekte etmektedir. Tahrik sistemi ise kalıp kapalı halde iken içine enjekte edilen sıvı plastiğin kalıp boşluğu formunu alıp soğuma sürecini tamamlayıp, kalıbın da açılmasıyla plastik parçanın kalıptan çıkartılmasını sağlamaktadır.



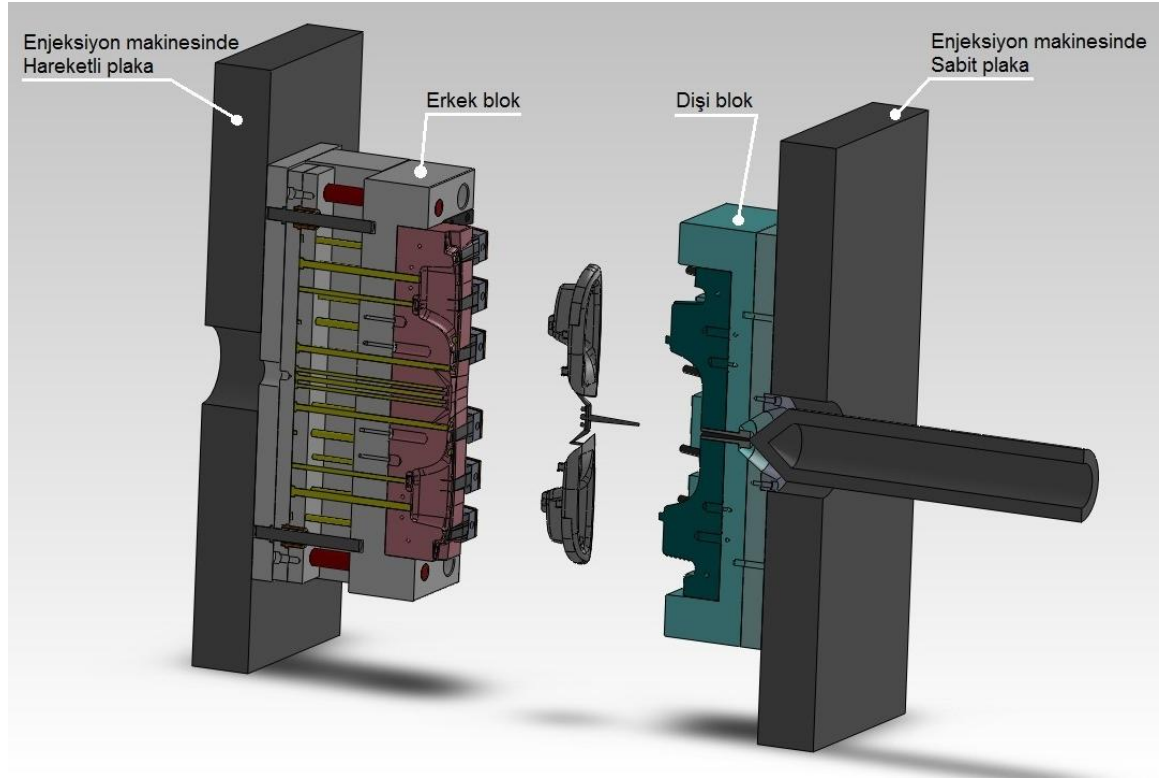
Şekil 5.17. Enjeksiyon makinesi

5.2.1.1. Konvansiyonel kalıplama

Konvansiyonel kalıplamada enjeksiyon makinesinin sabit plakasında dişi blok yer alır (Şekil 5.18.). Dişi bloktan enjeksiyon işlemi gerçekleşir ve kalıp boşluğunu doldurmak için gerekli enjeksiyon yollukları dişi blokta yer alır.

Enjeksiyon makinesinin hareketli plakasında erkek blok yer alır. Çevrim süresi tamamlandıktan sonra kalıbın açılmasıyla parçayı kalıptan çıkarmak için gerekli itici sistemi erkek bloktadır. Hareketli plakanın arkasında yer alan enjeksiyon makinesi

tahrik sisteminden gelen hareketle erkek bloktaki itici plakalar hareket ettirilir. Böylece erkek çelikten parçanın çıkartılması gerçekleşir.

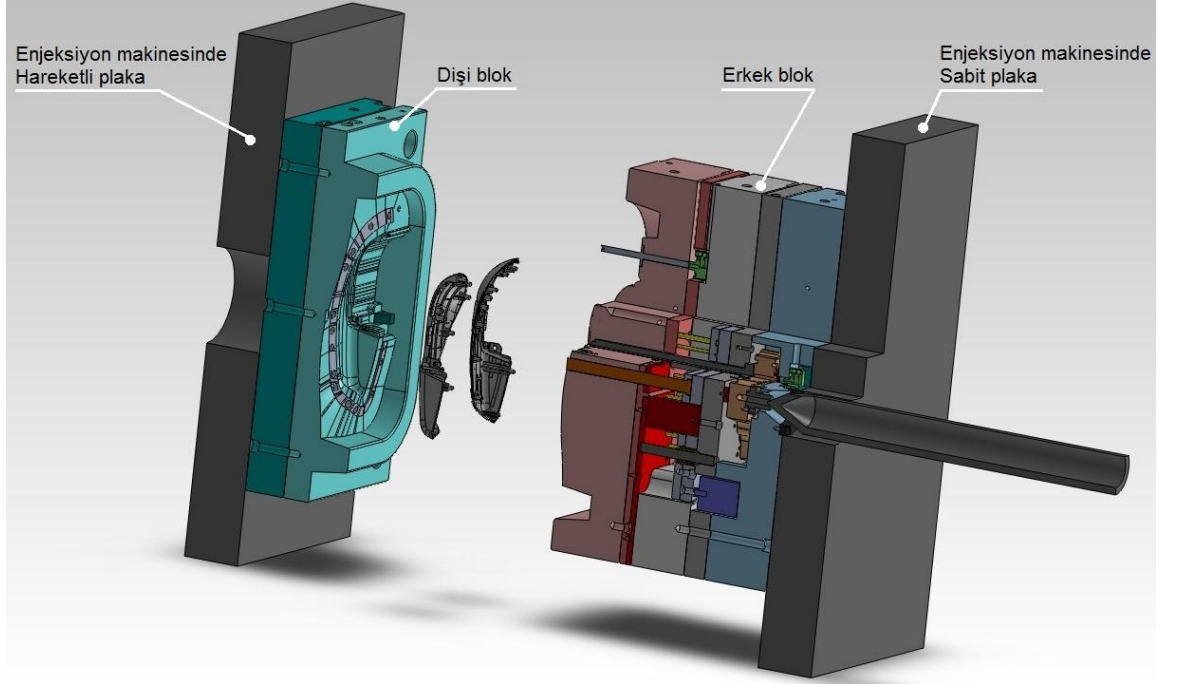


Şekil 5.18. Kulp kalıbı kesit görünüşü

5.2.1.2. Kalıp içi kumaş kaplama kalıplaması

Kalıp içi kumaş kaplamada enjeksiyon makinesinin sabit plakasında erkek blok yer alır (Şekil 5.19.). Erkek bloktan enjeksiyon işlemi gerçekleşir. Enjeksiyon işlemi için gerekli tüm sıcak yolluklar ve manifold sistemi erkek blokta yer almak zorundadır. Çevrim süresi sonunda parçayı kalıptan çıkarmak için gerekli itici sistemi de erkek blokta yer almak zorundadır. Sabit plakanın arkasında tahrik sistemi olmadığından itici plakaları hareket ettirmek için alışılagelmişin dışında bir hareket sistemine ihtiyaç vardır. İtici plakaların hareketi kalıp içine yerleştirilmiş hidrolik pistonlar tarafından yapılmak zorundadır. Ayrıca kalıp içi kumaş kaplamada kumaşı kalıbın içinde asılı tutulmasını sağlayan pimler ve bu pimleri hareket ettiren pistonlar da erkek blokta yer almak zorundadır.

Enjeksiyon makinesinin hareketli plakasında dişi blok yer alır.

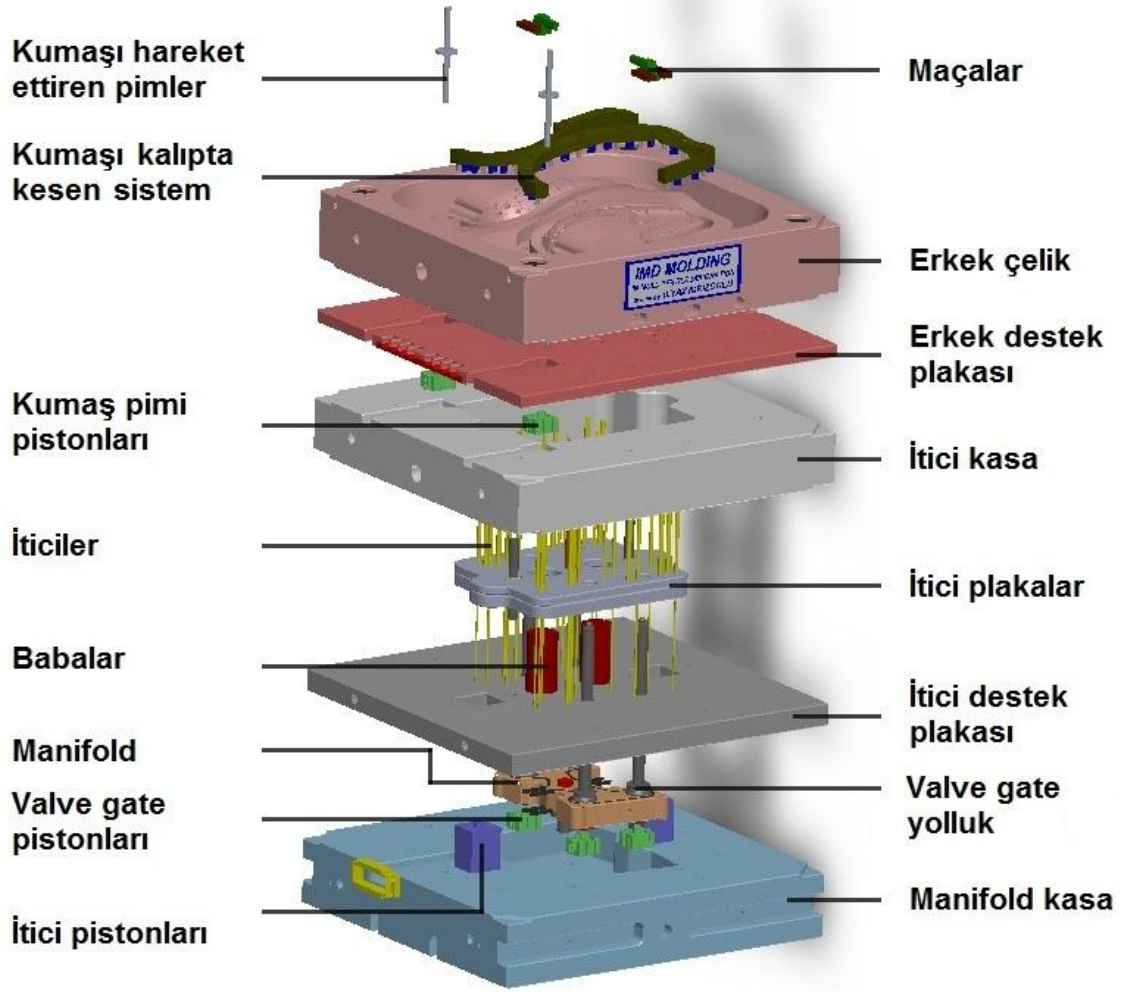


Şekil 5.19. Kulp gövdesi kalıbı kesit görünüşü

5.2.2. Geri enjeksiyon yöntemi parametrelerine göre kalıp içi kumaş kaplama kalıbının tasarımı

Kulp gövdesi parçasının *geri enjeksiyon* parametrelerine göre, kalıp içi kumaş kaplama kalıbının tasarımı “erkek blok” ve “dişi blok” olmak üzere Şekil 5.20. ve Şekil 5.21.’de gösterilen bölümlerden oluşmaktadır.

ERKEK BLOK



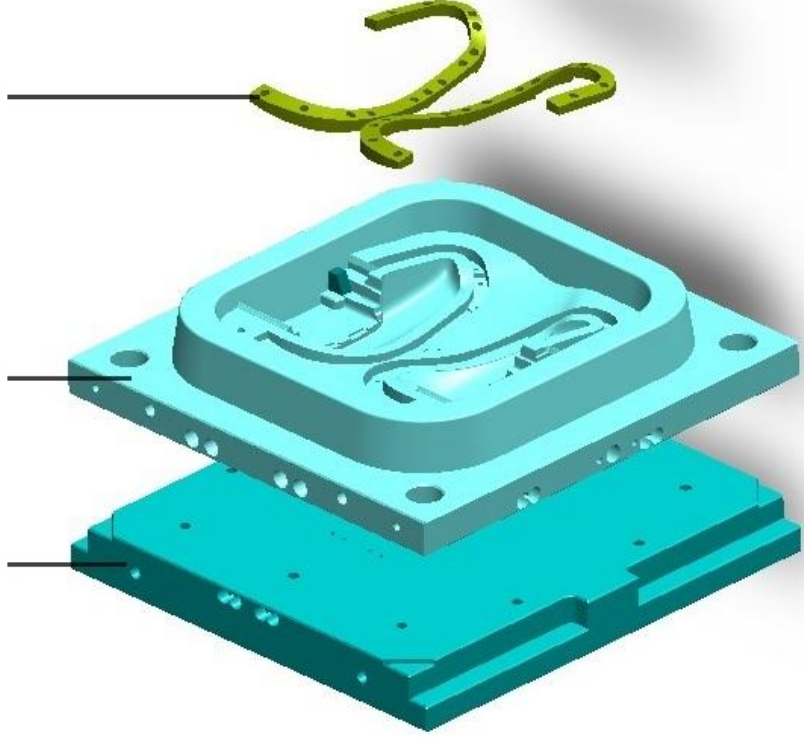
Şekil 5.20. Geri enjeksiyon yöntemiyle erkek blok tasarımı

Dişi BLOK

Kumaşi kalıpta
kesen sistem

Dişi elik

Dişi bağlantı
plakası



şekil 5.21. Geri enjeksiyon yöntemiyle dişi blok tasarımı

5.2.3. Geri enjeksiyon yöntemi parametrelerine göre kalıp içi kumaş kaplama kalıbının çalışması

Geri enjeksiyon yöntemi parametrelerine göre kalıp içi kumaş kaplama kalıbının çalışmasını “konvansiyonel kalıplama” ve “ kalıp içi kumaş kaplama kalıplaması” yöntemlerinin üretim süreçleri arasındaki farkları ortaya çıkararak incelenmiştir.

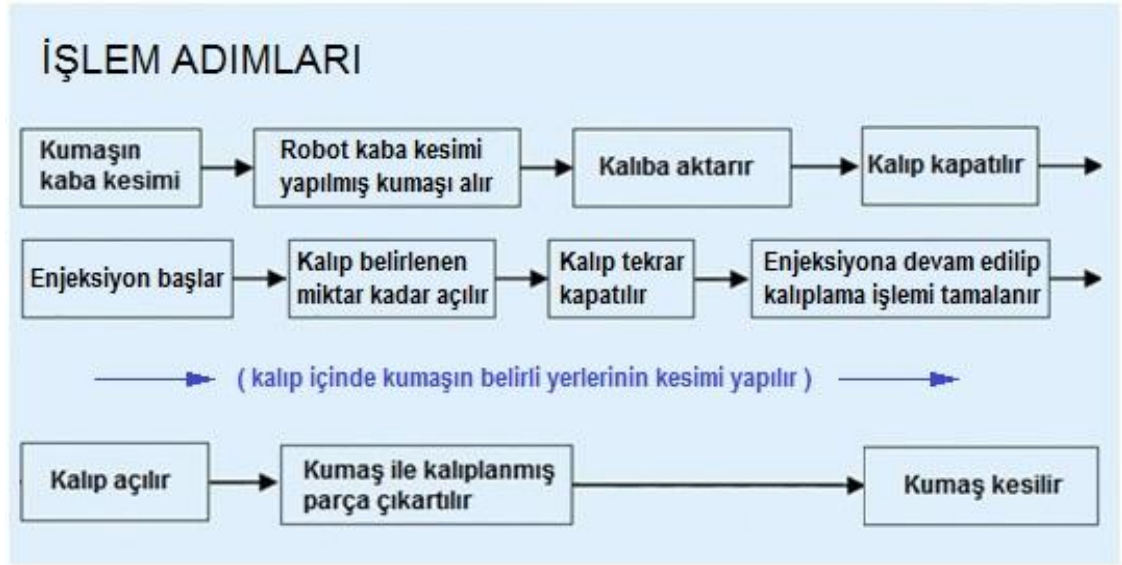
5.2.3.1. Konvansiyonel kalıplama

Plastik kalıplama ile üretilen otomotiv, telekomünikasyon ve elektronik cihazların çoğunda ikincil işlem olarak boyama yapılması gerekliliği vardır. Bu da bir boyama tesisinin kurulması ihtiyacını doğurur. Boyahanede ihtiyaç duyulan geniş alan, süreçlerin işleyişi, otomasyonu, hassasiyeti ve çevreye olabilecek kötü etkilerinin giderilmesi nedeniyle fabrikada kapalı alanın ortalama %20 ila %30 oranında yeri işgal edeceği bilinmektedir. Kalıp içi kaplama, boyama süresince havadan gelen partikül bulaşmasına eğimli serbest alanları azaltarak ve özellikle boyamada karşılaşılan gözeneklilik ve çukur oluşması ile ilgili problemleri ortadan kaldırarak hurda seviyesini azaltır.

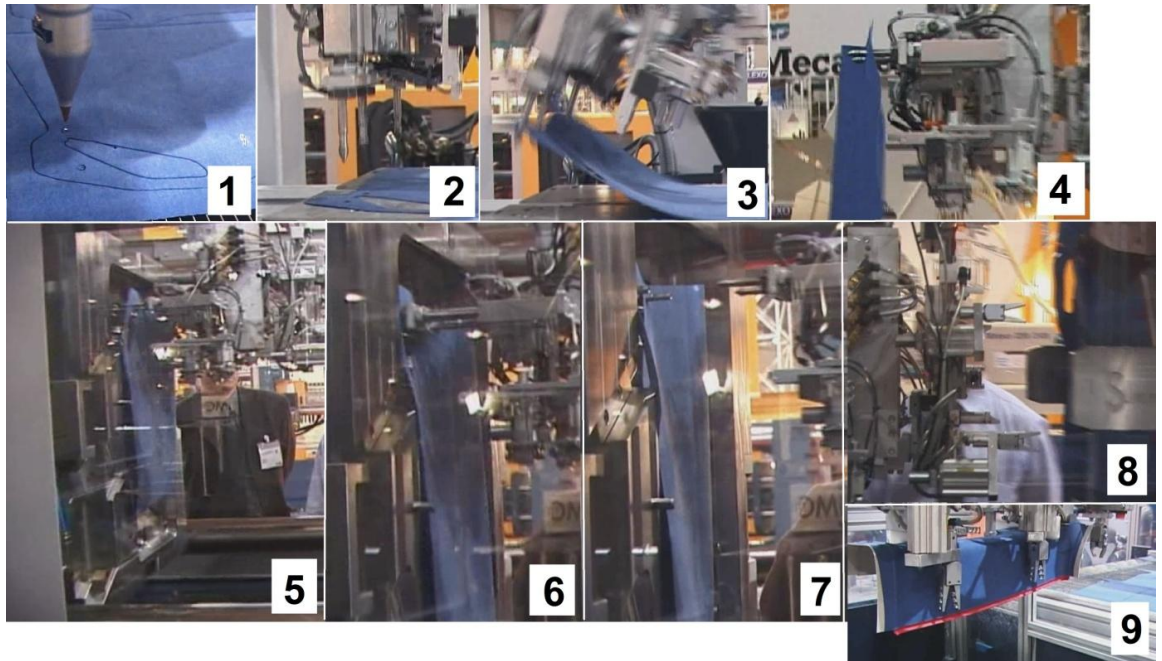
5.2.3.2. Kalıp içi kumaş kaplama kalıplaması

Kalıp içi kumaş kaplama teknolojisi tek seferli işlem için standart bir geri enjeksiyon basınç/sıkıştırma kalıplama işlemidir. Burada kumaş kaba kesimi yapılıp ve kalıba taşınıp yerleştirildikten sonra ilk adımda kalıp tamamen kapanır ve kumaşın ön baskısı yapılır. Enjeksiyon işlemi zamanlanmış belli bir noktada başlar ve ona paralel olarak ayarlanabilir bir miktarla kalıp açılmaktadır. Bu açılma işlemi üç hız kullanılarak programlanabilir. Bunu kalıbın kapanması ve tamamen enjekte edilmiş eriyiğin enjeksiyon basınç/sıkıştırması takip eder. Böylece eriyik kalıp boşluğunda sıkıştırılır. Bu metodun özelliği enjeksiyonun başında eriyik kumaşa değerek tutunmakta ve kalıbın açılmasıyla erkek bloğun giriş yolluğundan akmaya devam eden plastik tutunmuş plastiğe eklenerek enjeksiyon devam etmektedir. Bu şekilde eriyik kalıp yarımları arasından aşağı düşmemektedir.

Temel olarak geri enjeksiyon işleminin adımları Şekil 5.22. ve Şekil 5.23.’te gösterildiği gibidir.

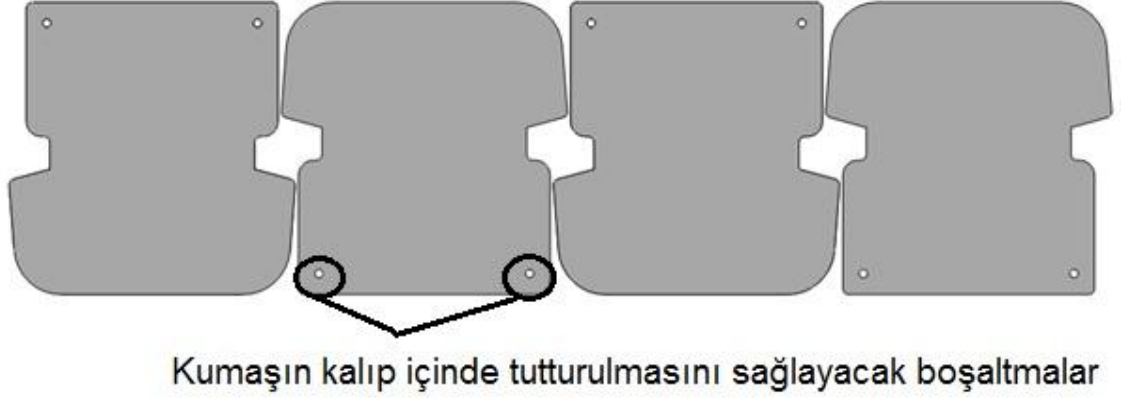


Şekil 5.22. Geri enjeksiyon yönteminin işlem adımları



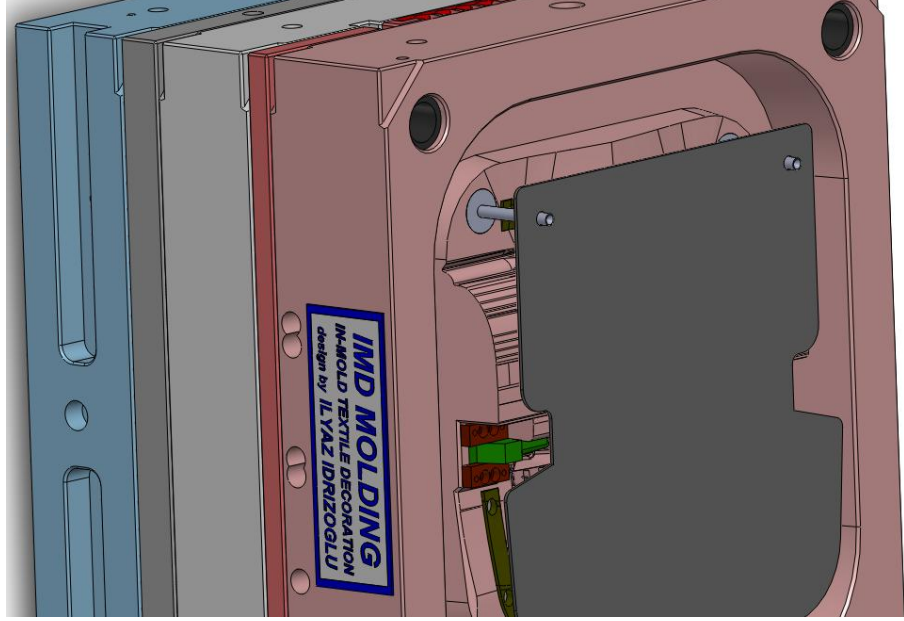
Şekil 5.23. 1. Kumaşın kaba kesimi; 2. Taşıyıcı robotun kumaşı istenilen yerden alması için konumlandırılması; 3. Robotun kumaşı tutması; 4. Robotun kumaşı kalıba doğru taşıması; 5, 6, ve 7. Robotun kumaşı kalıp içine istenilen yere yerleştirmesi; 8. Robotun kalıplanmış parçayı ve kalıp içinde kesilmiş kumaş parçalarını kalıptan çıkarması; 9. Kumaş kaplanmış parçanın depo edileceği yere taşınması

Kalıp içi kumaş kaplama süreçlerinde kalıbın içine yerleştirilecek kumaşın kaba kesimi veya istenilen formda ön kesiminin yapılması gereklidir. Ön kesim işlemi yapılırken kalıp içinde kumaşı sabitleyecek yöntemin bilinmesi gerekmektedir. Sabitlemek için gerekli boşaltmalar düşünülerek, kesme işlemi sırasında istenilen yerlerden kumaş kesilmektedir (Şekil 5.24.).



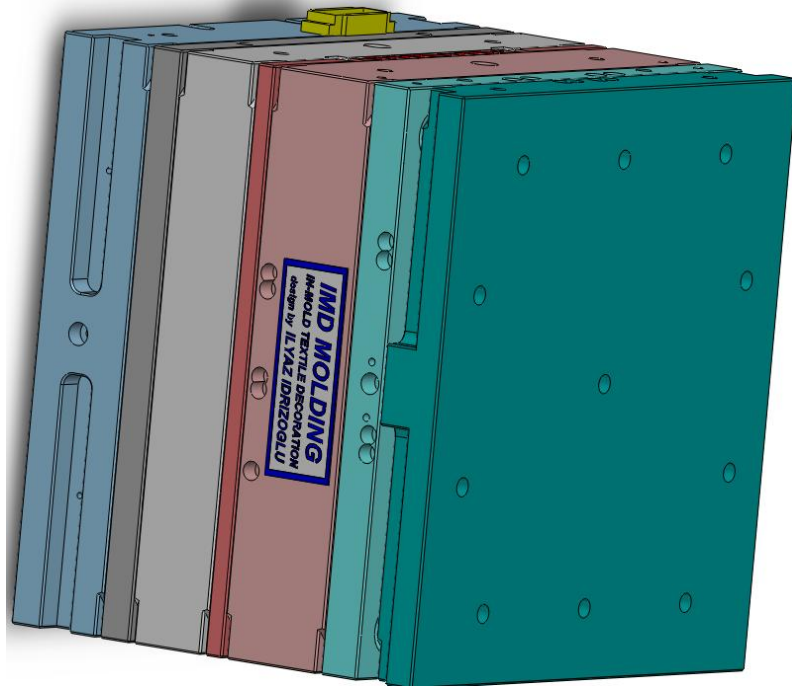
Şekil 5.24. Lazerde kesimi yapılacak kumaş parçası

Kumaşın ön kesimi yapıldıktan sonra robot vasıtasıyla magazinden alınıp kalıp içine taşınır ve erkek bloktaki kumaş tutucu pimlerin üzerine yerleştirilir (Şekil 5.25.).



Şekil 5.25. Kumaşı kalıba yerleştirilmesi

Kumaşın kalıba yerleşmesiyle üretim çevrimine başlanmaktadır. Kalıp kapatılır ve enjeksiyon işlemine geçilmektedir (Şekil 5.26.)

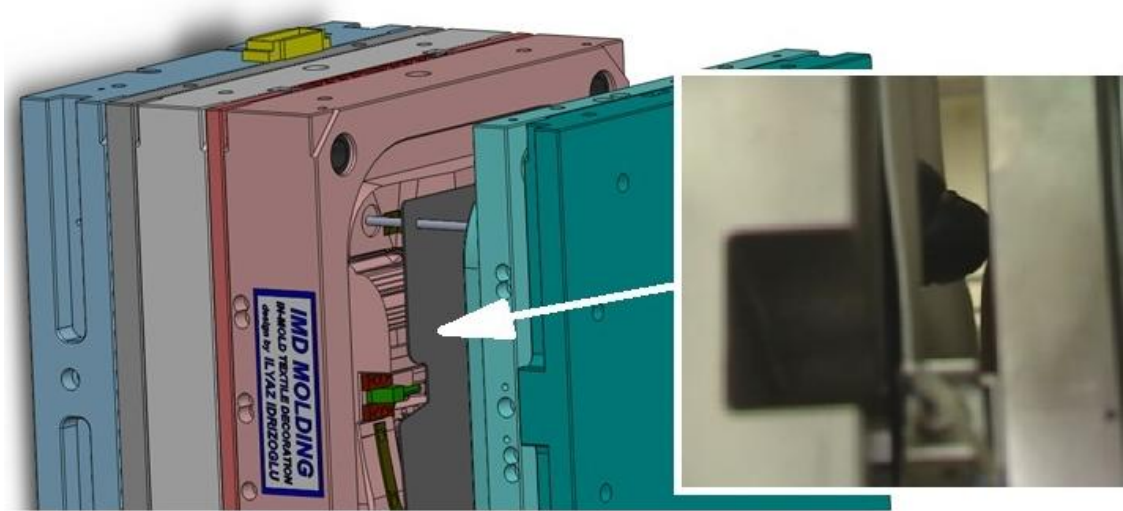


Şekil 5.26. Kalıp kapatılır ve enjeksiyona başlanır

İlk adımda kalıp tamamen kapanır. 1 saniye kapalı durduktan sonra 20 mm kadar geri açılır. İlk adımdaki kapamayla kumaşın ön baskısı yapılır. Kumaşa ön form verdirilmesi sayesinde ikinci kapanışta kalıp boşluğuna dolacak plastik malzemeye kumaş tarafından uygulanacak dirençte de azalma olur. Kalıbın açılmasıyla kumaş pimi pistonları vasıtasıyla kumaşı hareket ettiren pimler de 20 mm ileriye doğru kalıpla eş zamanlı hareket ederek kumaşı erkek kalıp yüzeyinden ayırır (Şekil 5.27.).

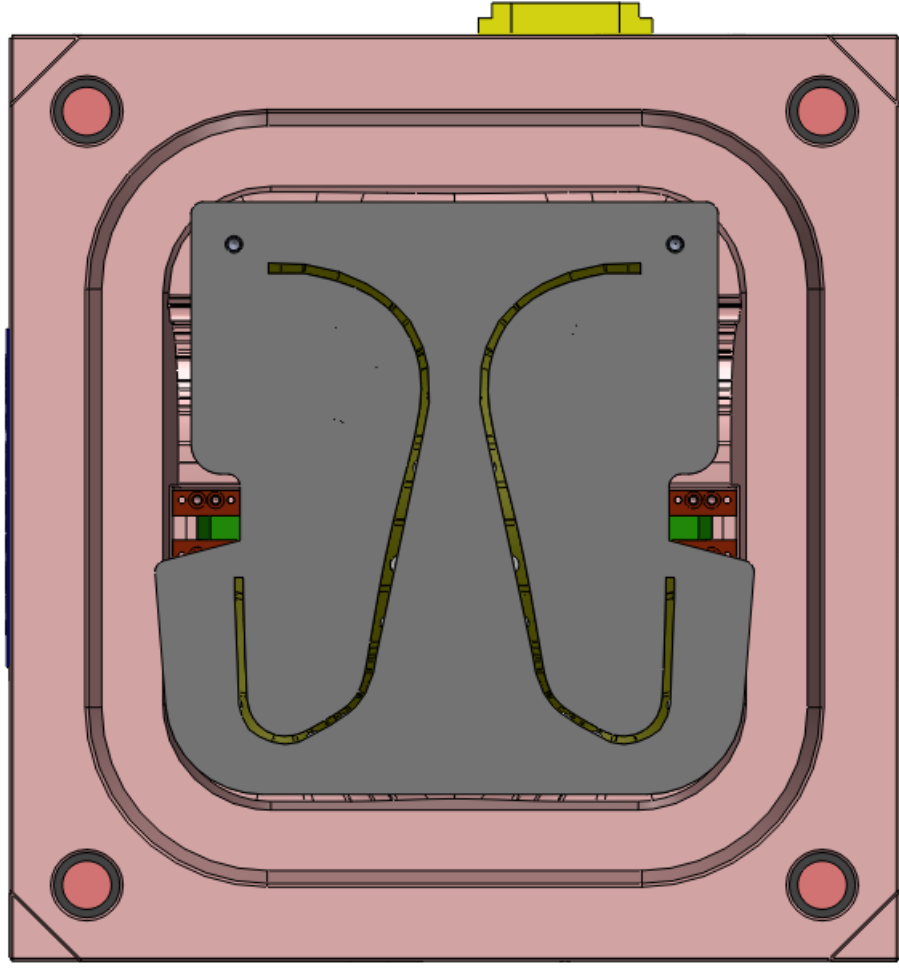
İşlemlerin hepsindeki amaç kalıp boşluğunu plastikle doldurmak olduğu kadar da kumaşın yumuşak dokunuş hissine zarar vermemektir. Kalıbın kapandıktan sonra geri açılması da bu yüzdendir. Geri açıldığında ön baskısı yapılmış kumaşın orta katmanındaki süngerimsi yapının sıkışmadan dolayı ezilerek kalınlığında azalma olur. Kalınlıktaki bu azalmayı geri kazandırmak için ve de düşük basınçlarda çalışılması için geri açılmanın yapılması önemlidir.

Enjekte edilen ilk eriyiğin kumaşa değmiş olması kalıp açık iken enjekte edilmeye devam edilecek olan eriyiğin de tutunarak kalıp yarımlarının altına düşmemesi sağlanır. Bu sırada enjeksiyona devam edilir. 2 saniye açık durduktan sonra kalıp basınç/sıkıştırma işleminin yapılması için tekrar kapatılır. Bu kapatma işlemi belirli hızlarda yapılmalıdır, çünkü kalıp arasında biriken eriyiğin sıkıştırması gerçekleşir. Sıkıştırma işleminde kumaşa en az baskı uygulamak amaçlanmalıdır. Böylece, hem açılmadan dolayı düşük basınçlarda enjeksiyona başlanmış olunur hem de, kalıp arasında biriken ilk eriyiğin kalıp boşluğunun diğer bölgelerine kapama kuvveti etkisiyle yayılması sağlanır. Çevrim tamamlanıp bitmiş parça robot vasıtasıyla kalıptan alınır. Depo edileceği yere taşınır.

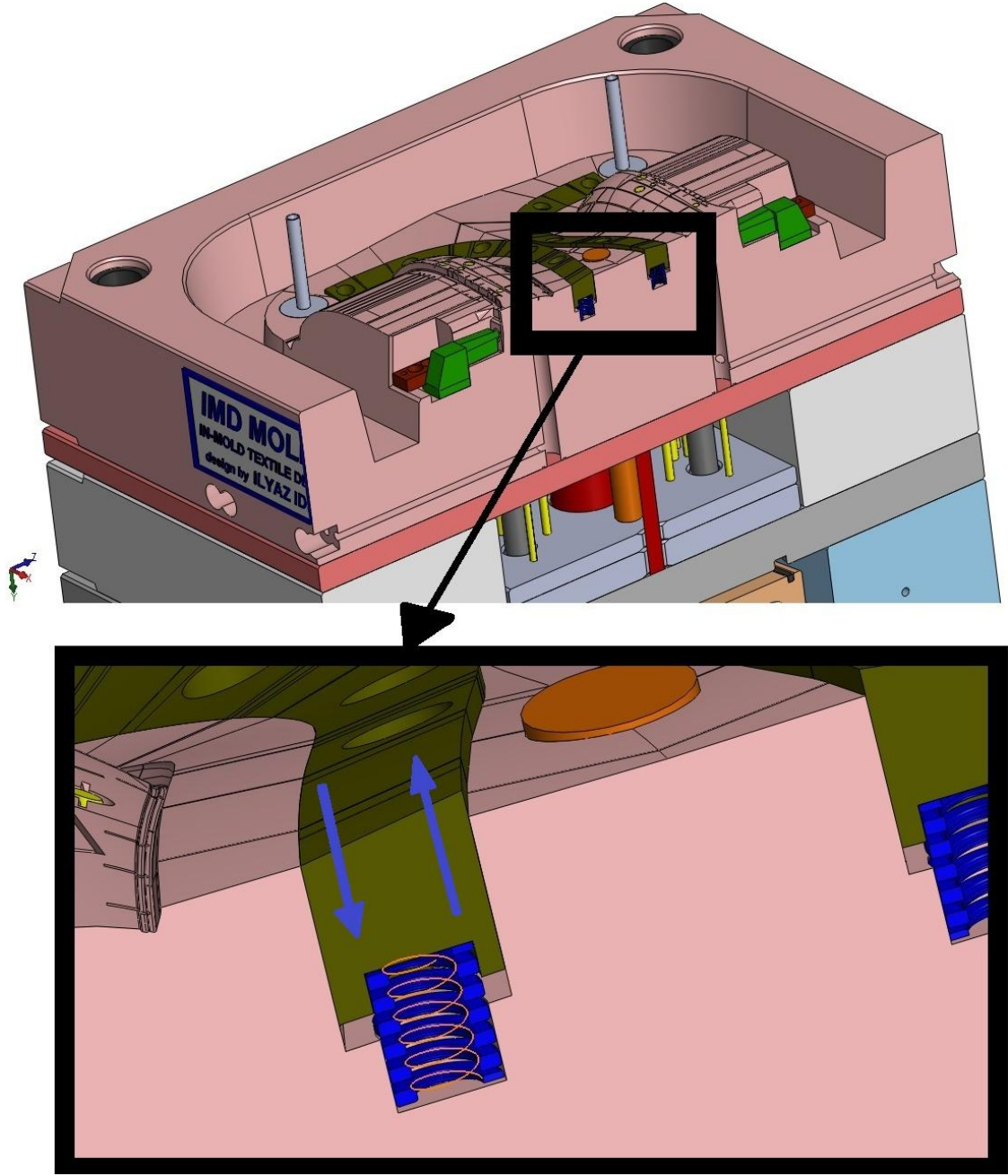


Şekil 5.27. Kalıp belirlenen miktar kadar açılır

Kalıp içinde kumaşın belirlenmiş yerlerinde kesme işlemi yapılır. Kesme yerleri ve kalıp içindeki kumaş kesme sisteminin çalışması sırasıyla Şekil 5.28. ve Şekil 5.29.'da gösterilmiştir. Kesme işleminin yapılması için belirlenen yerlere kumaş kesme sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemin çalışması dişi çelikte yerleşmiş kesme lokmalarının, erkek çelikte yerleşmiş kesme lokmalarının üzerine gelerek kalıbın kapanmasıyla erkekteki lokmalar 4 mm kadar aşağıya hareket edecek şekilde gerçekleşmektedir. Erkekteki kesme lokmalarının altında yerleşmiş yaylar kalıbın açılmasıyla tekrar lokmaları 4 mm kadar erkek çelik seviyesine çıkarır. Erkekteki lokmaların dengeli ve istenilen seviyelerde hareketinin kısıtlanması yay ayar cıvatalarıyla sağlanmaktadır.



Şekil 5.28. Kalıp içinde kumaşın belirli yerlerinde kesme işlemi



Şekil 5.29. Kalıp içindeki kumaş kesme sisteminin çalışması

5.3. Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmiştir:

- Kulp gövdesi parçasının tek aşamada kalıp içi kaplama işlemini gerçekleştirebilecek kalıp tasarımı yapılmış ve sürecin işlem adımları belirlenmiştir.
- Kalıp içi kumaş kaplama prosesinin düşük enjeksiyon basıncı değerlerinde gerçekleşmesi gerekliliği grlmştir.
- Düşük enjeksiyon basıncı değerlerinde kalıplamayı yapmak için sıcak yollukların kullanılması gerekliliği anlaşılmıştır.
- Kumaşın zarar görmemesi için sıcak yollukların valf kontrollü ardışık açılıp kapanabilen türden olması ve konumlarının akış yolunu kısaltmak için dikkatlice belirlenmesi gerekliliği tespit edilmiştir.
- Düşük enjeksiyon basıncı değerlerinde çalışmak, kumaşın köpük katmanı kalınlığını en az düzeyde etkilenmesini sağlayıp yumuşak dokunma hissi özelliğini artırmak ve kaplama malzemesinin de n form verme işlemini yapmak için kalıplama prosesinde, kalıp ilk kapandıktan ve enjeksiyona başlandıktan kısa süre sonra kalıbın 20 mm kadar geri açılması, 2 saniye sonra tekrar kapatılması işlemi adımının, prosese dahil edilmesi gerekliliği anlaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Mitzler, J., Jensen, R., Zwiesele, J., Klaus, W. 2000. Automatically in the Mould Automatic Injection Compression Moulding and Back Compression. Krauss Maffei Inc. Munich. Schwaig. Germany.

Turng, L.-S. (2001). Special And Emerging Injection Molding Processes. Department of Mechanical Engineering University of Madison, University Avenue Madison, Journal of Injection Molding Technology. Wisconsin. USA.

Love, J.C., Goodship, V. (2002). In Mold Decoration of Plastics. (Yer Düşülmemiştir).

Knights, M. (2002). In-Mold Lamination. Plastics Technology. USA.

Mitzler, J., Vasilj, A., Schmidt, M. (2003). In Mould Decoration on Modified Standard Machines. Krauss Maffei Inc. Germany.

Mitzler, J., Jansson, H., Kaufmann G. (2004). Preforming and In-mould Lamination in one Operation. Krauss Maffei Kunststofftechnik GmbH. Collins & Aikman Automotive Interior Systems. Georg Kaufmann Formenbauund Tech-Center AG. Munich/Germany. Skara/Sweden. Busslingen/Switzerland.

Michael, F., (2007). Tecomelt Technology. Engel Inc. Austria.

Chena, S.-C., Lic, H.-M., Huang, S.-T., Wanga, Y.-C., Chung, L. (2010). Effect of Decoration Film on Mold Surface Temperature During In Mold Decoration Injection Molding Process. Department Of Mechanical Engineering, Chung Yuan Christian University. Chung Yuan Christian University. Advanced Polymer Processing Technologies Of National Engineering Research Center. Zhengzhou University. Taiwan. China.

Mitzler, J., Brockmann, C., (Tarih Düşülmemiştir). Fewer Production Stages, Shorter Cycles. Krauss Maffei Inc. Germany.

Kuhlmann, G.-H., (Tarih Düşülmemiştir). Manufacturing of Composites, Melt Compression Molding a One-shot Process for In-mold Lamination and Compression

Molding by Melt Strip Deposition: Special Molding Techniques, (Yer Düşülmemiştir), pp: 171-185.

Huber, T. (Tarih Düşülmemiştir). In Mold Lamination Back Compression Molding: Special Molding Techniques, (Yer Düşülmemiştir), pp: 186-192.

Brockmann, C., Michaeli, W., (Tarih Düşülmemiştir). Injection Compression Molding. A Low Pressure Process for Manufacturing Textile Covered Moldings: Special Molding Techniques, Germany, pp: 215-221.

Anonim, (Tarih belirtilmemiştir). Plastic Enjeksiyon Kalıplama. <http://www.cncteknoloji.net/plastik-enjeksiyon-kaliplama/plastik-enjeksiyon-kaliplama.html/comment-page-1> - (Erişim tarihi: 14.07.2011).

Rosato, D., (2007). In Mold Decorating Consumer Electronic Appliances. <http://www.omnexus.com/resources/editorials.aspx?id=17665> - (Erişim tarihi: 10.06.2011).

Kazmer, D.O., (2006). Injection Molding. Department of Plastics Engineering, University of Massachusetts Lowell, Massachusetts, U.S.A. pp: 1401-1409.

O'Dowd, F., Gilchrist, M.D., (2004). Optimizing Molding Conditions to Improve the Quality of Injection-Molded Parts: A Design of Experiments Approach. Department of Mechanical Engineering, University College Dublin, Ireland, pp: 1-9.

Wong, A.C.-Y., Liangb, K.Z., (1997). Thermal effects on the behaviour of PET films used in the in-mould-decoration process involved in plastics injection moulding. Department of Industrial & Manufacturing Systems Engineering The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong. Department of Chemical Machinery, South China University of Technology, Guangzhou 510641, People's Republic of China. pp: 510-513.

Puentes, C.A., Okoli, O.I., Park, Y.-B., (2008). Determination of effects of production parameters on the viability of polycarbonate films for achieving in-mold decoration in resin infused composite components. High-Performance Materials Institute, Florida A&M University – Florida State University College of Engineering, 2525 Pottsdamer

Street, Tallahassee, FL 32310-6046, USA. School of Mechanical and Advanced Materials Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology, 685 Namyoedong, Jung-gu, Ulsan 681-800, Republic of Korea. pp: 368-375.

Kim, S.Y., Kim, J.Y., Kim, S.H., Lee, S.H., Youn, J.R., Lee, S.H., Kim, K.W., (2010). Numerical flow analysis on warpage of film insert molded parts with fiber reinforced polymer substrate. Research Institute of Advanced Materials (RIAM), Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-744, Korea. Petrochemicals & Polymers R&D, LG Chem, Ltd, Moonji-Dong, Yuseong-Gu, Daejeon, 104-1, Korea. Precision Molds and Dies Team, Korea Institute of Industrial Technology, Songdo-Dong, Yeonsu-Gu, Incheon, 406-840, Korea. Cresin Co. Ltd, 1415-3, Moonbang-Ri, Seongju-Gun, Gyung-sangbuk-Do, 719-834, Korea. pp: 179-186.

Knights, M., (2004). IMD Tooling & Robotics. Plastics Technology.

Vasilash, G.S., (2004). Injection molding for interiors-including fabrics. Automotive Design & Production, Cincinnati.

Griffin, P.J., Singer, S.L., (1999). New Methods for Decorating Molded Parts. Materials engineering. <http://www.machinedesign.com>

Knights, M., (2003). Sequential Valve Gating: Ultimate Control for the Toughest Molding Jobs. Plastics Technology. Cincinnati. pp: 40-43.

Stevenson, J.F., (Tarih Düşülmemiştir). One-shot Manufacturing: What is Possible with New Molding Technologies. Special Molding Techniques. GenCorp Technology Center, Akron, OH 44305, USA. pp: 1-14.

Güneş, A.T., (2005). Plastik Enjeksiyon Kalıpları. TMMOB Makine Mühendisleri Odası.

Turaçlı, H., (2003). Enjeksiyon Kalıpları İmalatı, PAGEV yayıncılık, İstanbul.

Kluz, J., Çeviren: Erci, G., Plastik Ve Metal Döküm Kalıpları, Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Ve Teknik Öğretim Kitapları, Etüt ve Programlama Dairesi Yayınları, Balyan Matbaası, Ankara.

Ayar, Ç., (2002). Enjeksiyon Kalıplarında Üretim Analizinin Bilgisayar Ortamında Örnek Bir İçin Simülasyon, Yüksek Lisans Tez, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Acar, T., (2002). Plastik Enjeksiyon Kalıpları İçin Bilgisayar Destekli Soğutma Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tez, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ataşımşek, S., (2002). Plastik ve Metal Kalıpçılığı Teknikleri, Birsan Yayınevi, İstanbul.

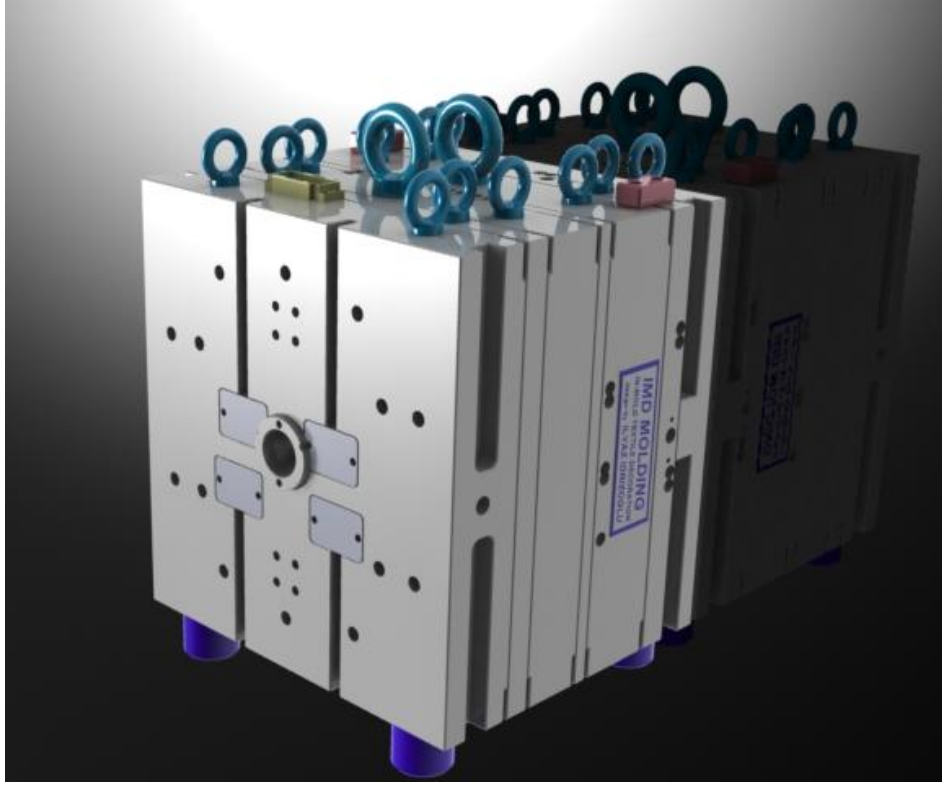
Uzun, İ., Erişken, Y., (1984). Hacim Kalıpçılığı, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.

Demirci, A.H., (2004.) Mühendislik Malzemeleri, Önemli Endüstriyel Malzemeler ve Isıl İşlemler, Aktüel Yayınevi, Bursa.

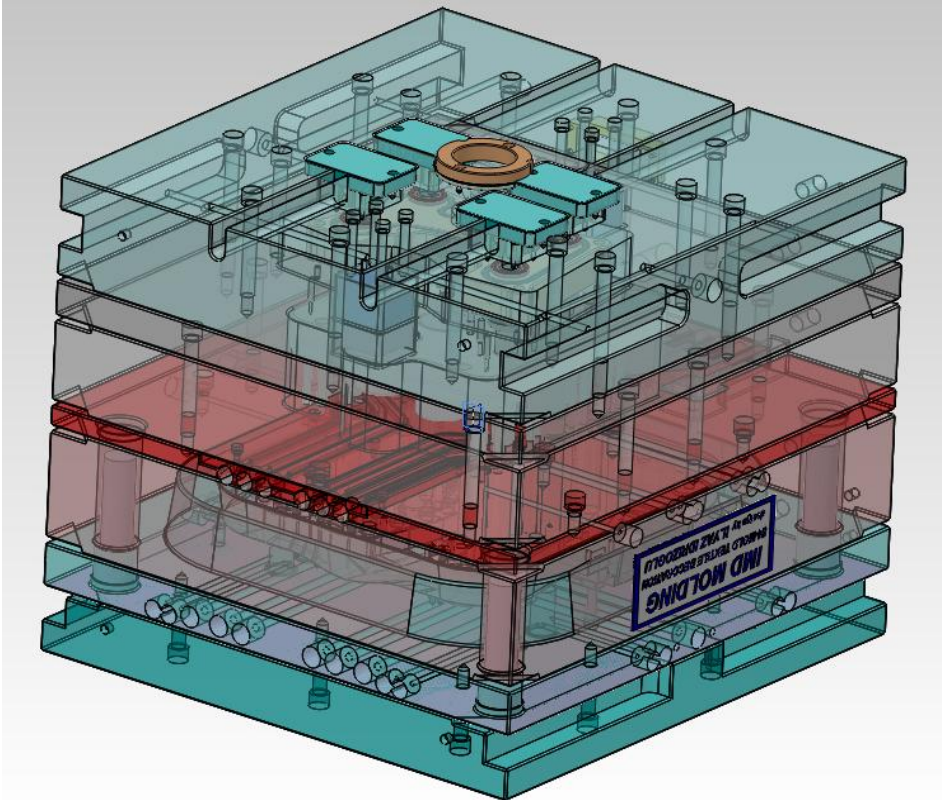
EKLER

EK 1

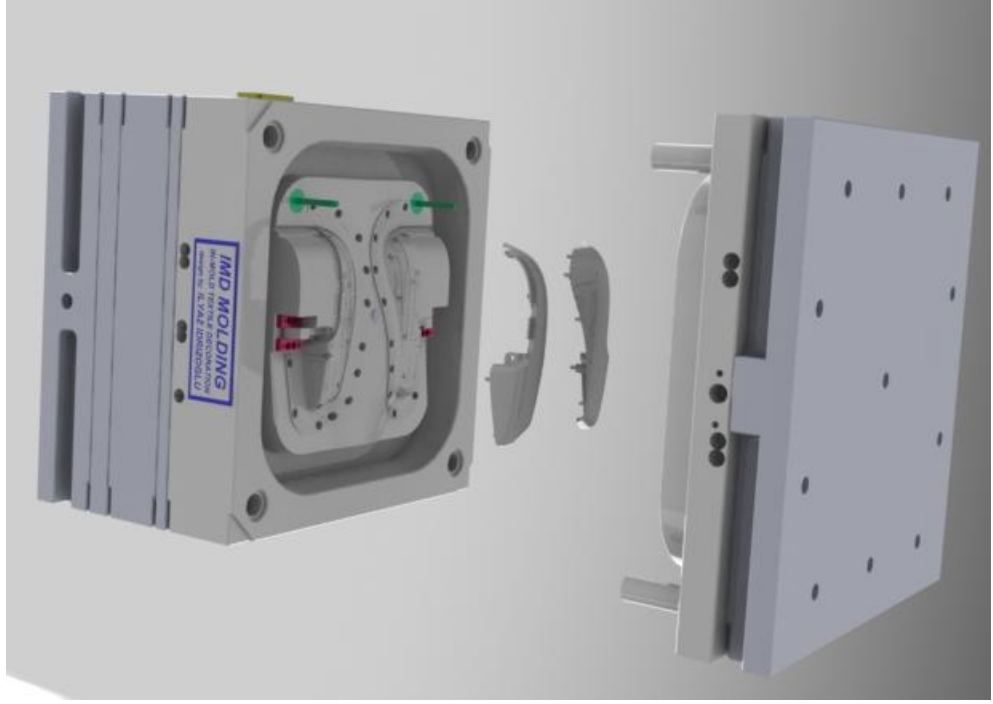
**KULP GÖVDESİ PARÇASININ KALIP İÇİ KUMAŞ KAPLAMA YÖNTEMİYLE
TASARLANMIŞ KALIBINDAN GERÇEKÇİ GÖRÜNÜŞ RESİMLERİ**



Şekil 5.30. Geri enjeksiyon yöntemiyle kalıp içi kumaş kaplama kalıp montajı



Şekil 5.31. Kulp gövdesi kalıbının transparan görüntüsü



Şekil 5.32. Geri enjeksiyon yöntemiyle çalışan kalıp içi kumaş kaplama kalıbı



Şekil 5.33. Geri enjeksiyon yöntemiyle çalışan kalıp içi kumaş kaplama kalıbının erkek ve dişi blokları

EK 2

KALIP İÇİ KUMAŞ KAPLAMA KALIPLAMASI YÖNTEMİYLE ÜRETİLMİŞ
OTOMOTİV ÜRÜN RESİMLERİ



Şekil 5.34. MB A-Klass kapı paneli



Şekil 5.35. BMW Mini kapı paneli



Şekil 5.36. BMW altı kapı trimi



Şekil 5.37. Audi A4 sütun sistemi



Şekil 5.38. Audi B-sütün kapağı



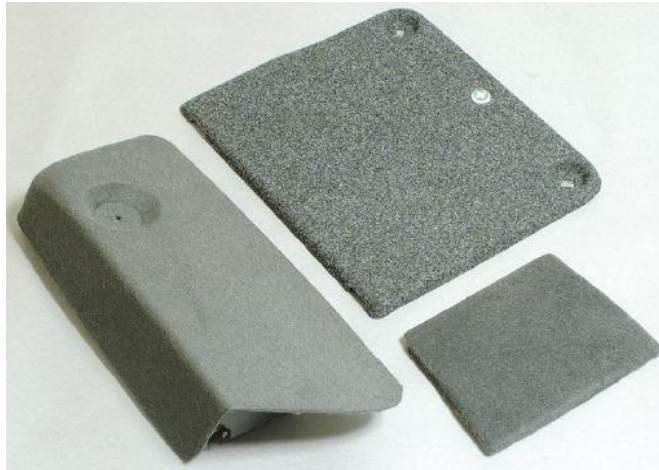
Şekil 5.39. Audi C-sütün kapağı



Şekil 5.40. VW Passat C/D sütün kapağı



Şekil 5.41. Audi A6 Avant hatch back iç mekân trimi



Şekil 5.42. VW Passat, VW Golf iç mekân trimi

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: İlyaz İDRİZOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi: Makedonya, 01.01.1984
Yabancı Dili: İngilizce ve Makedonca

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Gostivar Belediyesi Fen Lisesi, 1998-2002

Lisans: Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 2002-2006

Yüksek Lisans: Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Yüksek Lisansı, 2008-2011

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

“Erdem Kalıp”: Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Üretimi – İstanbul, Eylül 2009 – Nisan 2011.

“AK-İŞ Kalıp”: Plastik Enjeksiyon Kalıp ve Sac Kalıp Tasarımı ve Üretimi – İstanbul, Nisan-Haziran 2009.

“FMK Makine Tasarım Kalıp ve Yedek Parça”: CNC Freze ve Torna Seri Üretimi – İstanbul, Şubat-Nisan 2009.

İletişim (e-posta): iidrizoglu@gmail.com

İnternet sitesi: www.ilyazidrizoglu.com

Yayınlar: İdrizoglu, İ., 2011. Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımında Analiz Yazılımlarının Yeri. TürkCAD/CAM İnternet Sitesi, <http://www.turkcadcaml.net/rapor/pek-analiz/>, Türkiye.