



**PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNESİ TASARIMI VE
İMALATI**

Asım ÖZBİLGİ

**Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇOLAK
2019**

(Her Hakkı Saklıdır)

**T.C.
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNESİ TASARIMI VE İMALATI
(Plastic Injection Molding Machine Design and Manufacturing)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Asım ÖZBİLGİ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇOLAK

**Bayburt
Ağustos, 2019**

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇOLAK danışmanlığında, 142001010 numaralı Asım ÖZBİLGİ tarafından hazırlanan “Plastik Enjeksiyon Makinesi Tasarımı ve İmalatı” konulu bu çalışma .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇOLAK

İmza:

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Hakan YETGİN

İmza:

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Hamid YILMAZ

İmza:

Bu tezin Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

.... /...../.....

Doç. Dr. Fatih GÜRBÜZ
Enstitü Müdürü

ETİK VE BİLDİRİMİ SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Plastik Enjeksiyon Makinesi Tasarımı ve İmalatı” başlıklı çalışmamın tarafımdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını ve yararlandığım eserleri kaynakçada gösterdiğimi beyan ederim.

.../.../...

Asım ÖZBİLGİ

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmamda, bana bu alandaki bilgileriyle ve tecrübeleriyle sürekli destek sağlayan, ne zaman yardıma ihtiyacım olsa beni güler yüzüyle karşılayan, bana yardımcı olabilmek için benimle çalışan denemeler yapan, bu çalışmada benim kadar yorulan çalışan büyük fedakârlıklar gösteren, meslek hayatımda da bana yardımlarını sürdüren sürdürmeye de devam edeceğine inandığım danışman hocam, Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇOLAK'a teşekkür eder ve şükranlarımı sunarım.

Yüksek Lisans çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen değerli öğretmen arkadaşlarım Davut Somuncu, Fırat Aydoğdu, Eren Yıldırım'a ayrı ayrı teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Yaptığımız bu çalışmanın bu aşamaya kadar gelmesinde emeği geçen, "*ne zaman istersen, biz de yardım edelim*" diyen, adını burada yazamadığım bütün arkadaşlarıma sevgilerimi ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu günlere gelmemde, çalışma aşkının içime doğmasında her zaman bana destek olan, motive eden sen yaparsın diyen, huzurlu uygun çalışma ortamı sağlayan, her türlü desteği veren hiçbir isteğime yok olamaz demeyen sevgili eşime ve değerli aile büyüklerime teşekkür ederim.

Asım ÖZBİLGİ

Ağustos/ 2019

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNESİ TASARIMI VE İMALATI

Asım ÖZBİLGİ

Ağustos, 2019, 67 sayfa

Yapılan bu çalışmada, klasik yatay eksenli plastik enjeksiyon makinesinin eksikleri araştırıldı. Daha ekonomik ve bakımları kolay yapılabilecek bir tezgâh tasarlanmıştır. Aynı zamanda bakım masraflarının azaltılabileceği bir makine tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırmalardan dikey eksenli plastik enjeksiyon makinelerinin daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Diğer yenilik makinenin ütüleme ve baskı sisteminin geleneksel enjeksiyon makinelerin de kullanılmayan pnomatik sistemin kullanılmasıdır. Diğer yapılan bir değişiklik de geleneksel enjeksiyon makinelerinde bulunan helisel vida sistemini kullanmayıp tezgahın bakımlarını kolaylaştırmak ve bakım maliyetini düşürmek oldu. Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen plastik enjeksiyon makinesinin sağladığı avantajlardan en önemlisi yatay eksenli plastik enjeksiyon makinelerinde ham granülü taşımak için kullanılan konik helisel vida sistemini kullanmamak oldu. Bunun avantajı maliyeti düşürmek oldu. Zamanla oluşan vida aşınmaları ve temizliğide ortadan kalkmış oldu. Tasarımı gerçekleştiren enjeksiyon makinesinde içi honlanmış(pürüzsüz) 2 parmak çapında boru içine açılan kısımdan granül enjeksiyon makinesine yükleniyor, borunun etrafına kelepçe ile montajlanmış termostatlı rezistans ile granülü istenilen derecede ertiliyor ve bir pnomatik sistemle meme ağzına oradan da kalıp boşluğuna enjekte ediliyor. Burada sistemin sade ve basit olması sırasıyla maliyet düşüklüğü, bakım kolaylığı ve sadelik sağlıyor. Herhangi bir deney ortamında, çok fazla operatör bilgisine ihtiyaç duymadan çalışma gerçekleştirilebiliyor.

Anahtar kelimeler: Granül, helisel vida, enjeksiyon, pnomatik

ABSTRACT

MASTER THESIS

PLASTIC INJECTION MOLDING MACHINE DESIGN AND MANUFACTURING **Asım ÖZBİLGİ**

August, 2019, 67 pages

In this study, deficiencies of classical horizontal axis plastic injection machines were researched. More economic and an easy maintainable workbench designed. At the same time, a machine design was carried out that its maintenance expenses will be tightened. Following the searches, it is seen that vertical axis plastic injection machines give better results. Another innovation is that pneumatical system used in ironing and fusing system normally not used in conventional injection machines. The other innovation is also to lower the maintenance expense and make workbench maintenance easier by not using helical screw systems in conventional injection machines. The most important advantage provided by the designed and manufactured machine was that conic helical screw system-carries raw granule to nozzle in horizontal axis plastic injection machines-was not used. The advantage of this was to lower the cost. And also, cleaning difficulty and occurred screw corrosion over time were removed. In designed injection machine, the granule is being loaded into injection machine from the part drilled in a simple honed two finger caliber pipe, other mostat control resistance mantoged around the pipe with a bracket the granule is fused in desined temperature with and injected to nozzle and than to the mould cavity. Being plan and simple, the system provides cost lowness, maintainability and simplicity in turn. The work will be carried out without needing much operator skill in any test environment.

Keywords: Granular, helical screw, injection, pneumatic

İÇİNDEKİLER

ETİK VE BİLDİRİMİ SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZ	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xi
Giriş	1
Kuramsal Temeller.....	11
Plastik.....	12
Plastiğin Özellikleri	11
Plastiğin Türleri	12
Takviye Dolgulu ve Ek Malzemeler.....	13
Sık Kullanılan Termoplastikler	14
Akrilonitril butadien stiren (ABS).	14
Polistiren (PS).	14
Polimetil metakrilat (PMMA).	14
Polivinil klorür (PVC).	14
Polipropilen (PP).	14
Poliasetal (POM).	15
Poliamid (PA).	15
Polietilen (PE).	15
Plastiklerin Mekanik Özellikleri.....	15
Plastiklerin Termal Özellikleri	16
Plastik Enjeksiyon İşleminde Kritik 4 Nokta	16
Plastik Erime Sıcaklıkları.....	17
Kovan Sıcaklığı.....	17
Meme Sıcaklığı.	17

Plastik Akış Oranları.....	17
Enjeksiyon Basıncı ve Geri Basınç.....	18
Soğutma Oranları ve Zamanlama.....	18
Maliyetler İçin İpuçları.....	18
Türkiye’de Plastik Sektörü.....	21
Plastik Ürünlerin İmalat Yöntemleri.....	23
Pnوماتik Sistemler.....	23
Pistonlu kompresörler.....	24
Diyaframli kompresörler.....	25
Vidalı kompresörler.....	26
Roots tipi kompresör.....	26
Kayar kanatlı kompresör.....	27
Türbin tipi kompresörler.....	27
Şartlandırıcı.....	27
Susturucular.....	28
Basınç Anahtarı.....	29
Uygun Pnömatik Sistem Seçimi İçin Çalışmalar.....	29
Tek etkili silindir.....	30
Çift etkili silindir.....	30
Yastıklı tip silindir.....	31
Materyal ve Metod.....	32
Plastik Enjeksiyon Makinesinin Tasarımı.....	32
Tasarımda Kullanılan Temel Unsurlar.....	32
Enjeksiyon Makinesi İskeletinin Tasarımı.....	32
Piston-Kovan Bağlantısı.....	34
Alt Tabla Tasarımı.....	35
Pistonun Şaseye Bağlantı Şeması.....	36
Makinenin Patlatılmış Resmi.....	37
Alt Tabla Hareket Mekanizması.....	38
Elektrik Devre Elemanları.....	39

Sinyal lambaları.	39
Acil stop butonu.	39
Termostat.....	40
Kullanılan rezistansın seçimi.	40
Termostat bağlantısı.	41
Plastik Enjeksiyon	42
Plastik Enjeksiyon Makineleri.....	42
Yatay Eksenli Enjeksiyon Makineleri	42
Dikey Eksenli Enjeksiyon Makineleri	43
Plastik Enjeksiyon Makinesi Kısımları	44
Tümden Elektrikli Plastik Enjeksiyon Makineleri	45
Hidrolik Enjeksiyon Makinesinde İş akışı.....	46
Araştırma Bulguları ve Tartışma.....	48
Plastik Enjeksiyon Makinesinin İmalat Aşamaları.....	48
Şase profili.	51
Alt tabla.	52
Alt tabla hareket mekanizması.	53
Enjeksiyon birimi.	55
Boru-Şase ara bağlantı plakası.	56
Sıvı eriyik püskürtme memesi.....	57
Pnomatik piston.....	58
Piston kolu.....	59
Pistonu-Şase montaj plakası.....	60
Elektrik Panosunun Oluşturulması	61
Sonuçlar ve Öneriler	63
Kaynakça.....	63
Özgeçmiş.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Pistonlu Kompresörler (Kayı, 2006).....	25
Şekil 2. Diyaframlı Kompresörler (Kayı, 2006).	25
Şekil 3. Vidalı Kompresörler (Kayı, 2006).....	26
Şekil 4. Roots tipi kompresörler (Kayı, 2006).	26
Şekil 5. Kayar kanatlı kompresörler (Kayı, 2006).....	27
Şekil 6. Şartlandırıcı (Kayı, 2006).	28
Şekil 7. Susturucu (Kayı, 2006).	28
Şekil 8. Basınç anahtarı (Kayı, 2006).	29
Şekil 9. Düz pnomatik sistemler (Kayı, 2006).....	29
Şekil 10. Tek etkili silindir (Kayı, 2006).	30
Şekil 11. Çift etkili silindir (Kayı, 2006).	30
Şekil 12. Yastıklı tip silindir (Kayı, 2006).....	31
Şekil 13. Şase tasarımı.	33
Şekil 14. Piston-Kovan tasarımı.	34
Şekil 15. Tabla-Ayak bağlantısı.....	35
Şekil 16. Piston bağlantı şekli.	36
Şekil 17. Plastik Enjeksiyon Makinesi Patlatılmış Resim.	37
Şekil 18. Alt tabla kaldırma mekanizması.	38
Şekil 19. Sinyal lambaları (MEGEP).	39
Şekil 20. Acil stop butonu (MEGEP).	39
Şekil 21. Termostat (MEGEP).	40
Şekil 22. Meme Rezistans (MEGEP).....	41
Şekil 23. Termostat bağlantısı (MEGEP).	41
Şekil 24. Yatay Eksenli Plastik Enjeksiyon Makinesi.....	43
Şekil 25. Dikey Eksenli Plastik Enjeksiyon Makinesi.....	44
Şekil 26. Plastik enjeksiyon kalıplama makinası ve elemanları (Köse, 2006).	44
Şekil 27. Tümnden Elektrikli Plastik Enjeksiyon Makinesi (Köse, 2006).	45
Şekil 28. Tümnden Elektrikli Plastik Enjeksiyon Makinesinde İş Akışı (Köse, 2006).	46
Şekil 29. Hidrolik Enjeksiyon Makinesinde İş Akışı (Köse, 2006).	47
Şekil 30. Plastik Enjeksiyon Makinesi genel görünüşü.....	49
Şekil 31. Makinenin İskeleti.	50
Şekil 32. 40*40 Şase Profili.....	51
Şekil 33. Hareketli alt tabla.....	52
Şekil 34. Helisel hareket vidası.....	53
Şekil 35. Ayak Mekanizması.	54
Şekil 36. Honlanmış Kovan.	55
Şekil 37. Boru Montaj Plakası.	56
Şekil 38. Sıvı Ergiyik Püskürtme Memesi.....	57
Şekil 39. Çift Etkili Silindir.	58
Şekil 40. Piston Kolu.	59
Şekil 41. Piston-Şase montaj plakası.	60
Şekil 42. Elektrik Panosu.	61
Şekil 43. Maskot Kalıbı Teknik Resmi.....	62

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

α	: Isı yayılım katsayısı, m ² /s
A	: Isı transfer yüzeyi, Lüle iç alanı, m ²
c_P	: Sabit basınçta özgül ısı, kJ/kgK
C	: Isı kapasitesi, kJ/K
D_a	: Dişli dış çapı, m
D_b	: Vida yuvası çapı, m
D_r	: Dişli iç çapı çapı, m
E	: Vida kalınlığı, m
F_o	: Fourier sayısı
F_t	: Kramayer dişlisinin teğetsel kuvveti, N
G, \dot{m}	: Enjeksiyona giren toplam katı termoplastik debisi, kg/s
h	: Entalpi, kJ/kg
h	: Vida yuvası boşluğu, Lüle yüksekliği, m
L	: Yolluk uzunluğu, Kovan boyu, m
\dot{m}_P	: Hareketle oluşan kütleli debi, kg/s
\dot{m}_d	: Kütleli sürüklenme debisi, kg/s
\dot{m}_l	: Kaçak kütleli debi, kg/s
N	: Devir sayısı
P	: Düzeltilmiş enjeksiyon basıncı, Pa
P_{in}	: Enjeksiyon basıncı, Pa
s	: Plaka kalınlığı, Vida adımı, m
t	: Zaman, s
T	: Sıcaklık, K
T_a	: Ergiyiğin enjeksiyona giriş sıcaklığı, K
T_w	: Kalıp sıcaklığı, K
T_b	: Kalıp çıkış sıcaklığı, K

BİRİNCİ BÖLÜM

Giriş

Teknolojide önemi giderek artan plastik ürünler sağladığı pek çok avantajlardan ötürü kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Hafif, dayanıklı, kolayca şekil alabilmelerinden ötürü plastik ürünler, kâğıt, cam, tahta, keten, pamuk, demir gibi ham maddeye sahip ürünlerin yerlerini almışlardır. Bugün yaklaşık yirmi bin civarında sadece tezgâha uyumlu granül ürün türü bulunmakta ve bu sayı değişen ihtiyaçlara göre gün geçtikçe sürekli artmaktadır.

Günlük hayatta en fazla kullanılan malzeme olan plastikler, ülkemizde de giderek artan bir kullanılma oranına sahiptir. Ülkemizde 2013 yılının on birinci ayında otuz bir buçuk milyar değerinde, yedi virgül altı milyon kilogram plastik ürün üretilmiştir (Plasfed, 2014). Plastik sektörü, bütün Avrupa da bulunduğu gibi Türkiye’de de birçok alanda kullanılmaktadır. Türkiye’de plastik kullanımında ambalaj sektörü yüzde 36, yapı malzemeleri yüzde 23, elektrik yüzde 10, tarım yüzde 6, giyim, ayakkabı ve otomotiv yüzde 4, yüzde 17 ile de diğer sektörler gelmektedir (Demirci, 2012).

Plastik sektörü Türkiye’de en hızlı büyüyen sektörler arasında olup 2013 yılsonu tahmini değerlerine göre; 2000-2015 yıllarında yatırım tutarı, altı nokta beş milyar liraya ulaşmıştır (Plasfed, 2014). Ülkemiz de plastik işleme kapasitesi İspanya’dan sonra Avrupa’da 6. sırada yer almakta olup dünya plastik sektöründe % 1,6 paya sahip düzeydedir (Demirci, 2012). Plastik sektörünün ülkemizde ve dünyada bu kadar büyük rakamlara ulaştığı göz önüne alındığında yerli kaynaklara dayalı bir üretim döngüsünün olması büyük önem arz etmektedir. 2013 yılsonuna kadar sektördeki makina teçhizat yatırım değerinin 730 milyon dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Demirci, 2012).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, istenen plastik baskısı için uygun değerleri tespit etmede pek çok metot kullanıldığı görülmektedir. Bazı çalışmalar sensörlerden yardım alarak yapılırken, bazıları ise matematiksel modellemelerden ve simülasyon programlarından destek almaktadır. Birçok kez ise, daha geçerli sonuçlar elde edebilmek için her iki metot birlikte kullanılmaktadır. Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte yöntemlerin sayısı ve kararlılığı artmakta ve daha yakınsak çözümlere ulaşmaktadır. Literatürler incelendiği zaman aşağıdaki bilgi ve deneyimler elde edilmiştir.

Chen, Sundararaj ve Nandakumar (2003)'ın makalelerinde, hazırlamış oldukları yapay zekâ algoritmasıyla istenilen malzemenin üretilebilmesi amacıyla çalışma yapılmıştır. Kalıp içindeki dolma, paket etme ve soğuma başmakları incelemeye alınmıştır. Devamlılık, momentum, enerji ve Newton'un 2. Yasası kabul denklemi olarak kullanılmıştır. Tasarım modellemesini yapmak için bazı değişkenler kabul edilmiştir. Devamlılık denklemlerinde vizkozitenin sıkışabilir olduğu, momentum denklemindeyse vizkozitenin sıkışamaz olduğu varsayılmıştır. Bunların dışında akışın laminer ve kalıbın dolum aşamalarında olduğu varsayılmıştır. Akışkanlığın hesaplamalarında Cros yöntemi kullanıldı. Hacim, Basınç, ısı tarzı davranışlar Taite denklemiyle çözülmüştür. Kalıbın yanakları eşit sıcaklıklarda kabullenilmiş ve soğuma kademesinde kararsız sıcaklık iletimi kullanıldı. Kavitee basıncı, Hagen-Poisellei yöntemiyle hesapları halledilmiştir.

Masse (1997)'nin tezinde, kalıbın içerisindeki önceden yerleştirilmiş olan sensörler kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada, kalıbın içindeki değişik noktalarda bulunan hareket halindeki ısı sensörlerinin gerçek sıcaklık değerlerine olabildiği kadar yakın sıcaklık değerleri elde edilmesi amaç edilmiştir. Fakat birçok sıkıntı ile karşı karşıya kalınmış, özellikle vizkoziteye temas halinde bulunan sensörlerden anlaşıldığı kadarı ile akışın davranışına etki ettiği görülmüştür. Kalıbın içinde akışkanın ısısının istenilen dereceye gelmesi adına memelerdeki sıcaklık değerinin takip edilebilmesinin çok önemli olduğu tespit edilmiştir. Tam manasıyla sıcaklıkların kontrol edilebilmesi amacıyla, farklı yöntemler bulunmalı ve ölçülen değerlerin de karşılık bulması gerektiği anlatılmıştır.

Galantucci ve Spina (2003)'in çalışmasında Plastik Enjeksiyon makinelerinde dolum ve devamında meydana gelen oluşumları araştırmak amacıyla çözüm tekniği olarak sonlu elemanlar ve sonlu farklar kullanılıp, plastik malzemelerin Newton'un olmayan, sıkışabilir ve faz değişkenli yapıda olduğu kabullenilip olayı en iyi tarif edebilecek yöntemin Hele-Shaw akış yöntemi olduğu kabul edilip uygulama aşamasına geçilmiştir. Akışın vizkozitesi için Cross, sıkışabilirlik adına Taite denklemleri kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonunda hazırlanmış olan sayısal eşitlikleri karşılaştıran programlar yapılmıştır. Hal değişkenliğinin önemsendiği bir takım çalışma olarak düşünüldüğünde epeyce başarılı görülmüştür.

Chang ve Yang (2001) tarafından yapılmış olan kalıbın boşluklarındaki genişliklerin değişmesinin sürekli doluma nasıl etki ettiğini görmek adına dolma analizi Moldlow çevrim programından yararlanılarak kullanılmıştır. Üç eksene bağlantılı olup devamlılık, momentum ve enerji denklemleri yazılmıştır. Çalışmalarda 3 değişik modelleme için deneyler yapılmış olup sonuçların cebirsel modellere uygun olduğu tespiti yapılmıştır. Kalıbın

dolum alanları tabir edilerek istenilen dolum noktasına ulaşmadaki ehemmiyet anlatılmaya çalışılmıştır.

Versteeg ve Malalasekara (1998)'in tezinde, He-Ne lazeri ile foto çoğaltıcı (photo multiplier) cihazının kullanımıyla kalıbın iç boşluğu aydınlatıldı optik sensörler yardımıyla ışığın yoğunluk şiddeti değerlendirildi ve ergimiş plastiğin kalıp içerisindeki katı duruma geçme oranı tespit edilmeye çalışıldı. Yapılan bu çalışma esnasında 3 çeşit plastik madde kullanıldı. Bu maddeler polipropilen, polistiren ve yüksek yoğunlu polietilen malzemelerdir ve bunların kalıp içerisindeki hareketleri karşılaştırılıp incelenerek bir sonuca varılmıştır. Hazırlanan optik sensörlü sistem, dolma, paketleme ve soğutma aşamalarında belirleyici etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Optik sensör, farklı basınçlarda malzemenin katılaşmadaki değişim oranlarını göstermektedir. Ayrıca farklı soğutma koşullarında sıcaklığa bağlı katılaşma oranı da tespit edilmiştir. Bu çalışması daha çok, malzemelerin morfolojik farklılıklarından faydalanarak hazırlanmıştır.

Erdemir (2010), tarafından yapılan bu çalışmada, hesaplamalı akışkanlar dinamiği analiz programı FLUENT ile adyabatik, mikro kanallarda akışın karakteristiği incelenmiş olup başka bir deneysel çalışmayla sonuçlar karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Çalışmada, akış laminar kabul edilip, 50 µm, 76 µm, 101 µm çaplarında 0.1m boyunda pürüzsüz adyabatik mikro borular için FLUENT ile analizler yapılmış olup çıkan sonuçlar deneysel sonuçlarla mevcut bağıntılar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar, basınç düşüşü ve viskoz ısınma üzerine yapılmıştır. Sonuç olarak çap küçüldüğünde basınç düşüşü değerlerinde bir artışın mümkün olduğu ve bu sonuçlarda teorik bağıntılar ve deneysel veriler ile önemli ölçüde uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir. Fakat viskoz ısınma sebebiyle gerçekleşmesi beklenen sıcaklık artışı deney sonuçlarındaki artış kadar yüksek değerlere çıkmadığı tespit edilmiştir. FLUENT sonuçlarındaki basınç düşüşü değerleriyle,Hagen-Poiseuille denklemi sonuçlarının benzer olduğu belirtilmiştir.Fakat sıcaklık artışında sonuçlar, adyabatik koşullarda bir mikro kanal akışındaki viskoz ısınmayı belirlemek üzere kullanılan Morini denklemi ile uyumlu çıkmadığı görülmüş, bu yüzden daha başarılı olması için viskoz ısınmasını modellemeye eklenmesi tavsiye edilmiştir. Kullanılan bilgisayar sistemi çözümlenmeye çok yeterli gelmediği için hassas mesh ve çözümlemede detayla uygulanamamıştır.Bunlar sağlandığı takdirde daha başarılı olacağı vurgulanmıştır.

Chen ve Turn (2005) tarafından yapılan çalışmada sıkıştırılamaz akışa sahip üç boyutlu kalıp dolum aşamasının termal problemlerin çözümünde Taylor'un süresiz Galerkin yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem sıcaklığa bağlı viskozite, kayma, konveksiyon ve konduksiyonla ısı transferini kapsamakta olup hareketli serbest yüzeylerdeki izotermal

olmayan viskozlu akışı ve sıcak polimerle, soğuk kalıp yüzeyinin oluşturduğu termal şok simüle edilmiştir. Bu yöntem özellikle enjeksiyonla kalıplamadaki polimerler için kararsız üç boyutlu sıkıştırılmaz viskozlu akışlar için geliştirilmiştir. Üç boyutlu izotermal olmayan akışların nasıl explicit, süreksiz, sonlu elemanlarla çözülebileceği gösterilmek istenilmiştir. Çalışma üç aşamadan oluşmakta olup ilk aşamada nümerik yöntemde Taylor Galerkin yapısı ve onun explicit çözümü, sıcaklık alanı ve ısı akısının (sıcaklık gradyeni) karışık süreksiz interpolasyonuna dayanmaktadır. İkinci aşamada üç boyutlu izotermal olmayan kalıp dolumun nümerik simülasyonu gösterilmiş ve son aşamada da benzetim sonuçları tartışılmıştır.

Mok, Chin ve Lan (1999)'nin yaptıkları bu çalışmada enjeksiyonla kalıplama baskı yönteminde bulunan tüm parametrelerin çeşitli değer saptama yöntemleriyle bulunabilmesi üzerine çalışılmıştır. Yapay sinir ağı, genetik algoritma, durum tabanlı çıkarsama teknikleri denenmiştir. Yapay sinir ağı yöntemi ile tekrar tekrar deneme yapılması gerektiği için çok uzun sürdüğü, genetik algoritmada seri sonuç alınabileceği yerlerde ise uzun süren işlemlere kaldığı gözlemlenmiştir. Durum tabanlı çıkarsama da ise deneyimli elemanlar bulunmadığı zamanlarda sonuç almak zorlaşmıştır. Bu nedenle başta yapay zekâ yöntemi olmakla birlikte birden çok yöntemle çalışmanın daha başarılı sonuçlar elde edeceği sonucuna ulaşılmıştır.

Szozke (2000), yaptığı tez çalışmasında, enjeksiyonla kalıplama sistemlerinin anlaşılması için yapılacak detaylı bir analizde CAE programlarının vazgeçilmez oldukları vurgulanarak çeşitli örneklerle kalıp modellemesi yapılmıştır. Bunun dışında iyi bir matematiksel modele de ihtiyaç olduğundan akış modellenmesinde ve ısı transferi hesabında Hele-Shaw modeli kullanılmıştır. Yapılan örnek uygulamalarda kalıp geometrisi Pro Engineer ile çizilmiştir. Ayrıca sistemdeki basınç değişimlerini hesaplayan bir program yazılmış ve Visual Basic 5 programlama diliyle tercih edilmiştir. Çizilen kalıp modeli C-Mold analiz programıyla incelenerek kalıpta iyi bir sonuç elde etmek için gerekli duvar kalınlığının seçiminin nasıl olması gerektiği gösterilmiştir.

Garcia, Courbebaisse ve Jourlin (2001)'nin çalışmalarında, tek noktadan ya da daha çok noktadan dolum anındaki kalıbın değişimi matematiksel model kullanarak bilgisayarda modellenmiştir. Burada matematiksel modellemede, Hele-Shaw klasik denklemleri, Hausdorff'un mesafe yöntemi, temel dönüş denklemleri kullanılmıştır. Bu matematiksel modelle bilgisayarda iki boyutlu analiz sonuçları elde edilerek değerlendirilmiştir.

Chang ve Yang (2002)'in yaptıkları çalışmalarında, sonlu hacimler yöntemi SIMPLE ayrıklaştırma algoritmasıyla Navier-Stokes denklemleri çözülmüştür. Yapılan çalışma izotermal, sıkıştırılmaz yüksek viskoziteli, serbest yüzeyli Newtonyan akışlar için hareketli

yüzeyle göre sunulmuş bir model olmaktadır. Sonuçta önerilen bu yöntemle kalıp dolusunda kalınlığın değıştiği ve kalın yüzeyle parçaların üretileceği Hele-Shaw yöntemine göre çok daha hızlı ve doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

Kumar, Ghoshdastidar ve Muju (2002)'nin yaptıkları çalışmada, deneysel ölçümlerin dışında sabit akış oranına sahip bir enjeksiyonla kalıplama makinesinde silindirik bir parçanın izotermal ve izotermal olmayan koşullarda kalıba dolması bilgisayarla modellenmiştir. Malzeme olarak alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) kullanılmış olup kayma hızının sıfır olmadığı yerlerde viskozite hesabı için üs yasası, kayma hızının sıfır olduğu yerlerde ise sıfır kayma viskozitesi uygulanmıştır. Matematiksel modelde diferansiyel denklemlerin çözümde sonlu farklar metodu kullanılmıştır. Sonuçlar nümerik metodun izotermal şartlarla analitik çözümün uyumlu olduğunu gösterilmiştir. Modellemenin gerçekte olduğu gibi kalıba dolum aşaması gösterilmiştir. Simülasyonla izotermal olmayan koşullarda kalıba dolum ve deneylerle tahmin edilerek saptanan soğutma zamanına göre kalıp koşulları için optimizasyonun nasıl olacağı belirlenmiştir. Optimizasyon sonucu ile uygun olacak malzemenin hangisi olduğuna karar verilmiştir.

Bikas, Pantelis ve Kanarachos (2002)'in bilgisayarda hazırladıkları Nasplan kodlarıyla, farklı üç nümerik optimizasyon metodu kullanılarak, ürün kalitesine etki eden kalıptaki döküm ağız yolunun değışerek ideal halinin bulunması sağlanmıştır. Newtonyan olmayan akışa göre viskoziteyi hesaplamak için Cross-WLF modeli tercih edilmiş olup akışın çözüm algoritmasında Hele-Shaw modeli tercih edilmiştir. Hele-Shaw modeli üç aşamayla oluşturulmuştur. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak basınç hesaplanmıştır. Sonlu farklar yöntemi kullanılarak sıcaklık hesaplanmıştır. Akışın ilerleyişı ise sonlu kontrol hacmi kullanılarak hesaplanmıştır. Optimizasyon işlemleri için akışın giriş ve çıkış kısımlarının alanları, akışın hızı, minimum enjeksiyon basıncı ve sıkma gücü gibi değerlerinin bilinmesi işlem yaparken kolaylık sağlamıştır. Optimizasyon için Hooke- Jeeves, Box, Evolution Strategy gibi farklı yöntemler kullanılmış olup bu yöntemlerden Evolution Strategy yapılan çalışmalarda sonuca en yakın değerleri veren olmuştur. NASPLAN kodlarıyla yapılan bu optimizasyon çalışmalarının sonuçları, C-Mould paket programıyla karşılaştırıldığında oldukça başarılı olmuştur. Böyle bir çalışma için kullanılan bilgisayar sisteminin optimizasyonun üstesinden gelebilmesi için basit hesaplamalarla ve pek çok sabitlerle çalışılmıştır. Sonuç olarak bu sistem sayesinde pek çok parametre, uygun değerlerle kullanılabilir hale getirilmiştir.

Nardin, Kuzman ve Kampus (2002), tarafından yapılan çalışmada, enjeksiyonla kalıplama teknolojisi için en ideal çıktı alınmasını sağlayan bir program geliştirilmiştir.

Sonuçlar geometrik ve teknik veriler içermekte olup, her iki konuyu çalışanlar için makul sonuçlar ortaya konulmuştur. Hazırlanmış olan program ile ideal çıktı için gerekli olan sonuçlar 1786 dakikada hesaplanırken klasik deneme yanılma yöntemiyle yapılmış olsaydı bu sürenin 7680 dakikada ancak gerçekleşebileceği tespit edilmiştir.

Yılmazçoban (2003)'nin tez çalışmasında, enjeksiyonlu kalıplama sistemlerindeki ünitelere ve parçalara değinildikten sonra kalıp tasarımına etki eden parametrelerin bilgisayarla modellenmesinin avantajlarından bahsedilmiştir. Kalıbın karmaşık ve detaylarının oldukça önemli olmasından ötürü imalat toleranslarının son derece dar olmasından ve CAD/CAE programlarının kullanılmasının kazanç sağlayacağı. Örnek bir uygulama olarak bir klips, Pro Engineer tasarım programıyla modellenmiş ve sistemin analizi sonlu elemanlar yöntemiyle çalışan Plastic Adviser programıyla yapılmıştır. Kalıp modelleri için Novolen, Novodur, NPP8502HK model üç farklı termoplastik malzemeler kullanılmıştır. Yapılan analizle malzemelerin kalıp boşluğundaki dolun anları incelenmiştir. Çeşitli kalıp boşluklarında ve kanal boyutlarında denenmiştir. Optimizasyon ve analizler sürecinde en önemli parametrelerin sırasıyla viskozite, basınç, dağıtıcı kanal ve giril kanal boyutları olduğu belirlenmiş ve bu parametreler incelenmiştir. Oluşan verilere göre hangi malzeme için kaçlı kavitede kalıp yapılacağı tespit edilmiştir. Sonuç olarak kalıp parametrelerinden dağıtıcı kanal ve giriş kanal boyutlarında değişiklik yapıp imalat için uygunluğu kontrol edilmiştir. Bu parametrelerde iyileştirmeler yapıldıktan sonra tekrar analiz yapılmıştır. Analiz sonuçlarıyla da deneysel yolla tespit edilen veriler karşılaştırılmıştır. Mevcut bir sistemin incelenmesinde ve geliştirilmesinde uygun programların sağladığı esneklik ve hız bu çalışmada uygulanarak görülmüştür.

Masse, Arquis ve Delaunay (2004)'nin yaptıkları çalışmada, plastik malzemelerin sıcaklıkla çok önemli değişimlere uğraması nedeniyle kalıp ile enjekte edilmiş malzeme arasındaki termal temas direncini ölçen bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır. Kalıp içerisindeki boşluğun soğutma aşamasındaki termal mekanik özelliklere dayanan simülasyonu yapılmıştır. Aynı zamanda kalıptaki ürünün soğutulması esnasında ortaya çıkan ısı transferinin simüle edilmesi üzerine de çalışılmıştır. Bunun için birkaç sensör kullanılarak sistemden sürekli değer alınmıştır. Alınan değerlerle sonlu kontrol hacmi yöntemi kullanılarak sistemdeki parametreler hesaplanmıştır. Elastik malzemenin hal denklemi yazılırken sıcaklığa bağlı Poisson katsayısı ve Young modülü kullanılmıştır. Enerji denklemi yazılıp denklemler ayrıştırılmıştır. Ayrıca bulunan sonuç Moldflow programıyla da karşılaştırılmıştır. Termomekanik yaklaşımla birlikte kullanılan nümerik simülasyon

sonuçları, yapılan deneme baskılarıyla karşılaştırıldığında paralel bir noktada oldukları görülmüştür.

Bendada, Derdouri ve Lamontagne (2004)'nin yaptığı bu çalışmada, bir kızılötesi pirometre ve iki tane termokupl kullanılarak sistem içerisindeki ve yüzeyindeki sıcaklıklara ulaşılması istenilmiştir. Pirometre ile anlık yüzeysel sıcaklık ölçümü, termokupllarla ise malzemeye kalıp arasındaki ısı akışı hesaplamasında kullanılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre, oldukça etkili sıcaklık geçişleri olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak ısıl iletkenlik değerinin kalıplama koşullarına bağlı olduğu görülmüştür. Düşük ısıl iletkenlik değerinde daha yüksek sıcaklıklara ve tutma basıncına ihtiyaç duyulmuştur. Yüksek ısıl iletkenlik değerlerinde ise soğutma süresinin daha az olduğu durumu ortaya çıkmıştır. Ayrıca ısı transferi etkisiyle baskı süresinin değişeceği belirtilmiştir.

Sato, Oka ve Murakami (2004)'nin yaptıkları çalışmasında akış hızına bağlı olarak ortalama ısı transfer katsayısı polistiren (PS) ve polipropilen (PP) malzemelerine göre ayrı ayrı bulunmuştur. Akış hızı $(0.5-2.7) \times 10^{-3}$ m/s aralığında olan ve 473.15-513.15K (200-240oC) sıcaklıkta laminar akışta polimer eriyiğinin içine yerleştirilen proplarla ısı transferi katsayısı ölçülmeye çalışılmıştır. Laminar akış türündeki eriyik polimerin akış hızı, ısı transfer katsayısına bağlı olarak değişmiş, hesaplama yapılırken kondüksiyonla ısı transferinin etkisi belirgin olmuştur. Eriyik polimerin sıcaklığa bağlı ısı transferi katsayısı, özgül ısı tarafından önemli ölçüde etkilenmiş, özgül ısının da Peclet ve Stanton sayılarından etkilendiği görülmüştür. Deney sonucunda polistiren (PS) malzemenin polipropilen (PP) malzemeye göre ısı transfer katsayısının %13-23 arasından daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca ısı transferine etki eden parametrelerin seçiminde daha hassas olunması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kim ve Turng (2004), yaptıkları makalede enjeksiyonla kalıplamadaki akış hem matematiksel olarak hem de nümerik analiz yapan Moldflow programı kullanılarak simüle edilmiştir. Sonlu farklar, sonlu elemanlar ve sonlu kontrol hacmi nümerik analiz yöntemleri incelenmiştir. Akış algoritmasında Eulerian ve Lagrangian yaklaşımlarının farkları karşılaştırılmıştır. Çalışmada matematiksel model olarak Hele- Shawn yöntemi kullanılmıştır. Genel akış denklemleri Navier-Stokes eşitlikleri kullanılarak süreklilik, momentum ve enerji denklemleri yazılmıştır. Simülasyondan kısa sürede sonuç alabilmek için sistemdeki daha az önemli parametreler ihmal edilmiştir. Sonunda ortaya çıkan 3 boyutlu Moldflow programının sonucu, matematiksel çözüme göre daha etkili ve hızlı olmuştur. Ayrıca deneme yanılma yöntemiyle ideal çıktıyı bulma yöntemlerine göre maliyetinin daha uygun olduğu görülmüştür.

Güldaş (2004), tarafından yapılan çalışmada, ergimiş plastiğin kalıp boşluğundaki akışının simülasyonunda, tüm akış parametrelerini temsil etmesi ve üç boyutlu akışları da kapsamasından dolayı, Navier-Stokes denklemleri kullanılmıştır. Akışı temsil eden diferansiyel formdaki temel denklemlerin çözümünde, diferansiyel formdaki denklem takımları sayısal çözümlene yöntemi olan sonlu kontrol hacmi yöntemi ile çözümlenmiştir. Akış alanının ızgaralara bölünmesi ile elde edilen düğüm noktaları için Tam Implicit metodu uygulanmış, akışın hangi yönden geldiğinin belirlenmesi için de Upwind metodu kullanılmıştır. Akış burnunda eriyik ile hava arasında çok büyük bir yoğunluk farkı bulunduğundan, akış burnunda Van Leer metodu kullanılarak akışın bu bölgesi Explicit yöntem gibi çözümlenmiştir. Cebirsel forma dönüştürülen denklemler Gauss-Jordan eliminasyon yöntemi kullanarak çözümlene yapan Phoenics programıyla çözümlenmiştir. Basınç teriminin hesaplanmasında SIMPLE algoritması uygulanmış, yoğunluğun sıcaklık ile değişiminde Boussinesq yaklaşımı kullanılmıştır. Hesaplamalar sırasında akış alanında katılık oranı tespit edilerek erime sıcaklığı ile camsı geçiş sıcaklığı arasındaki sıcaklık dağılımları tespit edilerek akışın olmadığı bölgeler bulunmuştur. Sistemde malzeme olarak yüksek yoğunluklu polietilen malzeme kullanılmıştır. Malzemenin reolojik özellikleri için akış indeks cihazı kullanılmış, malzemenin akıştaki davranışının görüntülenmesi için kalıbın bir tarafına cam plaka yerleştirilmiştir. Deneylem dışında Moldflow paket programıyla analiz yapılmış ve gerçek görüntülerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak sayısal çözümlenmenin paket programlara göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Pek çok değişkenin sabit olarak kabul edilmesi gerçeğe daha yakın değerler elde edilmesi için engel olduğu tespit edilmiştir.

Güldaş, Özdemir ve Uluer (2005)'in çalışmasında, plastik enjeksiyon kalıplarında, kalıp boşluğu içerisinde ergimiş plastiklerin dinamik davranışlarının ve basınç, hız, sıcaklık gibi akışın özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan lineer olmayan Navier-Stokes denklemleri sayısal olarak çözümlenmiştir. Sonlu kontrol hacmi formülasyonuna göre yapılan ayrıklaştırma işleminde Tam Implicit ve Upwind metodu kullanılmıştır. Kalıp boşluğunun iki boyutlu olarak ele alındığı çalışmada, Phoenics programı ile yapılan çözümlenmede, yoğunluğun değişimleri Boussinesq Yaklaşımı'na göre hesaplanmış, plastiğin kalıp boşluğuna dolumu simüle edilmiştir. Kalıp boşluğuna dolan ergimiş plastiğin, kalıp yüzeylerine temas ettiği anda ısı transferinden dolayı sıcaklığını kaybettiği gözlemlenmiştir. Darc'y yöntemi kullanılıp katılık oranı tespit edilerek, camsı geçiş sıcaklığının altına düşen bölgelerdeki katı katman tabakası oluşumu belirlenmiştir. Navier-Stokes denklemleri kullanılarak yapılan analizde ise ergimiş plastiğin zamana bağlı olarak kalıp boşluğuna dolma tipi belirlenmiştir.

Koyun (2005)'un yaptığı tez çalışmasında, plastik enjeksiyon kalıpları ve çeşitleri tanıtılmış, bu kalıpların yolluk sistemleri, soğutma sistemleri, itici sistemleri, maça sistemleri anlatılmıştır. Erimiş plastiğin kalıp boşluğuna akış biçiminin, hızının, basıncının, sıcaklığının ve dolma süresinin ürünün kalitesini belirlemede önemli rol oynaması nedeniyle, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde enjeksiyon makineleri, enjeksiyon prosesi ve enjeksiyon prosesinin parça ve kalıp tasarımı ile ilişkilerine değinilmiştir. Kalıplanacak ürün olan parçanın üç boyutlu modeli endüstriyel bir CAD programı (ProEngineer) ile hazırlanmıştır. Parçanın enjeksiyon baskısı ise Arburg 420C tezgahında yapılmıştır. Bu tasarımın uygunluğunu kontrol etmek amacıyla iki analiz programında da (Moldex3D ve Moldflow) ayrı ayrı doldurma analizi yapılmış ve doldurmada bazı sorunların yaşanabileceği gözlemlenmiştir. Akış analizine ilave olarak ProMechanica programı ile kalıp elemanları için yapısal analiz yapılmış ve kalıp kalınlıklarının yeterli olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan bu analizler doğrultusunda gerekli tadilatlar kalıp imalatından önce yapılarak, zaman ve maliyet kaybı düşürülmüştür. Kalıp tamamlanıp ilk baskılar alındığında analiz programlarının sonuçları ile elde edilen baskılar karşılaştırılmış ve genel olarak analiz programlarının gerçeğe yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Oluşan bazı farklılıkların sebebi olarak analiz programlarında yüzey pürüzlülüğü ve giriftliğinin doğru bir şekilde yansıtılmaması sonucuna varılmıştır.

Can (2008), tarafından yapılan bu çalışmada, enjeksiyonla kalıplama prosesiyle imal edilen bir plastik parçanın modellenmesi ve optimize edilmesi incelenmiştir. ABS ve PP termoplastikleriyle hazırlanacak ürünün tasarımı Solidworks CAD programıyla tasarlanmıştır. Optimizasyonu için Cosmosworks CAE programıyla proses yetersizliklerinin tahmini ve plastik parçaların yüzeyinde oluşan hataların analizi yapılmıştır. Plastik ürünler uygun giriş noktası, soğuma zamanı, tahmini yüzey kalitesi, soğuma kalitesi, çıkma açısı analizi ve statik analiz için çözümlenmiştir. Sonuç olarak plastik parça, kalıplanmaya hazır şekilde revizyonları tamamlanmıştır.

Türk (2008)'in bu çalışmasında, malzemesi polietilen olarak seçilen ve viskoelastik özellik gösteren flanşlı T plastik ara bağlantı elemanı Solidworks CAD programı kullanılarak çizilip, ANSYS'in mekanik analiz modülünde sonlu elemanlar metoduyla üç boyutlu olarak simülasyonu yapılmıştır. Uygulanan iç basınç neticesinde çıkan gerilme ve gerinim değerleri polietilen malzemesinin çekme ve kopma mukavemetiyle karşılaştırılmıştır. Modelin enjeksiyon işleminin istenilen şekilde gerçekleşip gerçekleşmediği, çatlak ve boşlukların durumu, kalıbın ara bağlantı elemanının enjeksiyon işlemine uygunluğu incelenmiştir. Akabinde flanşlı T plastik ara bağlantı elemanının plastik enjeksiyondaki akış modellemesi

Cadmould ve Moldflow programlarıyla yapılmıştır. Bu işlemler, modelin optimizasyonu esnasında geri beslemeler yapılarak tekrarlanmıştır.

Uluer (2008)'in yaptığı bu çalışmada, A.Y.PE malzemesinin kalıp boşluğunda akışı sırasında, işleme parametrelerinin (4 farklı eriyik sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı) katılaştıran katman oluşumuna etkileri sayısal olarak analiz edilmiştir. Kalıp malzemesinin ve eriyik malzemenin ısı özellikleri sabit kabul edilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemini kullanan Moldflow yazılımı kullanılarak elde edilen analiz sonuçlarından, katılaştıran katman oluşumu AYPE malzemesinin camsı geçiş sıcaklığı (akışın olmadığı sıcaklık) referans alınarak belirlenmiştir. Katılaştıran katman oluşumunun en fazla enjeksiyon hızından etkilendiğinin ve kalıp sıcaklığının ikinci derecede önemli olduğunun tespit edildiği analizler sonucunda en az etkinin ise eriyik sıcaklığı parametresinin değişiminden kaynaklandığı görülmüştür.

Zerechian (2008)'in tezinde iki farklı malzeme, iki farklı kalıpta yine iki farklı analiz programıyla deneyerek hangisiyle daha yakın sonuç elde edilebileceği araştırılmıştır. Dolma zamanı, enjeksiyon hızı, yüzey sıcaklığı enjeksiyon sıcaklığı gibi parametreler baz alınmıştır. Yapılan denemeler sonucunda genel olarak birbirlerine yakın olsa da detaylarda Moldflow programı Moldex3D programına göre daha başarılı tahminlerde bulunduğu ve her iki programda da gerçek çıktılarına göre zayıf kaldıkları noktalar olduğu tespit edilmiştir.

Akyürek (2009)'in yaptığı tez çalışmasında, plastik enjeksiyon yönteminde yeni ürün devreye alınması sürecinde elde edilen ürünlerin kalite problemine sahip olup olmadıklarının tespiti konusunda Matlab programında oluşturulan çok katmanlı yapay sinir ağı, elde edilen ürünün kalite problemine sahip olması durumunda bunun giderilmesi için yapılması gereken aksiyonları üretip ilgili operatör veya formene sunan ve C++ programında kodlanmış olan uzman sistem kullanılmıştır. Yapay sinir ağlarının öğrenme kabiliyeti sayesinde formlerin bilgi ve tecrübesinin ağ içinde depolanması sağlanabilmiştir. Önerilen yaklaşımda hem yapay sinir ağı hem de uzman sistem plastik enjeksiyon verileri, parametre değerleri, performans göstergeleri, görülebilecek hatalar ve çözüm önerileri ile donatılmıştır. Bu yaklaşımda yapay zekâ tekniklerinin yanında insan uzmanına da iş düştüğü görülmüştür. Yapay sinir ağına girilen parametre değerleri neticesinde ağdan alınan performans göstergelerinin uygun olup olamamalarına göre ne tip problemler doğuracağı operatörler tarafından belirlenmiştir. Tahmin veya tespit ettikleri hatalar için uzman sisteme başvurduktan sonra sorulacak sorulara da cevap verilebilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma ile üretim süreci, makine kullanım süresini ve üretim maliyetlerini azaltmıştır.

Kuramsal Temeller

Plastik

Metaller ve seramik malzemelerden sonra plastik malzeme kullanımı son yıllarda büyük bir artış göstermektedir. Bunun belki de en büyük nedeni mühendislik biliminin gelişmesidir. Çünkü plastik malzemeler doğal olarak doğada bulunmazlar yapay olarak elde edilmektedirler. Plastik nedir sorusunun cevabı mühendislik biliminde polimer olarak yer almaktadır.

Plastik malzeme çağının tam olarak başlaması aslında 1900 'lü yılların başında başlamaktadır. Bakalitin elde edilmesiyle birlikte bu tip malzemelerin kullanımı insanoğlunda büyük bir ivme ile artmıştır.

Temel olarak plastik malzemeler karbon " C " ve hidrojen " H " atomlarının bir araya gelmesiyle meydana gelmektedir. Bu atomların farklı kombinasyonlarla bir araya gelip bağ yapmaları neticesinde polimerler oluşmaktadır.

Plastikler, çoğunlukla kutulama, muşamba, çuval, pet, plastik varil, sürahi ve karton kutu gibi ham malzemeler olarak şu günlerde çok sık kullanılmaktadır. Ayrıca ulaşım araçları olarak da plastik kaplar ve bakraçlar, bilinen metal ve seramik paketlemelerin yerini büyük oranda almıştır. Plastikler kolay şekil verilebilme, esneklik, hafiflik ve sağlamlığa uygun olma gibi özelliklerinden dolayı paketleme sektöründe giderek daha fazla kullanılmaktadır. Artan enerji maliyetleri ve azalan tabii olanaklar düşünüldüğünde, paketleme malzemeleri içinde plastiklerin tutulmasının nedeni ucuz olmasıdır.

Plastiğin Özellikleri

Plastik malzemeler, yapılarına göre çeşitli işleme tekniklerine ve kullanıldıkları çevre koşullarına göre değişen mekanik özelliklere sahiptirler. Plastikler hafiftir olmakla birlikte oda sıcaklığından 543.15K (270oC)'ye kadar, bazı koşullarda daha yüksek sıcaklıklara kadar yükselebilir ve kolaylıkla işlenebilir. Alt sıcaklıklarda işlenebilmesi mekanik özellikleri değiştiren ürünlerin eklenmesini rahatlaştırır. Bu katkılar sayesinde aşınmaya, ışığa, darbeye dayanıklı plastikler üretilir. Plastiklerin ısı ve elektrik iletkenlikleri düşük malzemelerdir. Bu yüzden plastikler önemli ısı yalıtım malzemelerinden biri olmuştur (MEGEP, 2006).

Bu kadar yüksek ısı yalıtkanlığına sahip olmasının bir önemli dezavantajı ise eriyik haldeki plastiğin kalıp içerisinde soğutulması için uzun sürelere ihtiyaç duyulmasıdır. Isı geçirgenlikleri, metallerle göre yaklaşık yüz kat daha azdır. Plastiklerin ısı iletkenliklerinin düşük olması kullanım sırasında oluşacak olan termal yüklemelerin ısı yorulmalar

oluşmasına sebep olmaktadır. Bu yorulmaların azaltılması amacıyla ısı iletimini artırıcı katkı maddeleri ilave edilir. Bunlar genellikle bakır, alüminyum, çeşitli metal tozları veya fiberlerdir. Bu yöntemlerle polimerlerin ısıl iletkenlik değerleri 10 kat veya daha da fazlasına artırılabilirdi ifade edilmektedir (Pehlivanlı, 2004).

Plastik malzemeler işlenirken, ısıl genleşme veya büzülme yapabilir. Bunu tepkiyi önlemek için içerisine inorganik dolgu maddeler ilave edilir. Metallerde göre çok büyük genleşme oranına sahip olduğu için ideal kalıp oluşturmak zor olmaktadır. Yine plastik ürünlerin çoğu, genellikle yüksek ısılarda hem mekanik dayanımlarını hem de dış şekillerini kaybederler. Malzemenin sıcaklık hassasiyetini yükseltmek için bazı ek malzemeler katılır. İdeal baskı çalışmalarında bu durumlar göz önüne alınarak iyi analiz edilmelidir.

Plastiğin Türleri

Plastik ürün üretiminde ham madde olarak kullanılan malzemenin özelliklerinin bilinmesi, enjeksiyonla baskı işleminin en önemli başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Ancak aynı türdeki malzemelerin üretim fabrikalarının değişik olması bile birbirinden farklı değerlere sahip ürünler oluşmasına sebep olmuştur. Ayrıca üretici firmalar piyasadaki ihtiyaca göre pek çok ara ürün ortaya çıkarmışlardır. Bu sebeple piyasada yüzlerce plastik ham madde üreticisinin, binlerce model plastik ürünü ortaya çıkmıştır.

Piyasadaki plastikler pek çok şekilde sınıflandırılabilir. Genellikle mühendislik uygulamalarında ısıya veya çözücülere karşı gösterdikleri davranışlara göre plastikler Termosetler ve Termoplastikler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Termoset plastikler iki aşamalı kimyasal reaksiyon sonucunda oluşan plastiklerdir.

Kalıp soğutulduğunda sonuç ürün rijit bir yapıya kavuşmaktadır. Termoset plastikler bir kez işlem gördükten sonra bir daha şekillendirilememektedirler. Termoset malzemelere ısı uygulanması durumunda ise malzeme yanacaktır. Termoset mamüllere örnek olarak reçeneler, pü, plmd, pad ve vulkani plastikleri gösterilebilir.

Termoplastik maddelerde zincir tarzı boylu iç mekanizmalar kendilerine göre güçsüz olan Von doer Wols yapıları ile birleştirilmiştir. Benzeri uzun zincirli yapılar Malzeme ısıtıldığında moleküller arasındaki bu zayıf kuvvetler kalkmakta ve yumuşak, esnek bir yapı oluşmaktadır. Üst derecelerde ergitilebilirler. Ürün soğumaya bırakıldığında tekrardan yoğunlaşır. Bu ısıtarak yumuşatma ve soğutarak sertleştirme çevrimi pek çok defa tekrar edilebilmektedir. Bu özelliği sebebiyle plastik sanayinde bugünlerde tüketilen bütün plastiklerin içinde yüksek oranda kullanılırlar (İçten, 2004).

Bu süreçte hem ham madde hem de plastik işleme makinaları ağırlıklı olarak ithal gelmektedir. Her ne kadar ithal makina kullanımı yüksek olsa da sektörün dış ticaret açığı yıllar geçtikçe azalma göstermektedir. 2011’de rekor seviye olan 589 milyon dolara ulaşan açık, 2012’de 474 milyon dolara gerilemenin ardından, 2013 yılında da azalarak 389 milyon dolar seviyesine düşmüştür (Plasfed, 2014). Sektörde yerli imalat plastik işleme makinası üreten az sayıdaki firmanın bulunması ve yeterince araştırma geliştirme imkânlarının bulunmayışı, ithal makinaların ön plana çıkmasına sebep olmuştur. Ayrıca ithal gelen bazı vasıfsız, ucuz makinalarda yerli imalat yapan firmalara bir engel teşkil etmektedir. Bu çalışmada, yerli imalat yapan bir firma ile Sanayi Bakanlığının SANTEZ projesinden faydalanarak memleketimize gelir sağlayacak ve yurt dışındaki ihracat alanlarında bize güç katacak yenilikçi bir ürün elde edilmesi düşünülmüştür.

Takviye Dolgulu ve Ek Malzemeler

Değişik yenilikler sağlayabilmek yahut da şuan ki teknik yapısını iyileştirmek üzere plastikler farklı yöntemlerle yeniden düzenlenirler, bu malzemelerin ilki mekanik özellik geliştirici dolum malzemeleridir. Plastiklere eklenen dolum malzemeleri; sıkılaştırıcı ve dayanıklılık yükselticiler, renk değiştiriciler, yumuşatıcılar, yağlayıcı ve işlemeyi kolaylaştıranlar, statik katkılar, ışıklı düzenleyiciler, antioksidler ve yanmayı engelleyiciler olarak sıralanabilirler (Palabıyık, 2008).

Polyamitlerin düzenleri dolgulu malzemeler katılarak büyük oranda değişime uğratılabilirler. Çoğu polyamid malzeme ana kıstas dolgu malzemeleriyle düzenlenerek kullanılmasıdır. Seramik elyafı malzemesi polyamide güzel iç sağlamlık ve sıcaklık dayanımı verir, darbe gücü ve sertliğini yükseltir. -C- elyafı eklemesi ısı ve elektromenik geçirgenlik katar, kuvvet ve aşınma ilavesi getirir.

Metalik oksitler pelekto mekanik iletim getirir. Polyamide kuvvet, dayanım, ısı dayanım ve plastiğe sertlik, ısıya karşı direnç ve elektriksel iletkenlik verir. Ayreten, kırılma dayanım ve ısı iletkenlik getirirken akışkanlığı yükseltir. Alüminyum ve çinko işleme kolaylığı çarpılma dayanımı, sıcaklık ve elektronik iletim kolaylığı getirir. Kalay eklenmiş plastiklerle güzel yüzeyler elde edilir, paslanma dayanımı baya yüksektir (Küçük, 2005).

Si ağırlığın olmaması gereken yerlerde istenir. Pisilikatlar plastiklerin dayanımını yükseltir ve polimerin gücünü yükseltir kalıptan alınmasına katkı sağlar. Ca karbonat düşük fiyatlı ve güzel dış görünüm için tercih edilir. Kaoline güzel elektronik getirir. Talk elektriksel iletimsizliği yükseltir, sıcaklık ne ıslaklığa karşı dayanıklılık verir ve imalatı rahatlatır.

Sık Kullanılan Termoplastikler

Piyasada bulunup da sıkça kullanılan enjeksiyona uygun malzeme çeşitleri ve özellikleri aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

Akrilonitril butadien stiren (ABS).

Süpürge dış kaplamaları, mutfak yardımcı aletleri, kontrol gurupları, Elektrikli süpürge kabini, mutfak robotu yüzeyi, kontrol gurupları, buzdolabı parçaları, panolar, gösterge paneli yerlerde kullanılırlar. Düşük fiyatla yüksek dayanım gösteren, alçak ısılarda dahi dayanımlı, kararlı dayanımlı, sıkı, dengeli, çabuk işlenebilir, parlak görüntülü, farklı renklerde çabuk imal edilebilen bir malzemedir.

Polistiren (PS).

Ambalajlama ve koruma malzemeleri, kalem, toplanabilir meşrubat kablaları, televizyon ve radyo kutuları tarzı kullanım sahaları yer almaktadır. Çok üstün ısı ve elektriksel korunumluluk, ışıl şeffaflık ve rutubet çekme yetenekleriyle kendini tarif etmektedir. Güzel bir elektriksel yetenek taşır ve korozyona karşı duruşu diğer malzemeler haricinde güzeldir.

Polimetil metakrilat (PMMA).

Tanıtm kalıpları, araç ışıklı tabelaları, göz ekipmanları, konut ve iş yeri aydınlatmaları, duşa kabin tarzı çalışma sahaları mevcuttur. Saydam şekle tabidir ve sertliği iyidir. Optik ve temiz olması onu başka polimerlerden üstün kılar. Sertlik ve ısıl yetenekleri, fiziksel korunumunu güçlü kılar. Tabiat şartlarından zarar görmez yapısını bozamaz.

Polivinil klorür (PVC).

Elektrik iltim malzemesi, el takımı, çocuk malzemeleri, ayakkabı, iletimsiz, tuğla üstü sıva, su yöneltme teknik elemanları, konut içi ve iri boyutta temiz su şebeke hatları, hortuum gibi kullanım sahaları bulunmaktadır. Maliyetsiz ve dış şartlarda dayanıklı olmasından ötürü kullanım önceliği olan bir malzemedir. Güzel dış yapıya haizdir ve şekline göre oynak, stabil ve kararlı bir duruş isteyen sahalarda tercih edilir. Çok iyi fiziksel korunuma sahiptir ve korunumu başarılıdır.

Polipropilen (PP).

Araç malzemeleri, çocuk eşyaları, konut malzemeleri, eşya kolları, oturak, kanepeler, kayısı kalıpları, tarayıcılar, sağlık sektörü malzemeleri tarzı kullanım sahaları bulunmaktadır. Uygun sertlik dayanımı vardır. Cam elyafı ve ilave katkıları ile yenilik katılabilir. Suya karşı ve kararlılığa gayet güzel dayanım gösterir, elektromekanik yönleri güzeldir.

Poliasetal (POM).

Boyutsal direnci kuvvetli olduğundan hassasiyetli makine aletlerinde, dişli çarklarda, kumpaslarda, soğutucularda, pistonlarda, halatlarda, karamiyelerde çalışma konumlarında yer alırlar. Polioksitilen kimyasal ismiyle anılmaktadır. Fiziksel, kimyasal ve dayanım özellikleri gayet güzel bir polimerdir. Kuvvetli, esnek, güzel sürtünme dayanımı olan fiziksel korunumu iyi alçak derecelerde dahi darbe dayanımı iyidir. Basma, çekme, darbe dirençleri elektriksel özellikleri kuvvetlidir. Su alma seviyesi azdır. Sürtünme, iç sıkıntı dirençleri çok yüksektir ve madde sürünme yüzdesi azdır.

Poliamid (PA).

Dayanım özelliklerinin iyi oluşu sebebiyle kama, dişli çark, kayar yatak, hassas malzeme üretiminde tercih edilir. Endüstride poşet diye tabir edilir. Sıkı, yüksek ısı direnç, güzel elektronik ve kararlılık değerleri olan polimerdir. Basma, yorulma ve çekme mukavemetleri gayet yüksektir. Fakat çok miktarda su çeker. Farklı katkı maddeleriyle şartları düzeltilir.

Üretilmesi esnasında kullanılan diaminlerdeki ve diasit adedine nazaran değişik kategorileri haizdir. PA666 ve PAa 6' nın kimyasal ve fiziko mekanik özellikleri benzerdir. PA66''nın basma değerleri ve çözülme dayanımı daha iyidir. PA su çoğalmasından ötürü yüzde bire yakın oranda çoğalmaya sebebiyet verebilir.

Polietilen (PE).

Alçak (AYPE) ve yüksek (YYPE) dolulukta imal edilmekteki çoğunlukla kablo yalıtımında, film ve paketlemede tercih edilmektedir. YPE basınçlı hortumlar, gaz iletim hatları, bidon, şişe ve elektronik eşya imalatında tercih edilir. AYPE''nin darbe dayanımı ve korunum kararlılığı güzel, vizkozitesi bir malzemedir. Malzemenin ölçü dayanımı zayıftır, büyük hacim değişikliği yüzdesi olasıdan ötürü yüksek vadeli kullanımlar için uygun görülmez. -C- karası uyumlu bir plastikleştirici, UV katkısı tarzı malzemelerle dayanımı yükselir. EYPE büyük ağ yapıları sayesinde iyi doluluğa, basma kararlılığına, akışkanlığa ve karalı bir yapıya sahiptir.

Plastiklerin Mekanik Özellikleri

Plastik maddelerin mekanik özellikleri maddenin kimyasal ve fiziksel durumuna göre belirlenir. Termoplastike maddelerin esneklik sert maddeler ve akışkan sıvı maddeler aynı özellik gösterirler. Sürünmenin korunumunda plastik olarak görünüm kaybı yaşarlar üstelikte akışkan olarak giderler biz malzemenin akışkanlık özelliği diyoruz. Böyle maddeler şekil değiştirme, vakit ve ısı görünüm değişikliği yaşarlar. Isı arttıkça madde daha esnek şekle

dönüşür, yani benzer basma kuvveti altında daha çok bozulur. Bir termoplastik madde hızlı bir konum değişimine tabi olursa benzer oranda sakin fiziksel değişime uğradığı durumdan daha kırılğan hale geçer (Palabıyık, 2008).

Bir ürünün kuvvete maruz kaldığı durumda fiziksel değişim oranını korunumu belirler, sabit bir kuvvet altında verdiği fiziksel değişimi ne kadar az ise o kadar daha kararlı olur. Bir malzemenin karalılığının miktarı esneklik katsayısıdır.

Plastikler maruz kaldığı kuvvet altında süreye bağılı bir bozunma yaşarlar, buna sürtünme denilir. Bir plastik belirli bir kuvvete tabi tutulursa, ürün kopuncaya kadar şekil değiştirir, bu durum sürtünme kopuntusu diye isimlendirilir. Plastik ürünlerde gerçekleşecek tasarımlar için yüksek vadeli deneme değerleri verilmeli. Plastik ürünler kısa zamanda mukavemetli diye düşünülse de süreç içerisinde kırılğanlık gösterebilirler (Palabıyık, 2008).

Plastiklerin Termal Özellikleri

Dayanım özellikleri ve fiziksel durumları idare edilebilir sınırlarda olan ürün seçiminde malzemenin tabi kalacağı çalışma şartları takip edilmelidir. Plastiğın özellikleri, imalat şekli ve parametrik değer seçimleri ürünün, ergime ısısı, seramiksi duruma geçme ısısı, fiziksel korunum, sıcaklık iletimi, ısı geçişi, öz sıcaklığı, ve bozunum değerleri gibi ısı olaylarından dolayı değişim gösterir.

Kıristalik ürünlerde ergime derecesi belirli bir sayıdır. Amorfoid ürünlerde ise belirli bir ergime derecesi mevcut değildir. Camsı hale geçiş sıcaklığı, bu değer altında plastiğın cam gibi davrandığı sıcaklık değeri olarak tanımlanır. Isı değeri üstünde ise polimer ne seramik gibi dayanımlı ve kararlı nede kırılışıdır. Amorfoid plastiklerde bu sayı daha nettir. Camsı hale geçiş özgül hacme ve basınca bağılı olarak erime sıcaklığının altında meydana gelir. Camsı hale geçiş genellikle küçük bir sıcaklık aralığında meydana gelir, bu sıcaklık bölgesinde ısı genleşme katsayısı ve özgül ısı gibi termal özelliklerde değişim gözlenir.

Plastik Enjeksiyon İşleminde Kritik 4 Nokta

Bilir kişiler senelerin sağladığı büyük tecrübe ve plastik enjeksiyon bilgisi eğitimi ile formülleri birleştirdiğinde ulusal bazda önemli olan bu sanayi devrimini süregelen üstün özellikli eserler, zamanlar ve fikirler ile devam ettirirler.

Plastik Enjeksiyon dolun işi için önemli olan bazı etkenler mevcuttur. Bu etkenler şöyledir;

Plastik Ergime Dereceleri

Kalıp sıcaklıkları

Meme Rezidans Isıları

Ergimiş malzeme akış miktarları

Plastik Baskı miktarları

Ürünün soğuma süreleri

Plastik erime sıcaklıkları.

Bu ergime dereceleri, çok sayıda etkenin ve ayarlamaların bir sonucudur. Dikkat ısısı ihtiva eder.

Boru ısısı ve püskürtme dereceleri, sırayla kalıp içine iletilen granüllerin ergimesi ve vizkozitesiyle ilgilidir. İstenen kalıp sıcaklık derecesi, granülün enjeksiyonu sırasında soğutmanın yanında akma yeteneğiyle doğrudan ilgilidir.

Kovan sıcaklığı.

Kovan sıcaklığı iyice tartışılmalı ve ergime dereceleriyle ısı ayrışma ısıları arasında tercih edilmeli. Fazla ayarlanırsa çok akmaya ve pürüze neden olur. Çok düşük ısılarda ergime hatlarında, akmanın yavaş ilerlemesi, eksik kalmış ürünlere ve malzemenin çarpılmasına sebebiyet verir.

Meme sıcaklığı.

Rezidans ısısı, boru ısısından az düşünülmalıdır. Eğer çok fazlaysa, ergimiş granül meme rezidans içinden akacak ve ergimiş ürünün bir yerlerden sızma ihtimali yükselecektir. Granülün yanmasında olasıdır. Yanmış ürünler, büyük üretim zamanlarında rezidansı sıkıştırabilir. Kalıp ısısıda bu değerden nasiplenebilir. Bunlardan ötürü ısı; vizkozite, soğuma zamanı ve oluşan plastik malzemelerin kalitesini tamamıyla değiştirebilir.

Plastik akış oranları.

Granül vizkozite oranları, ısınmış granüllerin memeye oldukça hızlı bir halde basılmasıyla kabiliyetini yüzde doksan beş ile doksan dokuz dolmuş seviyesine kadar devam ettirilmelidir. Bu akım süratleri, kalıbın içine giden malzemenin akışkanlığını belirler. Baskı altına alma zamanları fazla olduğunda; fazla dolmuş ve yüzey pürüzlülüğü, eksik olduğunda boşluklu ürün sıkıntıları sonucunu verir.

Enjeksiyon basınç ayarları olası bir çarpılmayı yok etmek için yeterli granül eklerken malzemenin dolmuşu sağlanmalıdır. Basıncın, kalıba yeterli düzgün görünüm ve stabiliteye sahip olabilmesi için ayarlanmalıdır.

Enjeksiyon basıncı ve geri basınç.

Plastik Enjeksiyon makine baskıları plastiğe yapılan basınç olarakta anılır. Bu plastik enjeksiyon baskıları, Roketin ergimiş ürünü kalıba püskürtürken göstermiş olduğu basınçla eşdeğerdir Plastik Enjeksiyon makine baskıları gerçekten fazla değerlere ulaştığında, çok akışkan ve çapaklanma tarzı sıkıntılar plastiğin akışkanlık yeteneği artar. Plastik Enjeksiyon makine baskıları epeyce alçak ise granül akışı düşer ve sıvı kabartıları, ve tam dolmayan kalıp boşlukları tarzı sıkıntılar görülebilir. Geri enjeksiyon baskısı ise ergimiş granül içinde ilave malzemesi veya renklendirici olması halinde ürünlerin eşit aralıklı olarak karışımını yerine getirmek amacıyla zıt yönde helisele gelen baskıdır. Bu oluşan basınç olması gerekenden daha çok olursa kovan ısını etkiler. Kullanılan ürünlerin sertlik durumuna göre malzeme kutusu ve helisele sıkıntı çıkarır duruma gelebilir. Bu tür durumlar oluşumlar yalnızca birleşimde kullanılıp, oluşan kalıp boşluklarını bu tarz karışımlarla doldurmamalıyız.

Soğutma oranları ve zamanlama.

Soğutma oranı kullanılacak ürüne göre değişiklikler gösterir. Bazı maddelerde kalıbın belirli bir ısıda (Altmış-Seksen derece gibi) sabitlenmesi uygun olur. Bundan ötürü ergimiş ve kalıba püskürtülmüş granülün soğuma süresi artmaktadır. Bazı granüller kullanılan plastik granülünün karakteristiği ile aniden soğumaya karşılık gösterir. Basımı yapılan malzeme arzu edilen özellikleri göstermez ve olması gerekenden daha küçük çıkar. Bundan ötürü soğuma zamanı ve miktarları seçilen yöntemle göre itina ile belirlenmelidir.

Tasarım gelişimi esnasında soğutma zamanını hassas ayarlamak için, müşterilerin ihtiyaçlarını, ürünün şeklini, arzu edilen diğer mekanik özellikleri ve malzeme boylarını, hacimlerini düşünmeliyiz.

Her malzeme üretim süresini azaltmak için yükseltile basıncı ve düşürülen zaman uygun olmazsa Plastik Enjeksiyon makinemizin kullanım ömrünü kısaltmış oluruz. Her çevrim için gerekli olan baskı miktarı ve süre kullanılması, bize yüksek verim, , uzun ve düzenli işleyen bir makine ömrü olarak karşımıza çıkar.

Maliyetler İçin İpuçları

İmalat yapan bir kişinin olması gereken en az sürede istenilen imalatı gerçekleştirebilmesi için yaptığı çalışmalar esnasında karşısına çıkan en büyük sıkıntılardan biri üretim maliyetidir. İmalat'ın sağlıklı gerçekleşebilmesi için imalatı gerçekleştirilecek parçanın tasarım aşamaları, maliyet üzerindeki en etkili konulardan biridir. İster ilk tasarım aşamasında, ister prototip imalatta veya üretimde olsun, enjeksiyon kalıplama maliyetini kontrol etmek çeşitli faktörlerin analiz edilmesi gerekir.

Plastik enjeksiyon kalıplama maliyetlerini kontrol etmenize yardımcı olacak ipuçları aşağıdaki gibidir:

1. Birimlerin İş birliği
2. ideal Kalıp Tasarımı
3. İdeal Parça Tasarımı

1. Birimler Arası İşbirliği: Etkili bir proje yazılımı içeren bir plastik üreticisi ile çalışmak, planlama yapmak ve üretim sürecinin her aşamasında bir arada olmak verimlilik yaratan temel unsurlardan biridir. İletişim ve işbirliği, sonraki her adımda, zaman, bütçe ve müşteri hizmetleri alanında verimlilik için önemli faktörlerdir. Tasarımcılar, mühendisler ve diğer uzmanlar da dahil olmak üzere her iki taraftan bir gelen kişilerin, bölüm bütçelerini belli bir seviyede tutmaya yardımcı olacak verilerin toplanması ile birlikte iş birliği başlar.

2. İdeal Kalıp Tasarımı: Yeterli kalıp tasarım bilgisi olan bir üretim ortamında kaç kez sorunla karşılaştınız? Problemler çeşitli yöntemler ile çözülmesi ise ve devam ederse bu durumda yeni kalıp yapmak durumunda kalabilirsiniz. Kalıbın yenilenmesi süreci oldukça pahalıdır. Bu pahalı durumlardan kaçınmak için, kalıp tasarımını erken evrelerde gözden geçirmek esastır. Bununla birlikte, kalıp tasarımında tek bir baskıda mümkün olduğunca çok parça üretebilmek daha faydalıdır. Plastiğin, zaman ve hareket kaybı olmadan hızlı enjekte edilebilmesi, bir diğer kritik maliyet faktörüdür.

Tasarım ve simülasyon evrelerinde tanımlanan sorunları ve önerileri dikkate almak, etkili kalıp tasarım sürecinin önemli bir yönüdür. Bununla birlikte, gerçek bir kalıp performansı parça tasarımına dayanır.

3. İdeal Parça Tasarımı: İdeal parça tasarımı için ana kriterler:

Duvar kalınlığı

Maçalar

Çıkış açısı

Giriş

Malzeme seçimi

Kalıp akışı

Yüzey işlemleri

Duvar Kalınlığı: Parça tasarımı için en önemli faktörlerden biri duvar kalınlığıdır. Bunun ilk kuralı, tasarım gereksinimlerinizi karşılayacak minimum duvar kalınlığını belirlemektir. Kalınlık özelliklerini kontrol etmek adına, enjeksiyon kalıplama / tasarım mühendisiyle çalışmak her zaman daha uygundur. Çoğu plastikler için tipik duvar kalınlığı 0.4 – 150 aralığında dır.

Önemli duvar kalınlığı gerçekleri:

İnce duvarlar için daha kolay akan (yüksek akışkan) plastikler gerekir.

Uzun akış mesafeli parçalar için daha kalın duvarlar gerekebilir.

Maçalar: Parçada karmaşıklık yaratan bölümlerdir, maliyetleri ve bazı durumlarda parçanın kalıptan çıkarılmasında problem oluşturabilir. Bu problemler özellikle delikli parçalar veya bağlantılı bölgeler tarafından oluşturulur ve mümkün olduğunca elimine edilmelidir. Tasarım mühendisi ve enjeksiyon kalıpcısı ile çalışmak, alternatif yöntemler geliştirilerek çözüm oluşturulabilir.

Sürgülü kapanma, ayırma çizgisi ve çıkma açıları değiştirilerek daha kolay bir kalıp yapımı sağlanabilir. Bunlar aynı zamanda takım ve üretim maliyetlerini azaltır.

Çıkış açısı: Belli bir açı, tüm enjeksiyon kalıplı parçalara uygulanması gereken bir tasarım özelliğidir. Yeterli çıkış açısı verilmesiyle parçanın kalıptan kolay bir şekilde çıkmasını sağlamanın yanında aynı zamanda aşınmaları da en aza indirir. Çıkış açısı verilmemiş parçalar kalıba yapışır. 1 dereceli çıkış açısı ile işe başlamak oldukça mantıklıdır, ancak tam olarak ne kadarlık çıkış açısını gerekli olduğunu belirleyebilecek yeterli veriye ihtiyaç vardır. Yeterli çıkış açısı federler ve boşların kolay çıkması için mutlak uygulanmalıdır. Unutmayın, çıkış açısı ne kadar büyük olursa parça o kadar kolay çıkar.

Çıkış açısı, parçanın kalıptan çıkarılmasını kolaylaştırırken, ayırma çizgilerini, parça kalitesini ve kalıp işlevselliğini korumak için, özellikle hızlı enjeksiyon kalıplamada önemlidir. Çıkış açısının, ne kadar ve nereye ekleneceğini bilmek için deneyimli bir tasarım mühendisiyle birlikte çalışmak gerekir.

Giriş: Her plastik parça tasarımı için bir yolluk ve 'giriş' veya erimiş plastiğin kalıp boşluğuna enjekte edilmesini sağlayan bir yol ve açıklığı olması gerekir. Giriş tip ve yeri, sıkıştırma oranını ve parçanın kozmetik görünümü üzerinde etkilidir.

Yolluk ve giriş sisteminin yerinin belirlenmesi için, bir parça tasarımcısının ve kalıpcının birlikte çalışması esastır. Uygun akış mesafesinin en kısa sürede sağlanması için girişler genelde parçanın ortasında bir bölgeye yerleştirilmelidir.

Birden fazla girişe ihtiyaç duyulursa, her iki akış uzunluğunu da en aza indirecek şekilde farklı girişler yerleştirilmeli ve bu girişlerden dolayı oluşacak birleşme çizgisi hesaba katılmalıdır. İyi bir kalıp tasarımcısı, bu bileşme çizgilerinin kalıp ayrılma yüzeyinde denk gelmeyen ve kozmetik görüntüde problem oluşturmayacak şekil de ayarlamış olmalıdır.

Malzeme seçimi: Enjeksiyonla kalıplanabilen birçok malzeme vardır. Ancak tasarım amacını ve özellikle parçanın ne yapması gerektiğini dikkate almak önemlidir. Örneğin, parçanın sağlam ya da esnek olması gerekiyor mu? Parça aşırı sıcak ya da soğuk gibi unsurlara maruz kalacak mı? Hangi güvenlik faktörleri dikkate alınmalıdır?

En yeni, en yenilikçi malzemeler işiniz için uygun olmayabilir ve buda projeye daha fazla maliyet yükü getirebilir. Kalıplamada plastik özelliklerine ve davranışlarına aşına bir tasarım mühendisiyle çalışmak, gereksinimlerinize en uygun malzemeyi seçmenize yardımcı olur. Bu sayede kritik zamandan ve bütçeden uzun vadeli tasarruf etmenizi sağlar.

Kalıp akışı: Akış simülasyonun programı ile çalışmak (Mold-flow) enjeksiyon kalıplamada parça tasarımının doğrulanmasında önemli bir adımdır. Bu adım tasarımcılara ve mühendislere, su kanallarının yerleşimlerini optimize etme fırsatı verir. Bunun yanı sıra, girişin konumunu ve yolluk sisteminin planlanmasında da etkilidir. Gereken simülasyon seviyesi, parçanın karmaşıklığına göre değişir.

Yüzey İşlemeleri:

Son işlem olarak yüzeyde parlatma veya desen uygulamaları yapılabilir. Bu tarz uygulamalar genelde maliyeti artıran işlemlerdir. Ancak yüksek parlaklık gerektirecek uygulamalarda parlatmak veya görsel dekoratif amaçlar için yüzey desen uygulamaları ihtiyaca göre yapılmalıdır.

Genel olarak, parça tasarımını ve karmaşıklığını yönetmek, zaman ve maliyette büyük bir rol oynayabilir. Parçanızda ele alınması gereken birçok değişken varsa, tasarım mühendisiniz ve enjeksiyon kalıplama ortağınız neyin ortadan kaldırılabilceği veya neyin silinemeyeceği konusunda fikir vermelidir. Zaman verimliliği, bütçe ve ürün gereksinimlerinize uyacak şekilde optimize edilmiş, basitleştirilmiş tasarımlarla birlikte gelir.

Türkiye’de Plastik Sektörü

Ülkemizdeki plastik sanayi, ekonomimizin en büyük gelir getiren basamaklarından bir tanesidir. Toplamda dokuz milyon tonu geçen üretim miktarını, aşan toplam üretimi, son yıllarda ortalama %13’leri kadar gelen senelik büyüme oranlarıyla bahsettiğimiz plastik sektörü Türkiye ekonomisine getirisi hızla artmaya devam ediyor Plastik sektörü, ulaştığı bu

üretim-imalat kapasitesi ile Avrupa 2.lığı dünya 6.lığını elde etmiştir. Plastik imalat sektörünün yaşıntımızdaki önemi vazgeçilmezliği artık bir gerçek haline gelmiş ve bilimsel çalışmalarla ispatlanmış, somut deliller elde edilmiştir, ülkemizde de gerçekçi olası gereken verilerin elde edilebilmesi için bu çalışmaların yapılması gerektiği kabul görmüştür. Plastik imalat sektörünün daha da gelişip ilerlemesi için araştırma geliştirme çalışmaları yapılırken Plastiğin hayatımızdaki vazgeçilmezliğini gözler önüne seren ve bilimsel verilere dayanan somut adımlarla sektör sorunlarını gidermeye yönelik Dünyada Ar-Ge çalışmaları yapılırken.

Bu yönde memleketimizde plastik sektörün temsilcileri sürekli araştırmalar yapıyor, yeni doneler buluyor, bunları düzenliyor ve raporlar haline getiriyor.

Plastik imalatı sektöründe çalışmalar gerçekleştiren faaliyetler gösteren 6600 işletmenin sadece 390'ında (%6.5) yabancı sermaye ortaklarımız olup, buda plastik imalat sektörümüzde dış ortaklık ve sermaye yatırımcılarının ne denli az olduğunu ispatlayan sayısal değerlerdir. Fakat plastik imalat sektörü, direk dış sermaye yatırımları açısından yüksek bir yatırım sektörüdür. Bundan başka dış ülkelere yapılacak olan plastik ihracatının kontrolünün gerçekleştirileceği bir kontrol noktasının oluşturulması gerekliliği bir gerçektir. Ancak, plastik sektörü, doğrudan yabancı sermaye yatırımları açısından potansiyel bir yatırım alanıdır.

Başka bir açıdan da bakacak olursak yurt dışından ithal edilen plastik malzemelerin, alımı gerçekleşmeden laboratuvar ortamlarında mekanik ve teknik olarak uygun olup olmadığının belli edilmesi ile ülkeye kaliteli olmayan standartlar dışı plastik malzemelerin gelişi önlenmiş olacaktır. Yüksek bilgi birikimi ile plastik imalat temsilcilerinin ihtiyaçları doğrultusunda gerekli belgeleri ucuz ve hızlı bir şekilde sektörün ilgili kişilerine getirecek olan merkez ayıreten, Araştırma-Geliştirme çalışmaları ile sektörümüzün gelişme hızını arttıracak sektör temsilcilerinin dış piyasa ile olan rekabetini arttırıp güçlendirecek malzeme ve imalat teknolojimizin artmasını sağlayacaktır. Dış piyasalardaki plastik imalat gelişimlerini izleyerek yenilikçi düşünceler elde ederek hatasız bir merkez, gerekli malzeme girişlerinin belirlenmesinde, imalat karışımlarının orantılanmasında be daha bir çok alanda danışma hizmeti vererek sektörümüzün dış piyasa ile olan yarışma gücünü arttırmasına yardımcı olacaktır. Türkiye'deki Plastik imalat sektörümüzün en büyük artlarından bir tanesi, petrol ve plastik malzeme üretimi gerçekleştiren Orta Doğuda ki ülkeler ile bu plastik malzemeleri imalata dönüştüren Avrupa piyasasının ortasında bir geçiş noktasında olmamızdır. Bu konum sal durumunu kazanıma dönüştürmek isteyen Türkiye, Ülkemizin güneyinde kurmaya çalıştığı Uluslararası plastik imalat merkezinde, Orta Doğudaki ülkelerin plastik malzeme ham granül üretim potansiyelini Ülkemizin plastik imalat sektöründeki işin ehli firmalarla üretime dönüştürüp Türkiye'mize katma değer sağlamaktır. Kazan – Daha fazla Kazan

yöntemi ile kurulacak merkezi bir idare ile, Orta doğu ülkeleri, geniş bir hacimli ve güvenli pazara ulaşırken, güvenli ve ucuz ham granül tedarik eden ülkelere sahip olacak Ülkemizin plastik imalat sektör temsilcileri, daha da gelişip büyüyerek imalat hacmini ve inen maliyet ile birlikte dünya piyasasında çok daha ileri rekabet gücüne erişecektir (MEGEP MODÜLLER, 2006).

Plastik Ürünlerin İmalat Yöntemleri

İmalatta, termoplastik ham maddeler genel olarak; enjeksiyon kalıplama, ekstrüzyon, şişirme, vakumlama, döner (rotasyonel) kalıplama gibi üretim yöntemleriyle çalışılabilir. Piyasada en fazla termoplastik ürün enjeksiyonla kalıplama yöntemi ile üretilmektedir.

Enjeksiyonla kalıplama yöntemi, toz veya granül hâldeki plastik malzemeyi, homojen olarak ısıtıp, gerekirse çeşitli katkılarla homojen olarak karıştırıp belli basınçla kalıba itilerek kalıbın doldurulduğu bir yöntemdir. Daha sonra kalıbın şeklini alan eriyik termoplastik malzemenin, kalıbın soğutulmasıyla dışarı atılır. Bu şekilde hızlı bir baskı süreci oluşmuş olmaktadır.

Enjeksiyonla üretim yöntemiyle, hızlı ve yüksek hacimde mal üretebilir ve seri üretime olanak sağlar ve otomasyona uygundur. Diğer imalat yöntemlerine göre düşük maliyettedir. Doğru ve ideal baskı sürecine ulaşırsa hemen hemen hiç son işlem gerektirmez. Çok değişik yüzey, renk ve şekillerde mal üretebilir. Malzeme kaybı ideal baskılarda oldukça azdır. Aynı makinada ve aynı kalıpla farklı ham maddelerden üretim yapılabilmektedir. Düşük toleranslarda çalışılabilir. Kalıba, metal ve ametaller ilave parçalar eklenerek üretim yapılabilir. Yine ideal baskıyla kalıplanan ürünlerin mekanik özellikleri oldukça başarılıdır.

Enjeksiyon yönteminin dezavantaj olarak sektördeki yoğun rekabetten dolayı kâr oranı düşük kalması durumu söz konusudur. Ayrıca kaliteli hazırlanmış kalıp fiyatları enjeksiyonla baskı makinaları ve yedek parçaları oldukça pahalıdır. Bu süreçte henüz ideal baskı oluşumu adına işlem kontrolü tam olarak sağlanamamıştır. Ürün kontrolü makina tarafından direkt ve sürekli olarak yapılamamaktadır. Kalite sürekliliği tam olarak tanımlanamamakta ve sağlanamamaktadır. Enjeksiyonla kalıplama makinasında ideal baskı için makinanın çalışma şekli ve süreç iyi takip edilmelidir.

Pnömatik Sistemler

Pnömatik sistem nedir kısaca açıklayacak olursak sıkıştırılmış hava ile çalışan mekanik sistemlere pnömatik sistemler denir. Çoğu uygulamalarda ortamda bulunan havayı alıp mekanik harekete çevirmek için kullanılır. Pnömatik sistem elemanları bu sıkıştırılmış

havayı alıp mekanik iş yaparlar. İlk basınçlı hava uygulamasını Yunanlı Ktesibios yaptığı hava mancınığı ile gerçekleştirmiştir. Pnömatik Yunancada pneuma yani “nefes alıp verme” kelimesinden türetilmiştir. Pnömatik uygulamalar 1950 yıllarından sonra kullanıma başlamıştır. Öncelerden sadece maden, yapı endüstrilerinde ve demir yollarında ise havalı fren olarak kullanılıyordu. Endüstriye girişi ise seri üretimi arttırmak için otomasyon sisteminin kullanılmaya başlamasıyla gerçekleşmiştir.

Pnömatik sistemi tercih etmemizin sebebi ise bizim projemiz için elektrik ve hidrolik sistemlerden daha fazla avantajının olmasıdır. Tabi ki dezavantajları var fakat bu dezavantajlar bizim projemize sıkıntı çıkartacak kadar büyük sorun olmadığı için tercihimizi pnömatik sistemden kullandık.

Pnömatik sistemlerin avantajlarını sayacak olursak iletimi basittir. Sıkıştırılmış havayla çalıştığı için çok rahat bir şekilde tedarik edilebilir. Örnek olarak bizim projemiz 8 bar basınçla çalışmaktadır. Bu da ufak bir kompresörden elde edilebilir.

Pnömatik sistemi hava koşulları hiçbir şekilde etkilemez fakat hidrolik sistemlerde kullanılan yağ sığağa göre özelliğini kaybedebilir. Sistem aşırı yüke maruz kaldığında ise otomatik olarak pnömatik sistem elemanını kapatır. Ortama çevre açısından hiçbir zarar vermez. Maliyet bakımından diğer sistemlere göre daha ucuzdur. En büyük dezavantajı ise hidrolik sistemler kadar yüksek basınca çıkamamasıdır.

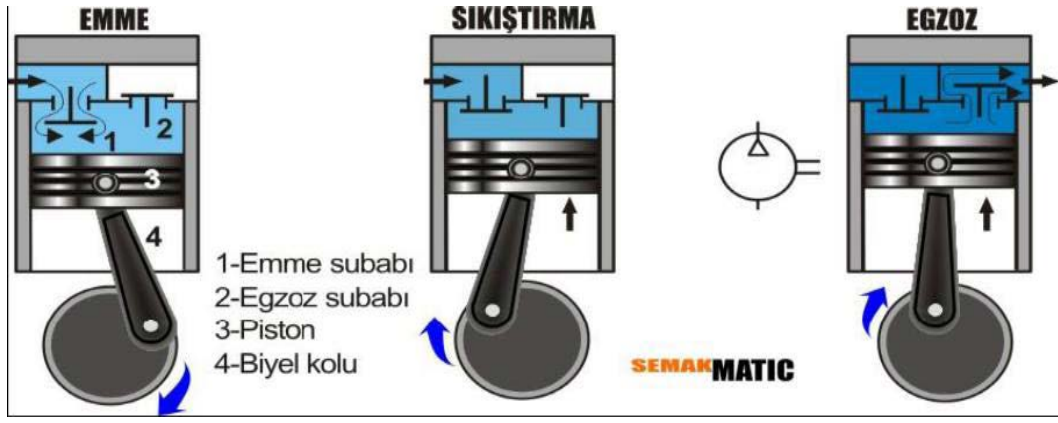
Pnömatik sistemde olması gereken elemanlar;

1. Kompresörler
2. Şartlandırıcı (Filtre, basınç ayarlayıcı, yağlayıcı)
3. Susturucular
4. Basınç anahtarı
5. Boru hortum ve kablo elemanları

Kompresörler: Ortamdan aldığı havayı sıkıştırarak basınçlı hale getiren makinelere denir.

Pistonlu kompresörler.

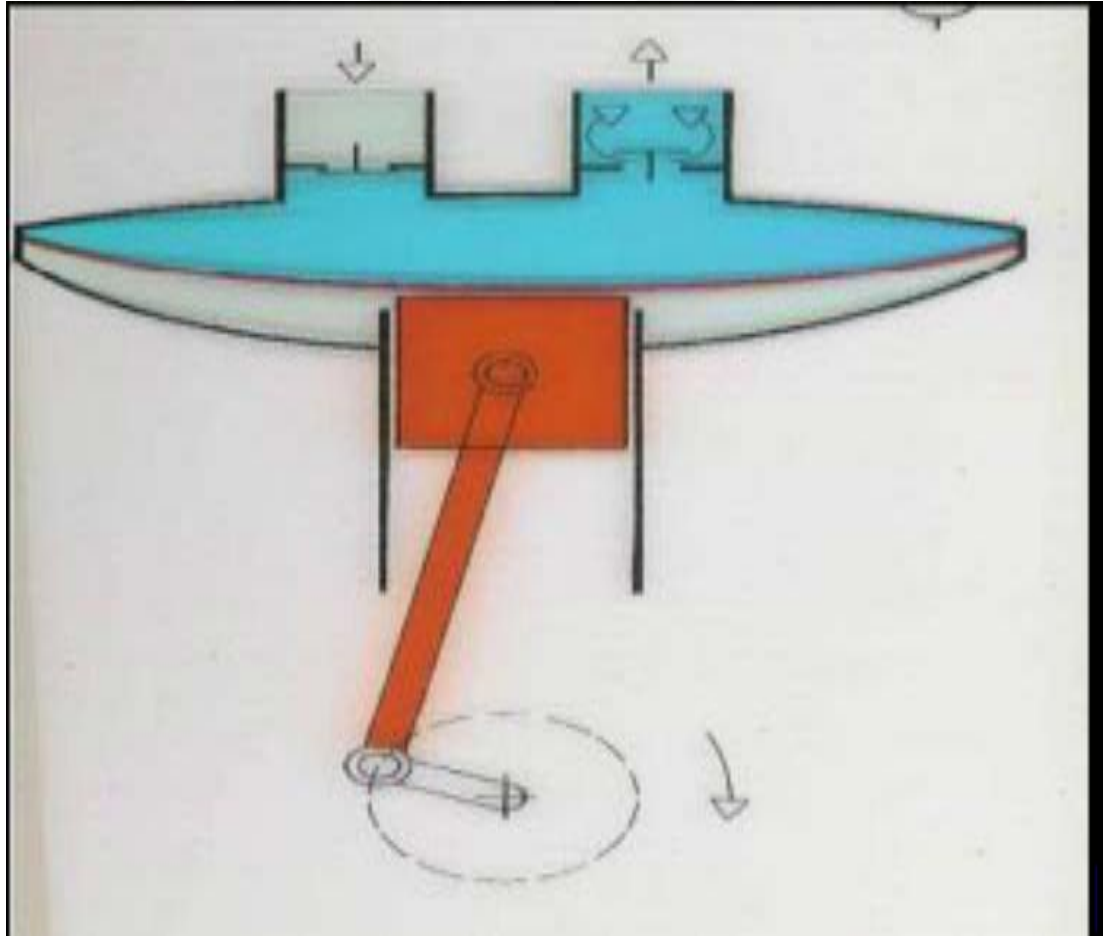
Kullanım alanları en geniş olan kompresör çeşididir. Yaygın olarak kullanılmasının en önemli nedeni yüksek basınçlara çıkıyor olmasıdır fakat bununda şöyle bir dezavantajı vardır basınç yükseldikçe kademe sayısı da artıyor. Pistonlu kompresörler krank kollarının hareketi ile emme hareketinde havayı alır basma hareketinde ise emdiği havayı sıkıştırırlar.



Şekil 1. Pistonlu Kompresörler (Kayı, 2006).

Diyafıramlı kompresörler.

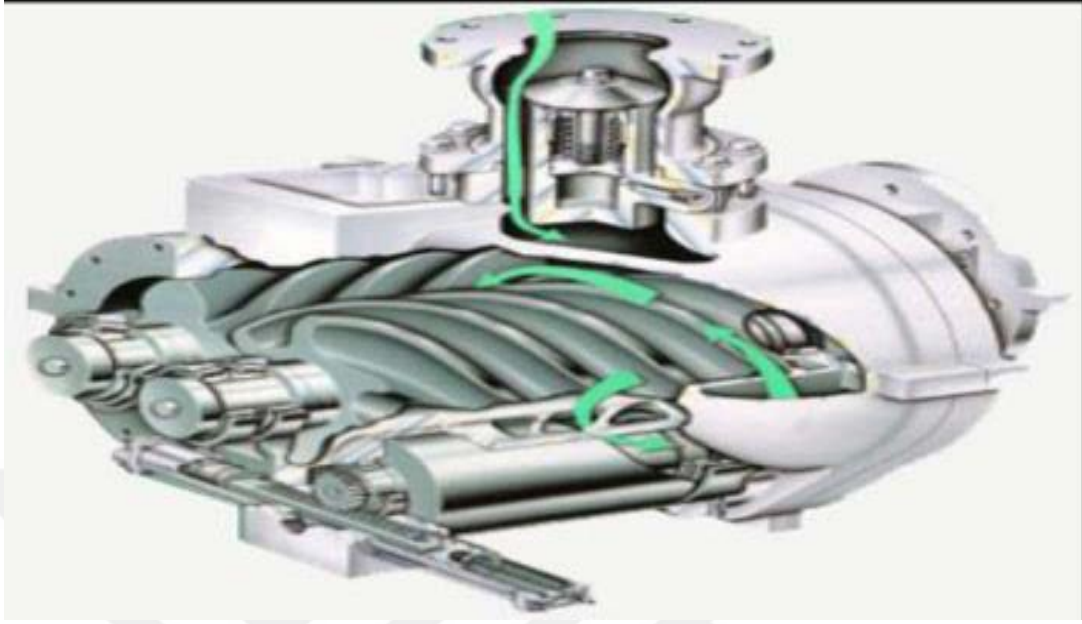
Yağsız çalışan diyaframlı kompresörler pistonlu kompresörler gibi kompresörün krank kolu ile ileri ve geri hareketi gerçekleştirir. Kola bağlı olan diyafram da ileri ve geri hareketini emme ve basmaya dönüştürerek basınçlı havayı üretmiş olurlar. Yağsız olarak çalıştıkları için gıda, ilaç ve kimya gibi yerlerde kullanılır.



Şekil 2. Diyaframlı Kompresörler (Kayı, 2006).

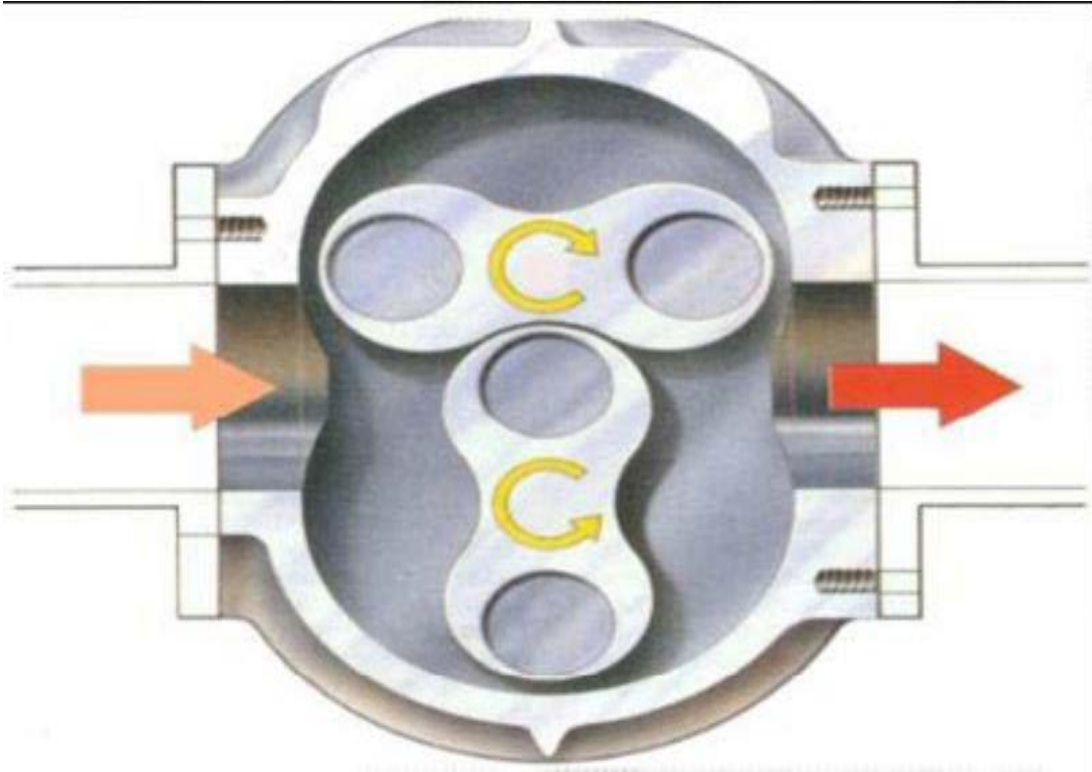
Vidalı kompresörler.

Birbiri ile ters yönde dönen iki helis dişli rotorun arasında havanın sıkıştırılması ile sağlanır. Genelde olarak 7 ile 13 bar arası çalışırlar.



Şekil 3. Vidalı Kompresörler (Kayı, 2006).

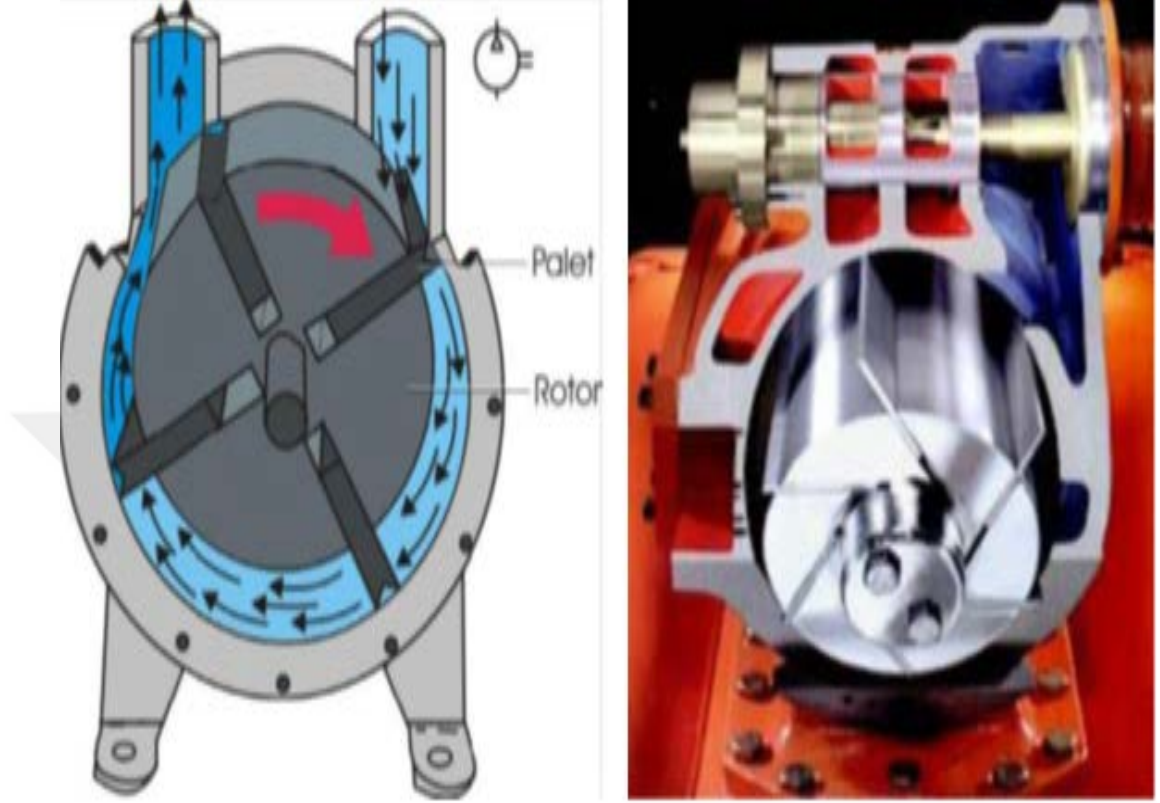
Roots tipi kompresör.



Şekil 4. Roots tipi kompresörler (Kayı, 2006).

Kayar kanatlı kompresör.

Bir rotora bağlanan kanatlar dönüş hareketinde merkezkaç kuvvetiyle cidarlara doğru savrulurlar. Kanatlar arasındaki havanın hacmi eksantriklik nedeniyle azalır böylelikle hava sıkıştırılır. En sessiz çalışan kompresörlerdir.



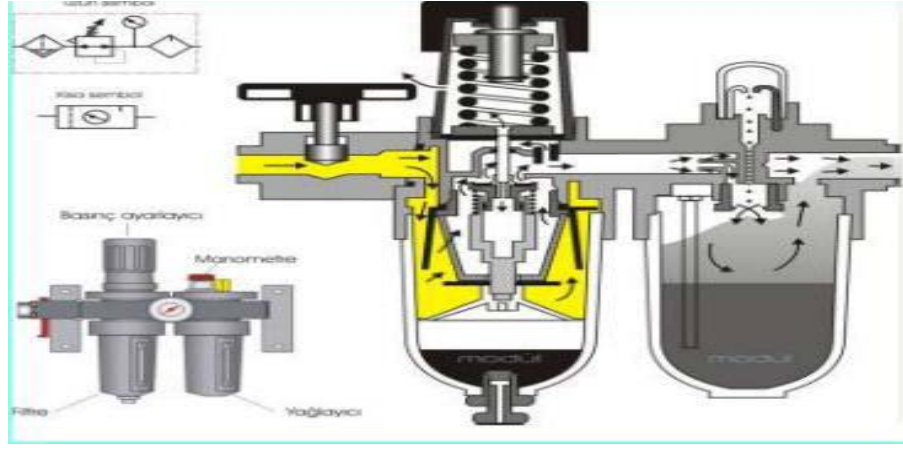
Şekil 5. Kayar kanatlı kompresörler (Kayı, 2006).

Türbin tipi kompresörler.

Bu tip kompresörlerde hava bir taraftan emilerek hızlandırılır. Yüksek devirde dönen bir rotor üzerine kanatlar açılmıştır. Bu kanatlar havayı emer ve havayı aralarında sıkıştırarak basınçlandırır. Daha sonra bu hız enerjisi basınca dönüştürülerek istenilen çıkış basıncı elde edilir.

Şartlandırıcı

Şartlandırıcı 3 elemanın birleşmesinden oluşur. Bu elemanlar filtre, basınç ayarlayıcı ve yağlayıcıdır. Havayı kullanılacak kişilere vermeden önce çalışma şartlarına hazır hale getirmemiz gerekir. Havayı istenilen şartlara getiren bu elemana şartlandırıcı denir. Bazı olası durumlarda bu 3 eleman aynı anda kullanılmayabilir gerek tek gerekse de 2 tane olarak kullanılabilir.



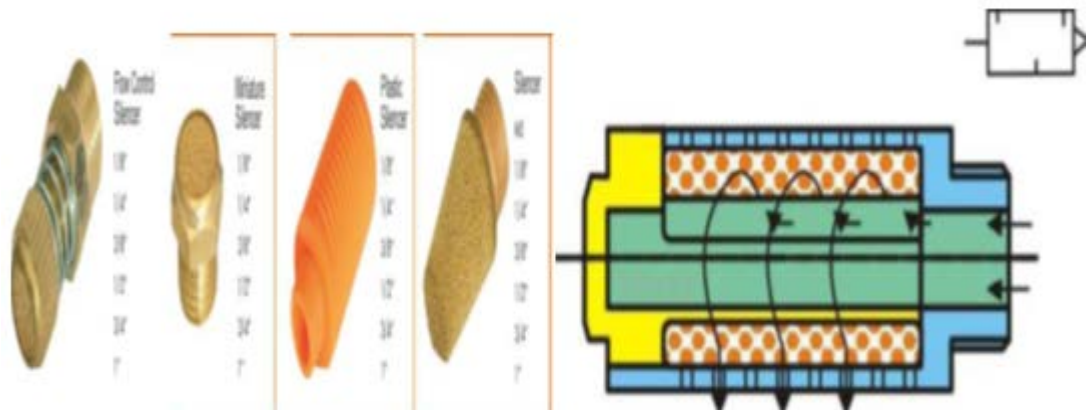
Şekil 6. Şartlandırıcı (Kayı, 2006).

Şartlandırıcının ilk elemanı fitredir. Filtre elemanı kompresörden çıkan kirli havayı atmosferden emilen havanın içindeki toz, nem gibi sistemimizin sağlıklı bir şekilde çalışmasını engelleyen aynı zamanda kompresörden kaynaklı yağ ve olası metal parçalarını temizlemede kullanılır.

Filtreden çıkan hava basınç ayarlayıcısına gelir. Basınç ayarlayıcısı kullanıcının prosesinde ne kadar havaya ihtiyacı varsa o kadar basınç sağlamak için kullanılır.

Susturucular

Pnömatik sistemler havanın egzoz işleminde gürültülü bir ses çıkartır. Susturucular ise, bu gürültülü sesi azaltmak ve valf tahliye hatlarından girebilecek toz benzeri kirlerin girmesini engeller. Susturucu içerisine giren havanın hacim genişlemesi sonucu hızı düşer ve gürültü azalır. Susturucular aynı zamanda filtre görevi de görmektedirler. Susturucular plastik susturucular, sinter, bronz susturucular, ayarlı susturucular ve tapa susturucular olmak üzere 5 çeşittir.



Şekil 7. Susturucu (Kayı, 2006).

Basınç Anahtarı

Basınç anahtarı basınç istenilen değere geldiğinde elektriksel sinyal üretir. Ayarlama vidası sayesinde istenilen basınca göre ayarlama yapılabilir. Bazı değişiklikler sayesinde vakum anahtarı olarak kullanılabilir.



Şekil 8. Basınç anahtarı (Kayı, 2006).

Uygun Pnömatik Sistem Seçimi İçin Çalışmalar

Yapmış olduğumuz projede pnömatik sistem çok karmaşık bir sistem olmadığı için basit bir şekilde çift etkili bir silindir işimizi gördü. Peki bu silindirler nedir kaç çeşittir neden çift etkili bir silindir kullandık bunları söylemek gerekirse;

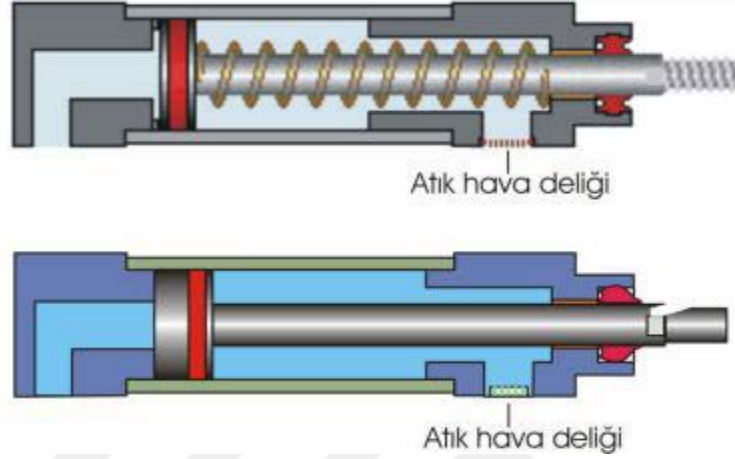
Pnömatik silindirler: Bir diğer ismi piston olan silindirler doğrusal ve açısal hareketlerin elde edilmesinde kullanılırlar. Pnömatik enerjiyi mekanik yani iş enerjisine dönüştürürler. Bu sayede zor olan birçok işi silindirler vasıtasıyla kolay bir şekilde halledebiliriz.



Şekil 9. Düz pnomatik sistemler (Kayı, 2006).

Tek etkili silindir.

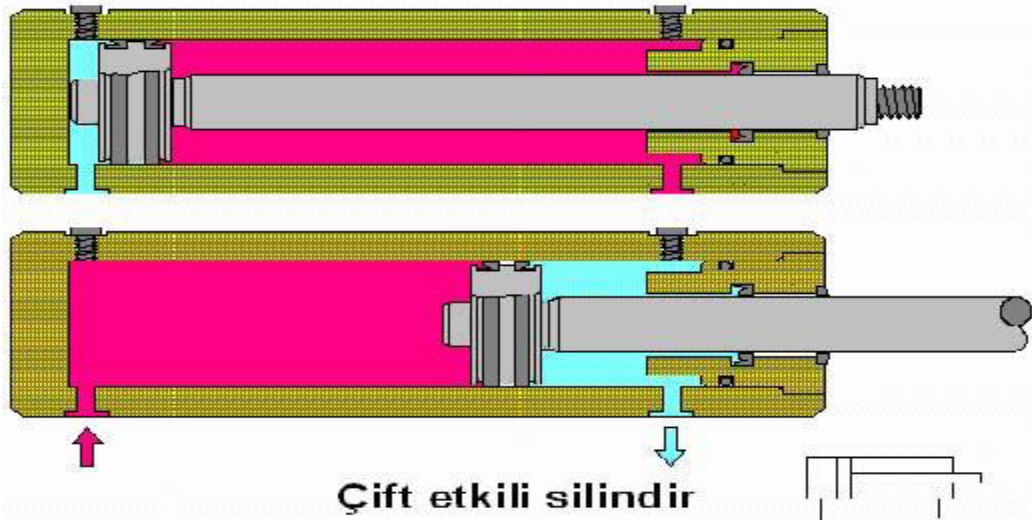
Tek etkili silindirlerde basınçlı hava tek yönden etki eder. Hava giriş çıkışı için tek bir giriş noktası vardır. Bu sayede tek bir yönde iş yapmış olurlar. Piston kolunun geri dönüşü bir yay yardımıyla ya da kullanılan yerdeki cismin ağırlığına bağlıdır. Bazı durumlarda yay piston tarafına konularak geri yönde bir iş yapabilir fakat bunun için yay hesabı yapıp olan göre kullanmamız gerekir.



Şekil 10. Tek etkili silindir (Kayı, 2006).

Çift etkili silindir.

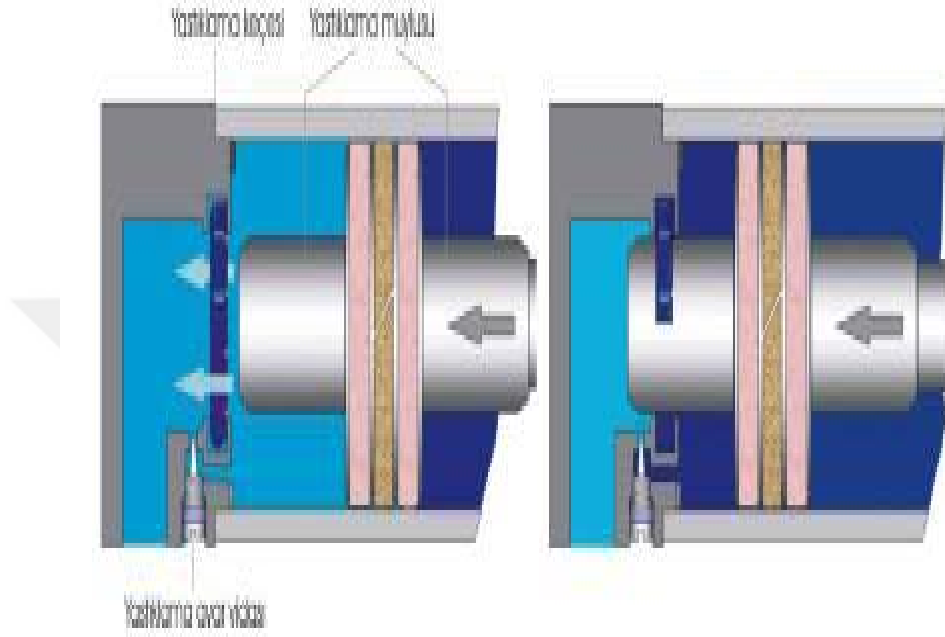
Çift etkili silindirlerde 2 adet giriş ve çıkış deliği bulunur. Bu sayede 2 yönlü hareket sağlayıp her iki yönde de iş yapmış oluruz. Çift etkili silindirler genellikle her iki yönde de iş yapılacağı zamanlarda kullanılır. Biz de projemizde çift etkili silindir kullanmayı tercih ettik. Nedeni ise: Piston kolu eriyen plastiğe sıkışırsa eğer, çift etkili silindir sayesinde ters yönde bir iş yaptırarak erimiş halde olan plastiğe sıkışmasını engellemek içindir.



Şekil 11. Çift etkili silindir (Kayı, 2006).

Yastıklı tip silindir.

Yastıklı tip silindirler ise ağır kütle silindir tarafından hareket ettirilecekse bir hasar oluşmaması için strok sonunda yastıklama bulunur. Strok sonuna yaklaşmadan önce yastıklama keçesi havanın tahliye olacağı deliği kapatır. Hava bu sayede ayarlanabilen bir delikten tahliye edilir. Hava çabuk boşalamadığı için piston ile silindir kapağı arasına sıkışır. Geri dönüşte ise hava bir çek valf üzerinden geçerek yoluna devam eder.



Şekil 12. Yastıklı tip silindir (Kayı, 2006).

İKİNCİ BÖLÜM

Materyal ve Metod

Bu bölümde imalatı gerçekleştirilecek olan Plastik Enjeksiyon Makinesinin tasarım aşamaları anlatılacaktır. Tasarım aşamaları Solidworks programında çizilmiş olup teknik resimleri alınarak buraya eklenmiştir.

Plastik Enjeksiyon Makinesinin Tasarımı

Tasarımın aşamaları sırası ile aşağıda teknik resimleri aracılığıyla anlatılmıştır.

Tasarımda Kullanılan Temel Unsurlar

Tasarım esnasında ki 2 önemli etken, imalatı gerçekleştirilecek ürünlerin çabuk ve ekonomik olacak biçimde piyasa ortamına sunulmasını gerçekleştirmektir. İmalat esnasında tasarım, hem parça imalatçıları hem de plastik Enjeksiyon kalıpları tarafından oluşacak sonuçlar üzerinden en önemli etkiye sahip bir yöntem olarak gösterilebilir. Plastik Enjeksiyon Makinesi örnek makineyi geliştirme ve kalıp viskozite araştırması da düşünülerek ürün tasarım sürecine zamanında müdahil olduğunda, ekonomiklik ve süre açısından çok daha verimli bir tasarım gerçekleşecektir.

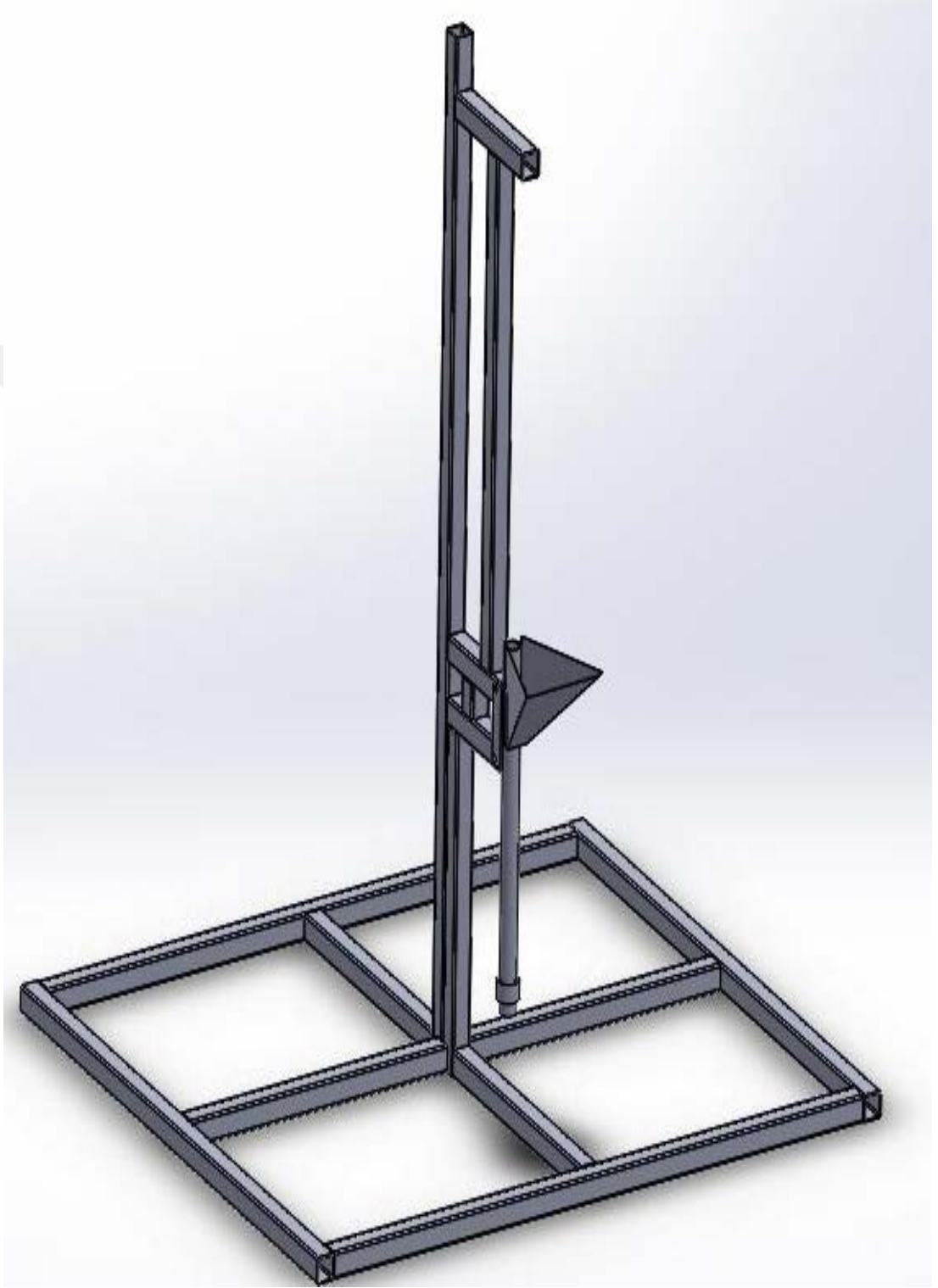
İmal edilebilirlik için makine tasarımı gerçekleştirmek, makineyi oluşturan faktörlerin değişkenlikleri üzerine çok değerli bir tepkiye iye çeşitli aşamaları içermektedir. Bir kısım imalatçılar tasarım kataloglarındaki süre ayarlamasını yapmazlar. Bundan dolayı imalatı yapan firmayla erkenden temas kurup, parça imalatını ve kabiliyetini yükseltmek için görüşme yapabilirsiniz. Üretim esnasındaki tasarım sürecinde en çok karşılaşılan bazı unsurlar şöyledir:

Makinenin tasarımında önce şase oluşturuldu şasenın oluşturulmasında kaynakla birleştirme tercih edildi. Buradaki amaç zamanla herhangi bir boşluk oluşmasını engellemek, montajı gönyeli gerçekleştirmek, çünkü cıvata somun bağlantısı yapılsaydı plastik enjeksiyonla baskı yapıldıkça boşluk oluşurdu.

Enjeksiyon Makinesi İskeletinin Tasarımı

Şase şekilde görüldüğü gibi 40*40 profillerden ortada destek kollarından oluşacak şekilde tasarlandı. Tasarımının bu şekilde olmasının amacı çok ağır olmaması, basit bir

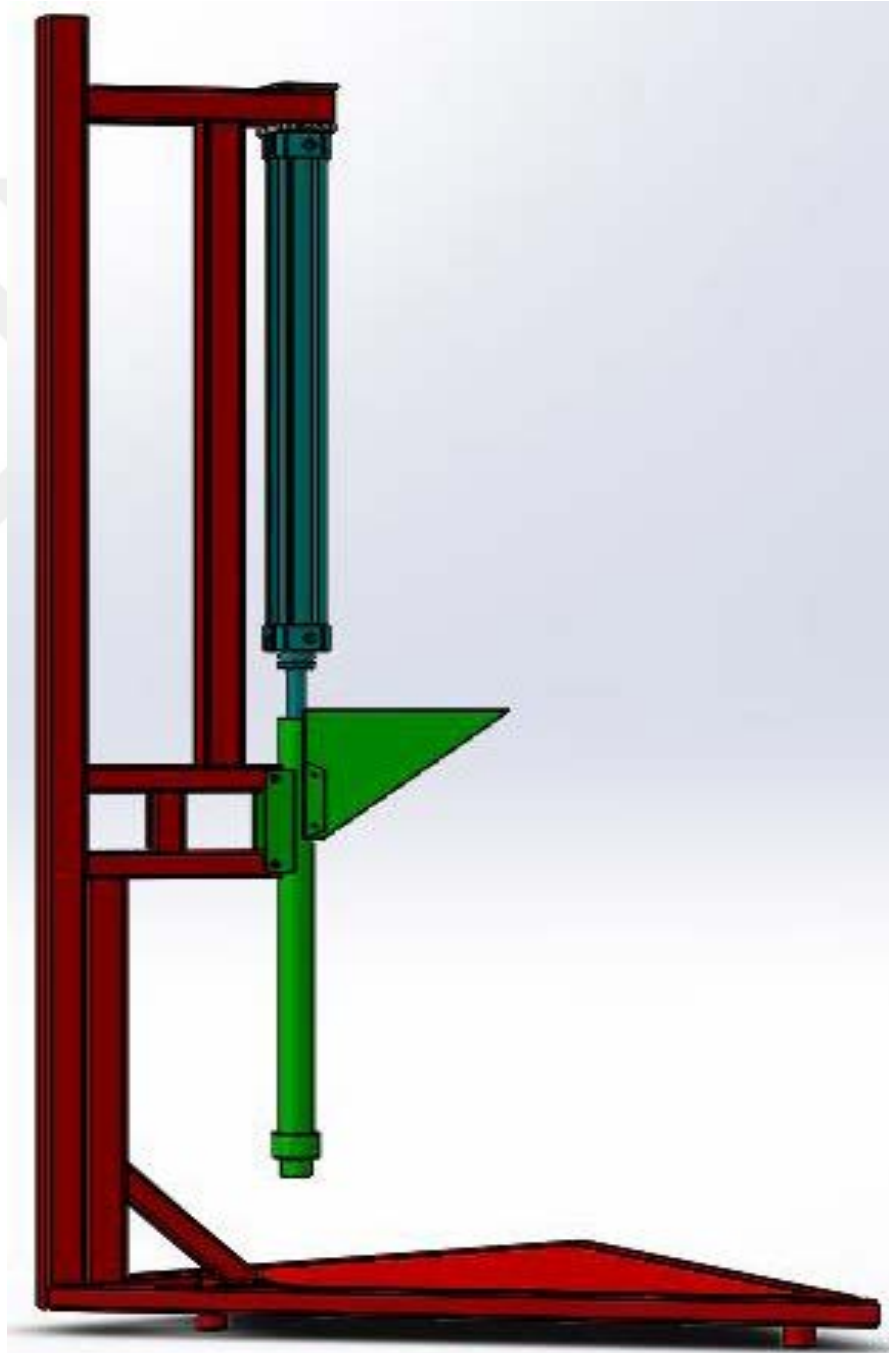
yapıda oluşması ve taşınmasının kolay olması. Ortadaki 1500 mm uzunluğundaki dikme profilin daha dayanıklı ve rijit olması için çift profil kullanıldı ve sırt sırta gelecek şekilde kaynaklanması planlandı. Boru bağlantısı da merkezden 20 cm dışarıda çift profille kaynak bağlantısı gerçekleştirildi.



Şekil 13. Şase tasarımı.

Piston-Kovan Bağlantısı

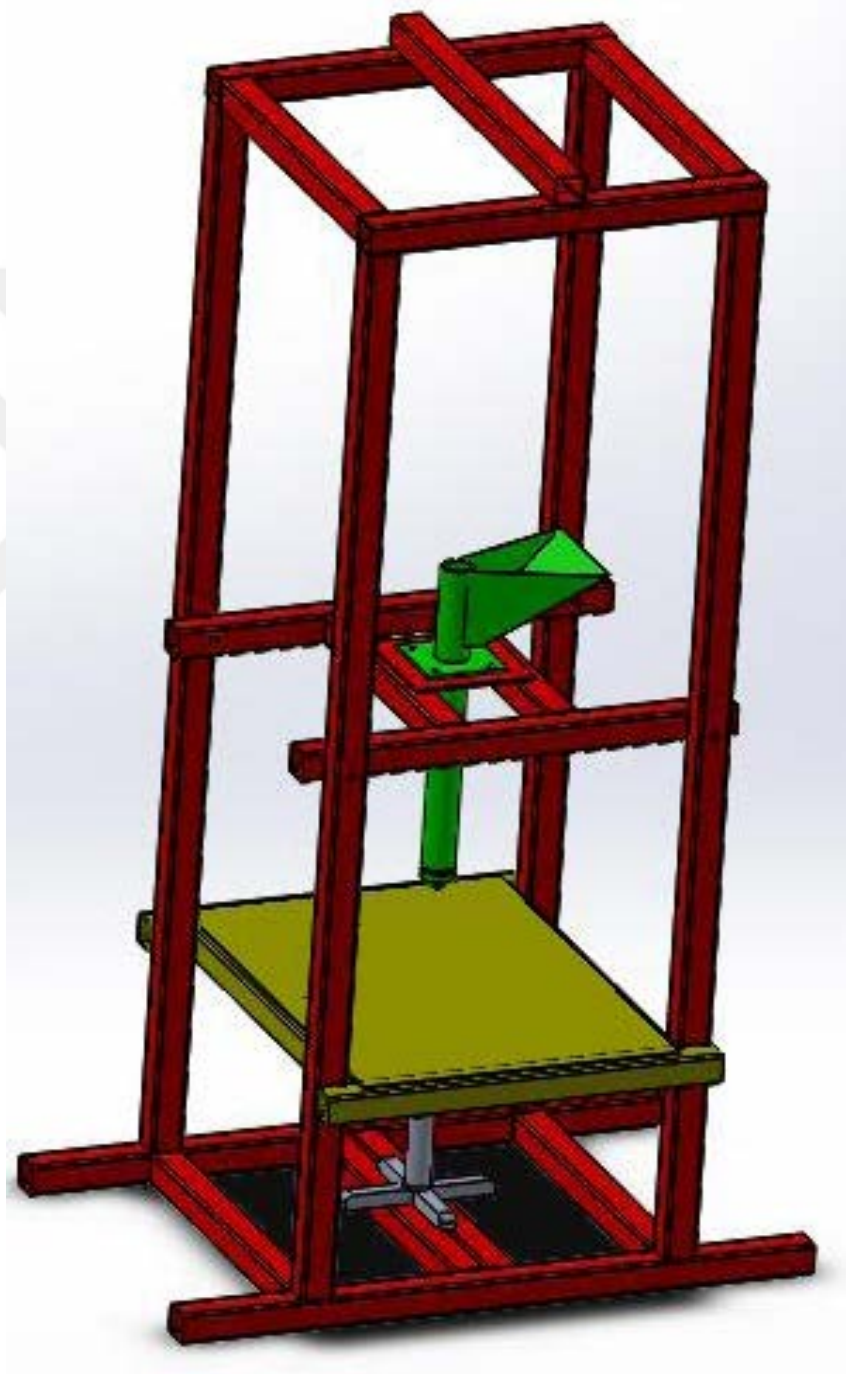
Piston kovan bağlantısını gövdeden 30cm dışarıda ve makinenin tam merkezinde olacak şekilde tasarımı geręekleřtirildi. Borunun ağzına maşon ara bağlantısı ile meme rezidans bağlantısı oluşturulmuş oldu. Borunun üst tarafına 0.5cm sacdan ham granül boşaltma ağzı tasarlayıp bu ağzın hacmi 3lt ham granül alacak şekilde ayarlandı ve oluşturuldu. Boru döküm ağzı bağlantısını kaynak yerine M4 cıvata ile geręekleřtirecek şekilde tasarlamadaki amaç sökülebilir bir bağlantı olması ve istenilen zaman değiştirilebilmesi.



şekil 14. Piston-Kovan tasarımı.

Alt Tabla Tasarımı

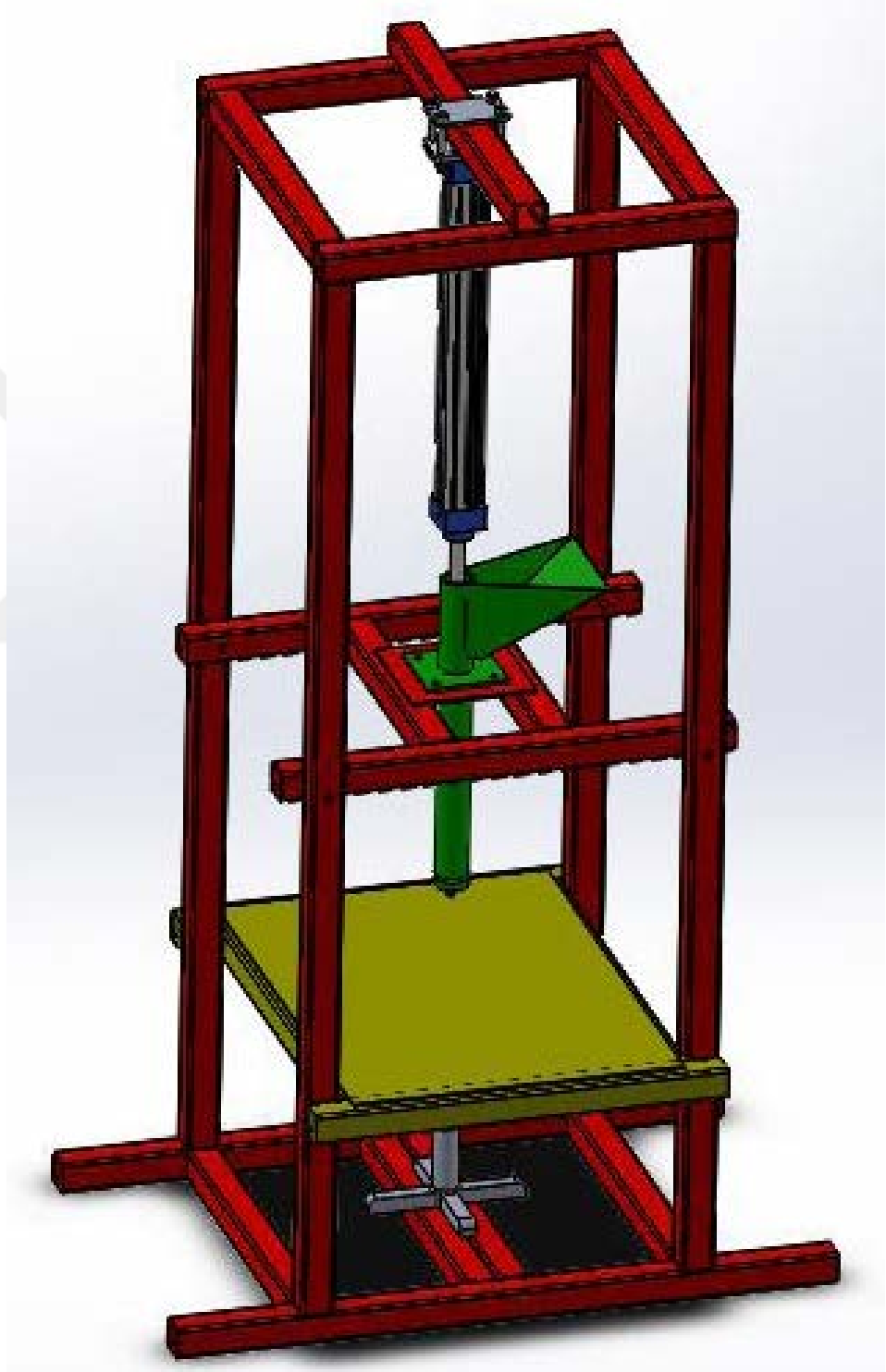
Alt tabla 520*450 mm ölçülerinde 2 şer adet profilden kaynakla birleştirilecek üstüne ise 0.5 mm.lik galvanizli sac kaynak edilecek şekilde planlandı. Bu tablanın hareketli hale gelebilmesi için helisel vidalı, ayaklı, üstten flanşa tablaya tutturulması için flanşa 4 adet delik delindi. Bu deliklerden profile alyan başlı vida atıldı.



Şekil 15. Tabla-Ayak bağlantısı.

Pistonun Şaseye Bağlantı Şeması

Piston boruyu tam merkezleyecek şekilde gönye ve ölçü aletleri ile ince ayar yapılarak makineye üstten M10*12 vidalar ve flanşlar yardımıyla montaj yapılacak şekilde tasarlandı ve solidworks montaj sayfasında hareketi ve kurs boyu (hareket aralığı) test edildi.

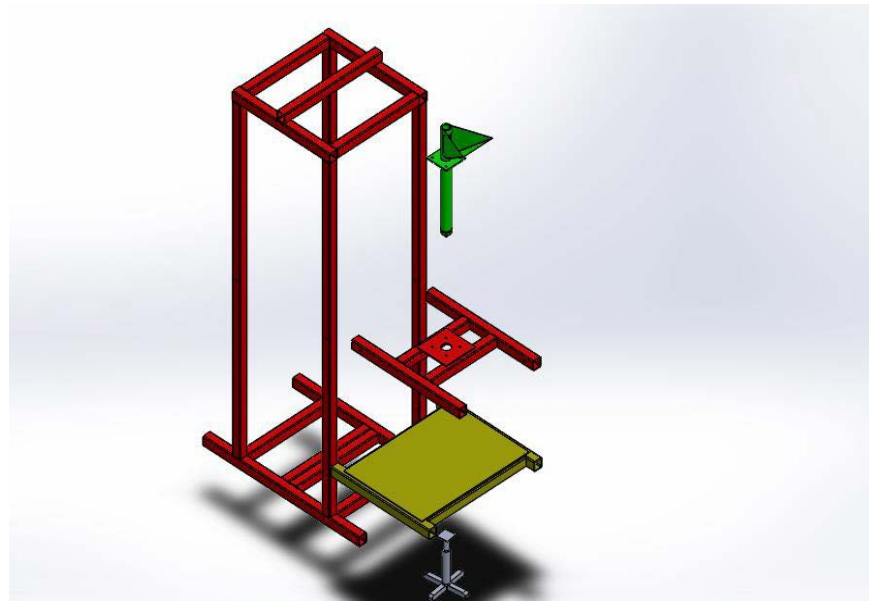


Şekil 16. Piston bağlantı şekli.

Tüm bu tasarım sürecinden sonra makinenin sıkıntısız çalışacağı, herhangi bir sarsıntıya mahal vermeyeceği tespit edildi. Enjeksiyonla kalıplama makinasında istenilen değerleri seçerek ideal ürün elde edebilmek çok önemlidir. Özellikle sonuçların olması gereken değerlere gelmesini kısa sürede mümkün hale getirerek, maliyetler epeyce düşürülebilir. Plastik enjeksiyon makinasında istenen basınç değerlerinin sağlanabilmesi için bir çok değişkenin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden değişkenlerin alacağı değerlerin hassas seçilebildiği ve izlenebildiği, yeni nesil, sade, bakımı kolay üretim bir enjeksiyon makinasının tasarlanması ortaklığıyla bir çalışma yapılarak, dikey baskılı enjeksiyon makinası tasarlanmıştır. Makina tasarlandıktan sonra makinanın yeni değerleriyle istenen ürün çıktısı için gerekli olan parametreler belirlenmiştir. Makinanın elde edeceği değerler, matematiksel denklemlerle ve atölye ortamında deneyler yapılarak hesaplanmıştır. Plastik enjeksiyon ile imalat işleminde hesaplaması zor, bir çok değişkenden kaynaklanan sorunları çözümede yapılan deneyler sonucu makinenin optimum çalışma değerleri tespit edilmiştir.

Makinenin Patlatılmış Resmi

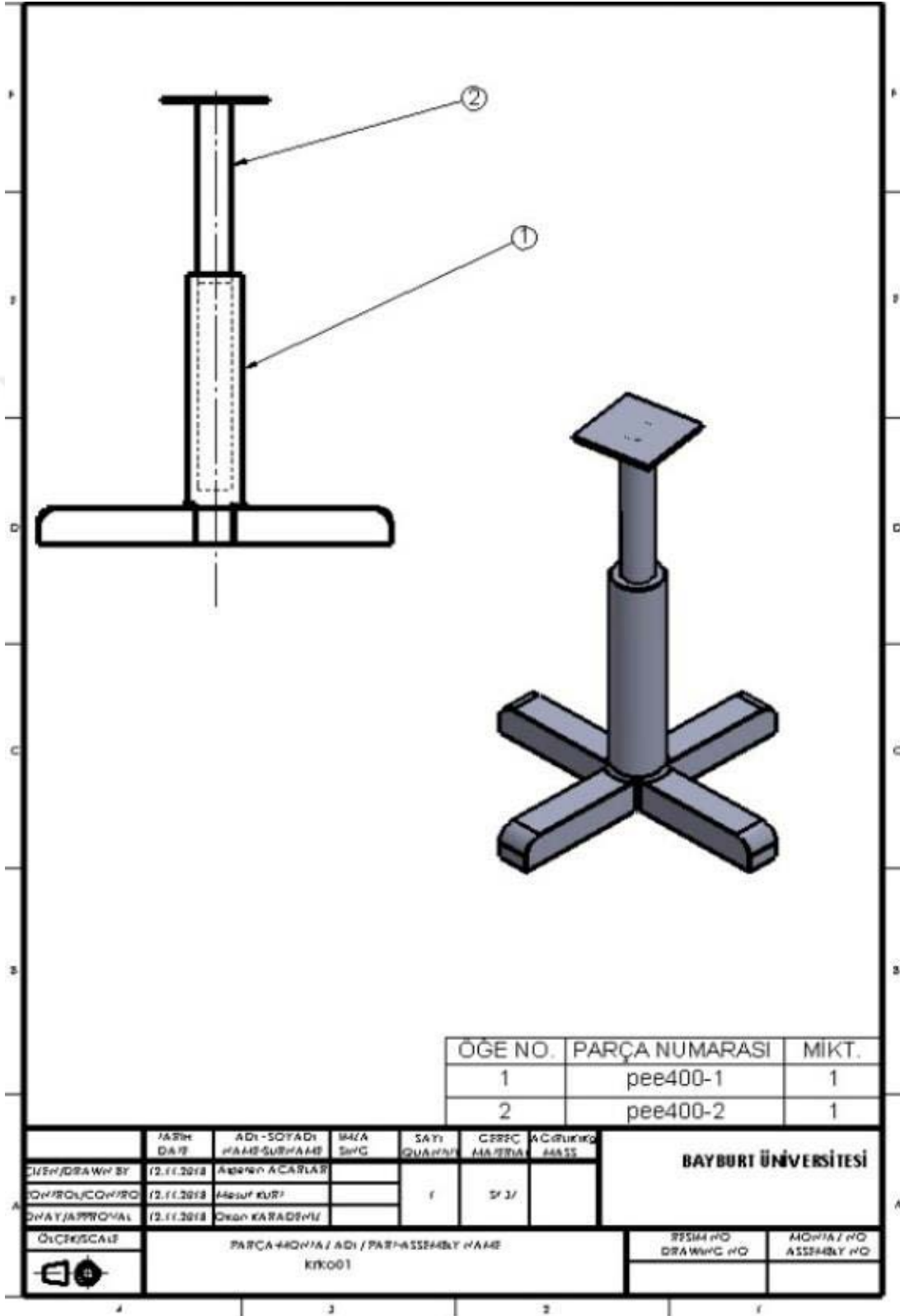
Patlatılmış montaj resminden de görüldüğü gibi alt tabla, tablanın altındaki tablayı kaldırma sistemi, üst tabla, rezidans sarıli boru borunun içinde çalışan piston kolu ve piston birbirinden bağımsız kolay bir şekilde makineden sökülebiliyor. Buda çalışanlara bakım kolaylığı ve sadelik katıyor. Aynı zamanda makinenin çalışma sistemini ve prensibini öğrencilere sergiliyor.



Şekil 17. Plastik Enjeksiyon Makinesi Patlatılmış Resim.

Alt Tabla Hareket Mekanizması

İçinde helisel vida bulunan bu altı ayaklı üstü flanşlı makine parçasıyla mengene kalıdırıp püskürtme memesi ağzına temas ettirilebilir.



Şekil 18. Alt tabla kaldırma mekanizması.

Elektrik Devre Elemanları

Bu bölümde Plastik Enjeksiyon Makinesinin elektrik aksamını oluşturan parçaların seçimi resimleri ile birlikte anlatılacaktır.

Sinyal lambaları.

Kumanda devresinin çalışıp çalışmadığını gösteren elemana sinyal lambası denir. Projede 3 adet sinyal lambası kullanıldı. Kullanılan yerler ise kelepçe rezistans termostat sayesinde istenilen dereceye geldiğinde termostat kapandı mı kapanmadı mı kontrol etmek için 2 adet kelepçe rezistans kullanıldığı için sıcaklıkları aynı anda aynı seviyeye çıkmayacağı anlaşıldığından bu iki rezistans için tek tek sinyal lambası kullanılmıştır.



Şekil 19. Sinyal lambaları (MEGEP).

Acil stop butonu.

Makinede olası bir elektrik kaçağı ya da sistemin çalışmasında istenmeyen bir durum oluyorsa sistemin enerjisini kesmeye yarayan bir elektrik elemanıdır. Projemizde elektrik kullanıldığından önlem amaçlı acil stop butonu kullanıldı.



Şekil 20. Acil stop butonu (MEGEP).

Termostat.

Sıcaklığı istenilen değerde sabit olarak tutmak ve istenildiği zaman değeri yükseltmeye veya düşürmeye yarayan bir kontrol elemanıdır. Termostatlar sıcaklık ayarında kullanıldığı gibi soğutma sisteminin ayarlanmasında da kullanılabilirler. Tasarımdaki, projedeki amaç plastik granülleri ergime sıcaklığına getirmek olduğu için ergitme işini gazlı termostat çok rahat göreceği hesaplandı, 2 adet ısıtıcı olduğu için 2 adette gazlı termostat kullanıldı.



Şekil 21. Termostat (MEGEP).

Kullanılan rezistansın seçimi.

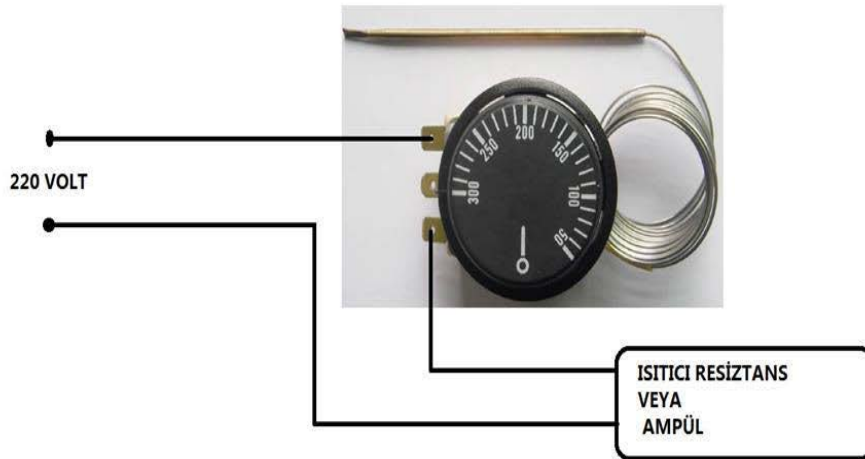
Projeye başlamadan önce ısıtıcı için öncelikle rezistans teli alıp sarma planlandı. Fakat daha sonra biraz araştırmadan sonra meme rezistansların bu proje için daha kullanışlı ve daha kolay olacağı anlaşılmış olup bu rezistanslar kullanılmaya karar verildi. Projede 2 adet 350 °C sıcaklığa kadar çıkabilen meme rezistans kullanıldı. Piyasada bulunan plastik granüller maksimum 350 °C'de ergimeye başladığı için bu rezistanslar imalatı gerçekleştirilecek enjeksiyon makinesinin işin çok rahatlıkla görmektedir. Şekilde görülen resim bir meme rezistansın resmidir. Rezistansın içinden firmanın hesaplamalarına göre çıkarmış olduğu kablolar hem termostat hem de lamba bağlantısı için kullanılan kısımlardır. Bunlara ek olarak birde bir elektrik kaçağı ya da ani sıkıntıyla karşılaşıldığı zaman sistemin elektriğini kesmek için bir acil stop butonu da kullanıldı. Yapılan deneylerde kullanılan Polietilen (PE), dış ortam koşullarına ve neme karşı yüksek direnç gösterir, esneklik özelliği polipropilene göre çok yüksektir. Maliyeti düşüktür. Genel olarak ergime sıcaklığı 135 °C civarındadır.



Şekil 22. Meme Rezistans (MEGEP).

Termostat bağlantısı.

220 V AC gerilimle çalışan gazlı termostat kablo yardımı ile nötr kablosu şekilde gösterildiği gibi termostatin en üs ucuna pabuç yardımı ile bağlandı. Sonrasında ise rezistansı ve sinyal lambasını paralel bir şekilde bağlayarak faz kablosuna diğer ucunu ise şekilde gösterildiği gibi termostatin NA (normalde açık) yani enerji geçtiği süre zarfında kapalı enerji geldiğinde ise kontağını açıp devrenin enerjisini kesecek şekilde bağlandı. Son olarak acil stop butonunun kablodaki bir ucunu faza diğer ucunu nötr kablosuna bağlamak suretiyle bağlantı olayı sonlandırılıyor. Bu sayede hem olası bir elektrik çarpmasında hem de termostatta oluşabilecek bozulmalara karşı devre koruma altına alınmış oluyor.



Şekil 23. Termostat bağlantısı (MEGEP).

Plastik Enjeksiyon

Plastik granülün, üst derecelerde ergitilerek kalıp içine püskürtülmesi ile gerçekleşen imal sistemine Plastik Enjeksiyon işlemi denilir. İmalat sanayide bir çok alanda kullanılmaktadır Yaşantımızda en ince detaydan en büyük malzemelere kadar bu metotla üretim gerçekleştirilmektedir (Gültaş, 2004).

Plastik Enjeksiyon Makineleri

Plastik enjeksiyon işlemi, 1900'lü yılların başından beri plastik enjeksiyon makinelerinde gerçekleştirilmektedir. Günümüzde bu makineler, bilgisayar sistemleri ile entegre çalışıp en yeni teknolojiler kullanarak üretim gerçekleştirir. Enjeksiyon makineleri genellikle mengene, enjeksiyon bölümü ve kalıp kısmından oluşur. Plastik enjeksiyon makineleri yatay eksenli enjeksiyon makineleri ve dikey eksenli olmak üzere 2 ye ayrılır; (Gültaş, 2004).

Yatay Eksenli Enjeksiyon Makineleri

Günümüz piyasasında en yaygın olarak kullanılan enjeksiyon makineleridir. Seri üretimde daha verimli olan enjeksiyon makineleridir.

Plastic reçine yatay eksenli enjeksiyon makinesine dolum işlemi yapılır, plastik reçine, sıcaklık sensörü ve kontrolörü ile enjeksiyon kalıplama makinesi memesinde ısıtılacaktır. Farklı malzemeler normal olarak farklı erime sıcaklığına sahiptir. Örneğin PP reçine gibi, erime sıcaklığı daima 150 derece ile 200 derece arasındadır.

Yatay eksenli enjeksiyon makinesi kalıbı sıkıştırma kuvveti ile kapatacak ve malzemenin dolmasını bekleyecektir. Sıkıştırma kuvveti de sensör tarafından kontrol edilebilir.

Enjeksiyon hızı, enjeksiyon basıncı, enjeksiyon pozisyonu, enjeksiyon sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı gibi enjeksiyon atımı için lot sensörüne sahip olan vida, malzemeyi kalıba bastırmak ve parçayı elde etmek için yüksek hızda döner.

Malzeme kalıba girdikten sonra malzeme dolumu ile birlikte tutma basıncı başlar. Bu tutma basıncı, üretilen parçanın bozulmasını, çarpılmasını ve yüzey kalitesinin kötü çıkmasını engellemeye yarayacaktır. Tutma basıncından sonra enjeksiyon kalıplama makinesi, kalıp içine malzeme doldururken ergime sıcaklığını bildiğimiz için kalıp içerisindeki parçayı soğutmaya başlar, sıcaklık çok yüksektir ve soğutmaya ihtiyaç duyarız.

Soğutmayı başlatan enjeksiyon kalıplama makinesi kalıbı açacak ve parçaları fırlatma sistemi ile kalıptan çıkartacaktır. Şimdi kalıptan tasarlanan parçayı alabiliriz. Sistem, sürekli

bu şekilde devam eder ve kalıp değiştirilene kadar seri üretim yapılmaktadır (Güldaş, 2004).



Şekil 24. Yatay Eksenli Plastik Enjeksiyon Makinesi.

Dikey Eksenli Enjeksiyon Makineleri

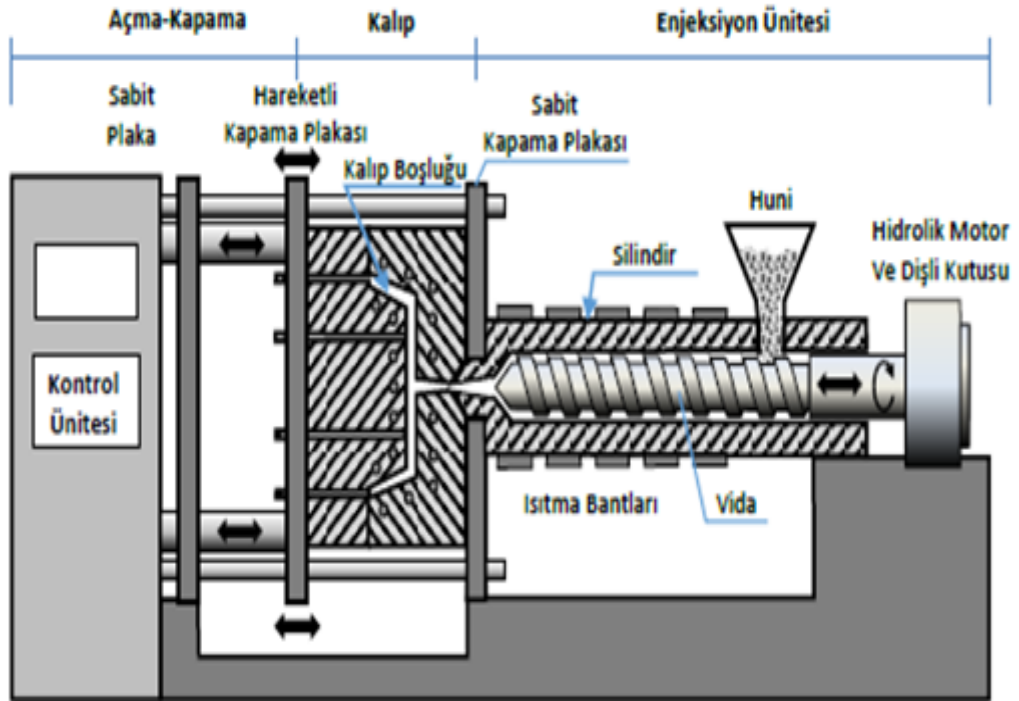
Dikey Enjeksiyon makineleri de yatay eksenliler gibi büyük çoğunlukla hidrolik tahriklidir yani kalıbı basınç altında tutma işi hidrolik basınçla sağlanır. Bu makinenin de kontrol ünitesi nümerik olup plastik granülün hangi derecelerde ergitileceği, baskı işinin kaç barda olacağı, soğutma zamanı gibi işlemler bu panel tarafından ayarlanır. Yağ deposu 360 litre olup kapama baskısı 18 bardır.



Şekil 25. Dikey Eksenli Plastik Enjeksiyon Makinesi.

Plastik Enjeksiyon Makinesi Kısımları

Enjeksiyonla kalıplama makinasında ideal baskı için makinanın çalışma şekli ve süreç iyi takip edilmelidir. Bir plastik enjeksiyonla kalıplama makinası genel aşağıdaki gibi beş fonksiyonel birimden oluşmaktadır.



Şekil 26. Plastik enjeksiyon kalıplama makinası ve elemanları (Köse, 2006).

Tümden Elektrikli Plastik Enjeksiyon Makineleri

Yazar Muharrem Manavın 28/Mayıs/2019 tarihli köşe yazısında belirttiği aşağıdaki Tümden elektrikli Enjeksiyon makinesinin özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Tamamı Elektrikli kontrol edilen enjeksiyon makinelerinin geçmişi yirmi senedir vardır ve özellikle ABD ve Japon menşeli ülkelerde kullanılıyor.

Dünyada ilk tamamıyla servo sistemle kontrol edilen makinelerin kontrol sistemlerinde tecrübeli olan Japonyanın Fanuk şirketi enjeksiyon sanayinde birinci sırada yer alan ABD firmalarının bilgilerini birleştirmesi sonunda doksanlı yıllarda imal edilmiştir.

Dünyanın en zengin sanayi liderleri olan bu devletlerde tamamıyla elektrik kontrollü plastik enjeksiyon makine kullanımı diğer devletlere göre çok daha yoğundur.

Tezgâhlara nazaran farkları;

Kullanılmayan hidrolik sistem

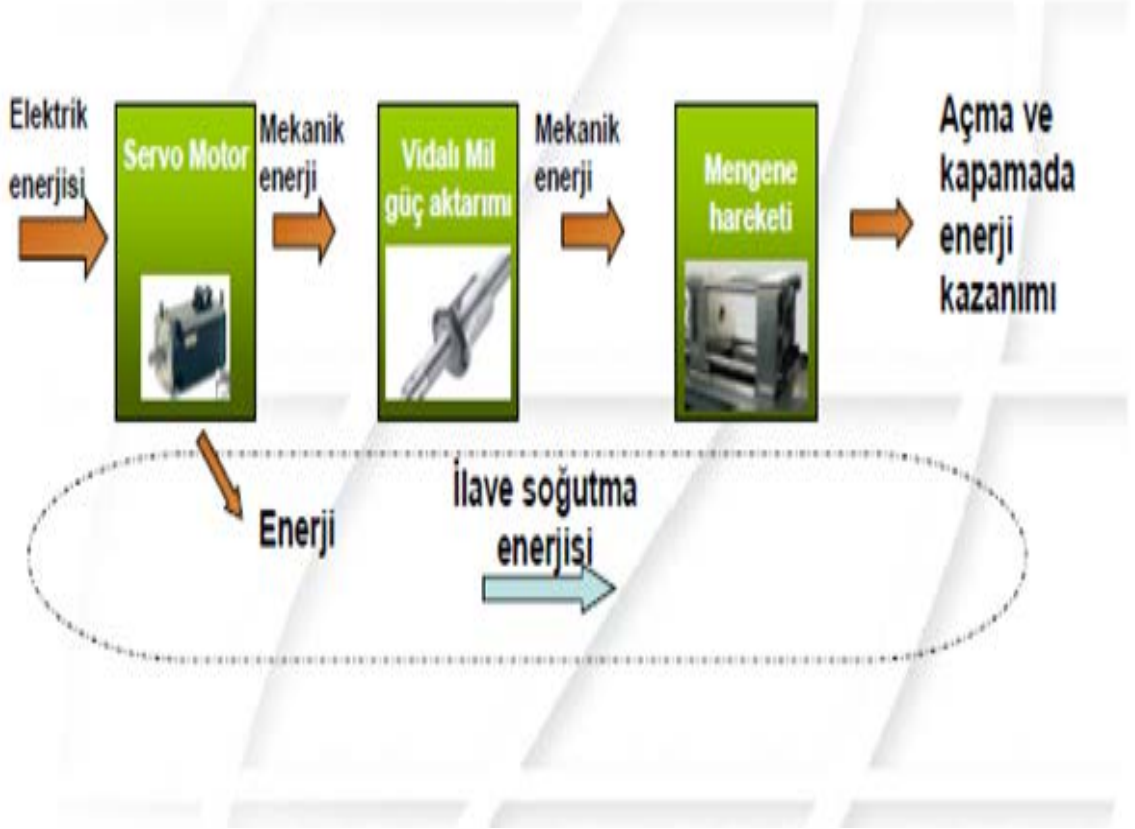
Hidrolik yağ olmadığı için kullanılmayan hidrolik sistemden kaynaklanmaktadır.

Aşağıda Hidrolik system ile Tümden Elektrik kontrollü tezgâhın hareket iletim karşılaştırmalarını ve bununla birlikte üstünlüklerini fark edebiliriz.



Şekil 27. Tümden Elektrikli Plastik Enjeksiyon Makinesi (Köse, 2006).

Tümden Elektrikli Enjeksiyon Makinesinde İş akışı aşağıdaki şekilde verildiği gibidir.



Şekil 28. Tümden Elektrikli Plastik Enjeksiyon Makinesinde İş Akışı (Köse, 2006).

Hidrolik Enjeksiyon Makinesinde İş akışı

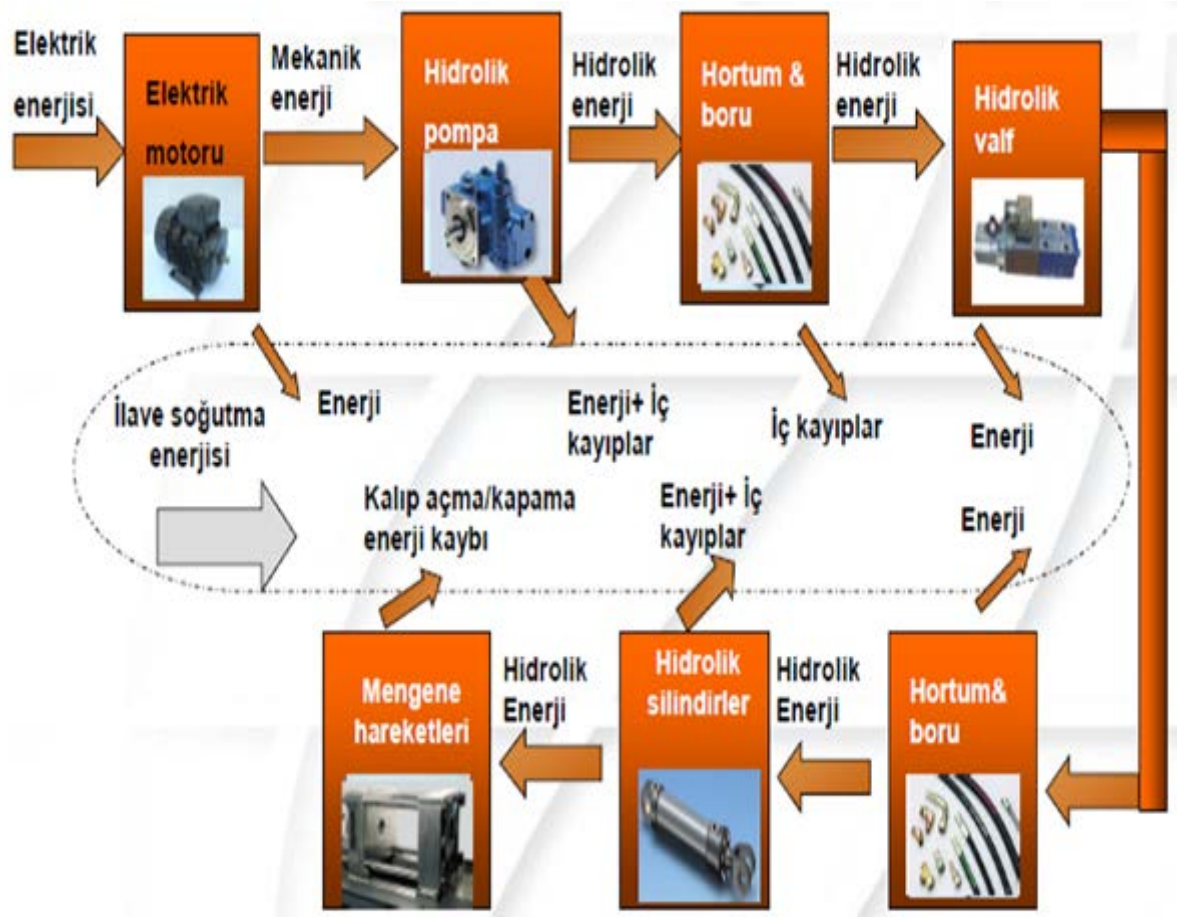
Görüldüğü gibi, hidrolik makinelere oranla az sayıda kullanılan ekipmanlar sayesinde; Hortum ve valfler arasındaki iletim kayıplarının elimine edilmesi ile “Daha yüksek verim”

Mekanik anlamda daha sade tasarım

Daha az bakım gereksinimi

Ve tabii ki Enerji tasarrufu

Elektrikli makinelerin bir diğer avantajı ise düşük çevrim zamanları her biri farklı bir motor tarafından tahrik edilen hareketler sayesinde birçok hareket simultane olarak yapılabilmekte ve dolayısı ile çevrim süresinden tasarruf edilebilmektedir.



Şekil 29. Hidrolik Enjeksiyon Makinesinde İş Akışı (Köse, 2006).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu bölümde yapılan araştırmalar sonunda imalatı gerçekleştirilecek olan Plastik Enjeksiyon Makinesinin imalatı için gerekli olan parçaların neye göre seçileceği anlatılacaktır. Ayrıca bu parçaların birleştirilmesinin hangi metotlarla ve nasıl yapıldığı izah edilecektir.

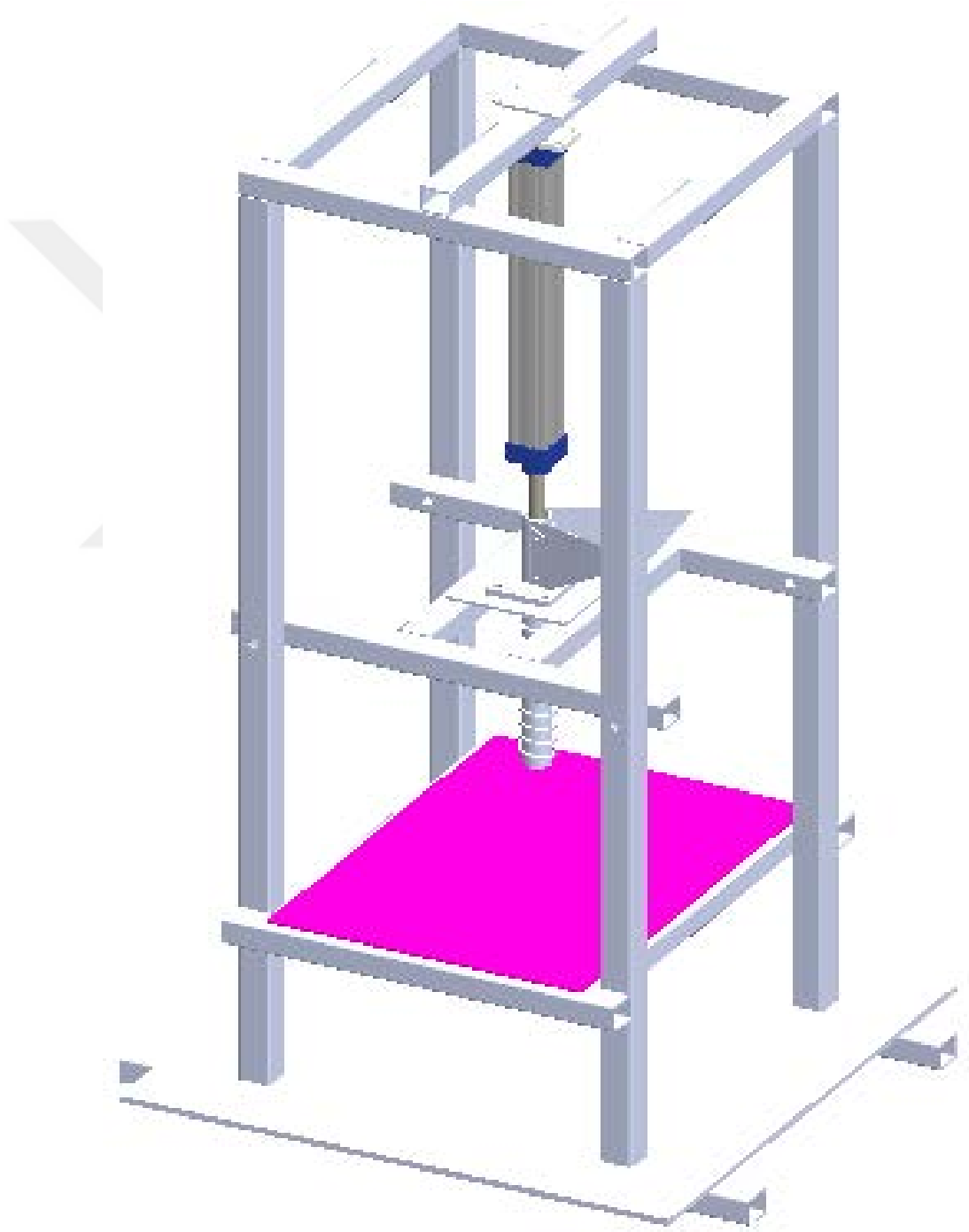
Plastik Enjeksiyon Makinesinin İmalat Aşamaları

Hidrolik sistemle çalışan enjeksiyon makinalarında istenilen hassasiyetin elde edilememesinden ötürü üretilen ürünün hangi parametrik şartlarda tam olarak imal edildiği bilinmemektedir. Hidrolik sistemle enjeksiyon yapan makinaların, mengene, enjeksiyon ve kalıp üniteleri hidrolik bir sistemle tahrik edilmektedir.

Bu projede imalatı gerçekleştirilecek enjeksiyon makinesinde pnomatik kontrollü yani makinada baskı hassasiyetini arttırmak için hidrolik baskıyla çalışan vida yerine pnomatik pistonla kontrol edilen makinenin istenilen kontrol düzeyinde olması sağlanmıştır. Bu sayede enjeksiyon işleminde kullanılacak olan parametreler pnomatik sistemde daha hassas sonuçlar ortaya çıkaracak makina istenilen hızda ve basınçta kullanılabilmesi için farklı plastik çeşitlerinin ihtiyaç duyduğu değerlere oldukça rahat uygulanabilecektir. Sürekli yapılan uygulamalarda istenilen sonuçlar elde edilebilecektir. Hidrolik sisteme göre sistem sürekli akım çekmediği için maliyet değerleri de düşük olacaktır. Uzun vadeli kullanımda helisel vidanın olmaması oluşan bakım masraflarını da düşündüğümüzde daha da düşmektedir. Ayrıca sistem daha sessiz çalışmaktadır.

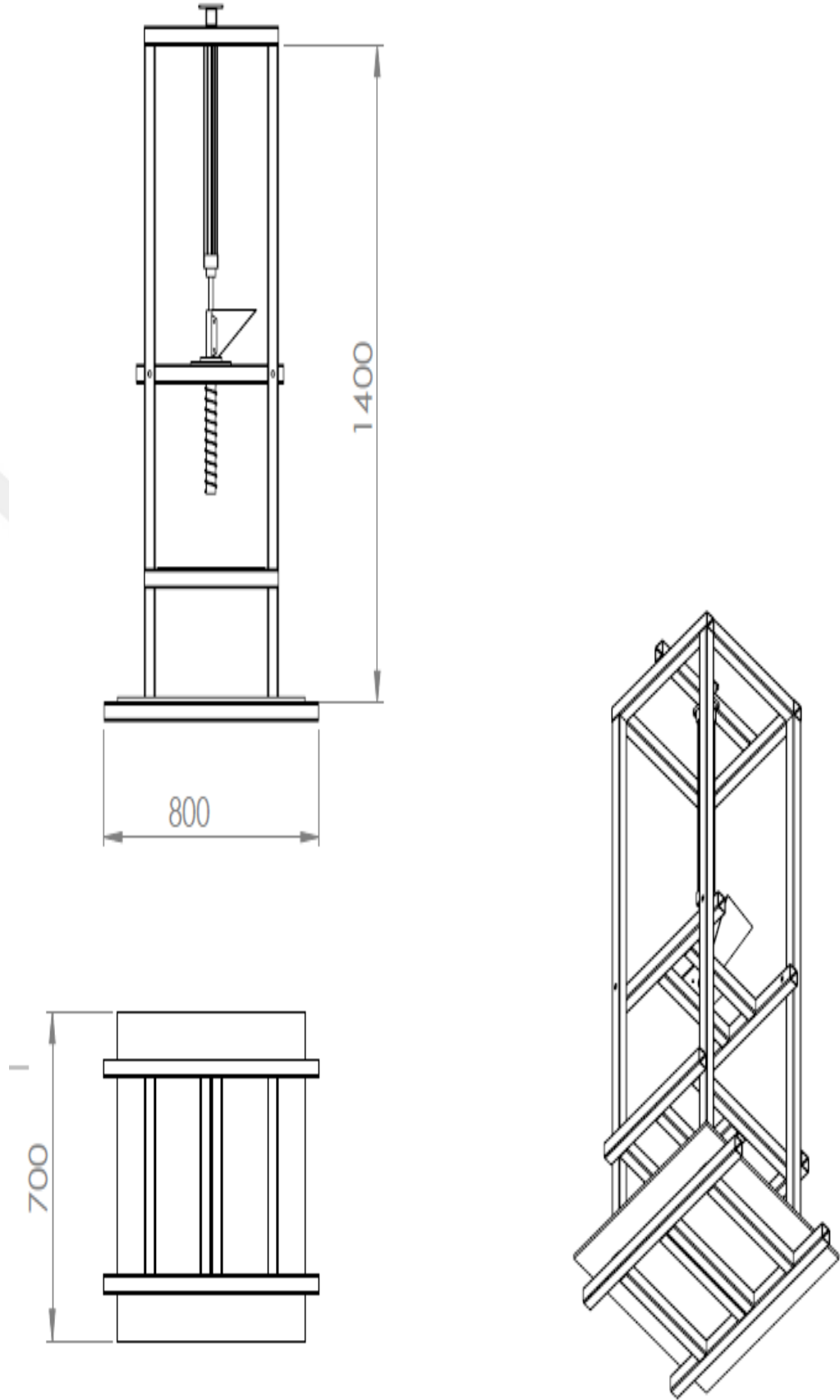
Makina üzerinde, mengene kısmı helisel vidalı granül alma ve enjeksiyon üniteleri kısmı manuel kontrollü hale getirilmiştir. Mengene ünitesi yine manuel hareket ettirilmek üzere mevcut haliyle kalmıştır. Makinanın mengene ünitesi: montaj vidaları, mengene alt tablası, itici piston silindiri şaselerin bağlantı elemanları Bayburt Mesleki ve Teknik Anadolu lisesinin atölyelerinde CNC torna tezgâhı, CNC Dik işleme tezgâhı ve el aparatlarıyla işlenip üretilmiştir. İmalatı gerçekleştirilen makinenin şasesi 40*40 profiller'den Metal teknolojisi alanı öğretmenlerinin yardımıyla hassas bir şekilde gönyeli kaynak çekmeleri de dikkate alınarak oluşturulmuştur. İmalatı gerçekleştirilecek Plastik Enjeksiyon makinesinin İzometrik resmi aşağıda görünümünü paylaşıldığı gibi şeffaf iç parçaları gözüken istenildiği zaman

kolay bir şekilde müdahale edilebilecek, bakımı ve temizliği gayet kolay olan atölye ve deney ortamında çokta operatörlük bilgisi olmadan kullanıma uygun bir tasarım. Bu tasarımdaki ve tezdeki amaçlardan bir tanesi de Bayburt Üniversitesi Makine Mühendisliği öğrencilerini önemli bir imalat şekli olan Plastik Enjeksiyon Makinesi ile imalat yöntemi ile üretim yapmaya teşvik etmek, hem gerçekleştirmek istedikleri bazı deneyler için numune basmalarını sağlamak, bir makine basit anlamda nasıl tasarlanabilir ve imal edilebilir bunu şematik olarak anlatmak, ayrıca hareket iletim yöntemlerini izah etmek istenildi.



Şekil 30. Plastik Enjeksiyon Makinesi genel görünümü.

Plastik Enjeksiyon Makinesinin genel görünüşünün 3 görünüşü aşağıda verilmiştir.

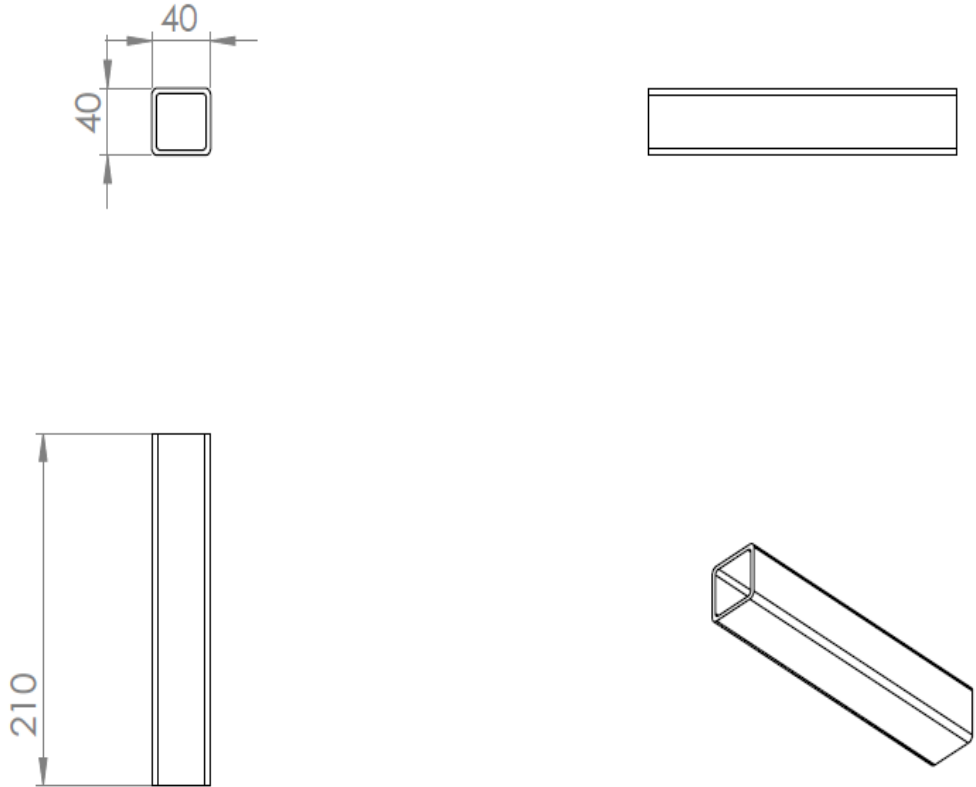


Şekil 31. Makinenin İskeleti.

Şase profili.

Şase için 40*40*3 mm ölçülerinde aşağıda teknik çizimleri verilmiş profil seçildi. Dikmeleri için bu profillerden 1500 mm uzunluğunda 4 boy malzemeyi 500 mm ve 460 mm 2'şer adet profillerle kaynak yolu ile montajlayarak şase oluşturuldu. Bu ölçülerin seçilmesindeki amaçlar öncelikle istenilen rijitlikte olması, sarsıntısız çalışabilmesi, ağırlık olarak hem titreşimleri alabilecek bir konstrüksiyonda olması, en önemlisi de ergonomik amaçlı olduğundan bir yerden bir yere taşınabilecek ağırlıkta olması. Tezgâhın dengeli olabilmesi için bu profillerden şasenin en altına 2 boy malzemeyi 600*600mm ölçülerinde keserek paralel olarak kaynak edildi, kaynak çekmesi olmaması içinde profiller mengene ve çektirmelerle sabitlendi. Pnomatik baskı halinde tezgah da herhangi bir sarsıntı olmaması için en boy analizi yapılarak 600*1500 mm ölçülerinde yapılması uygun görüldü. Tezgahın en ölçüleri için 2 adet 500mm 2 adet 460mm ölçülerinde profiller şerit testerede kesilip, gönye hassas ölçü aletleri ve sabitleme mingeneleriyle kaynaklayarak alt iskeleti oluşturuldu. Aynı parçadan 1 adette makinenin tavanı için oluşturuldu.

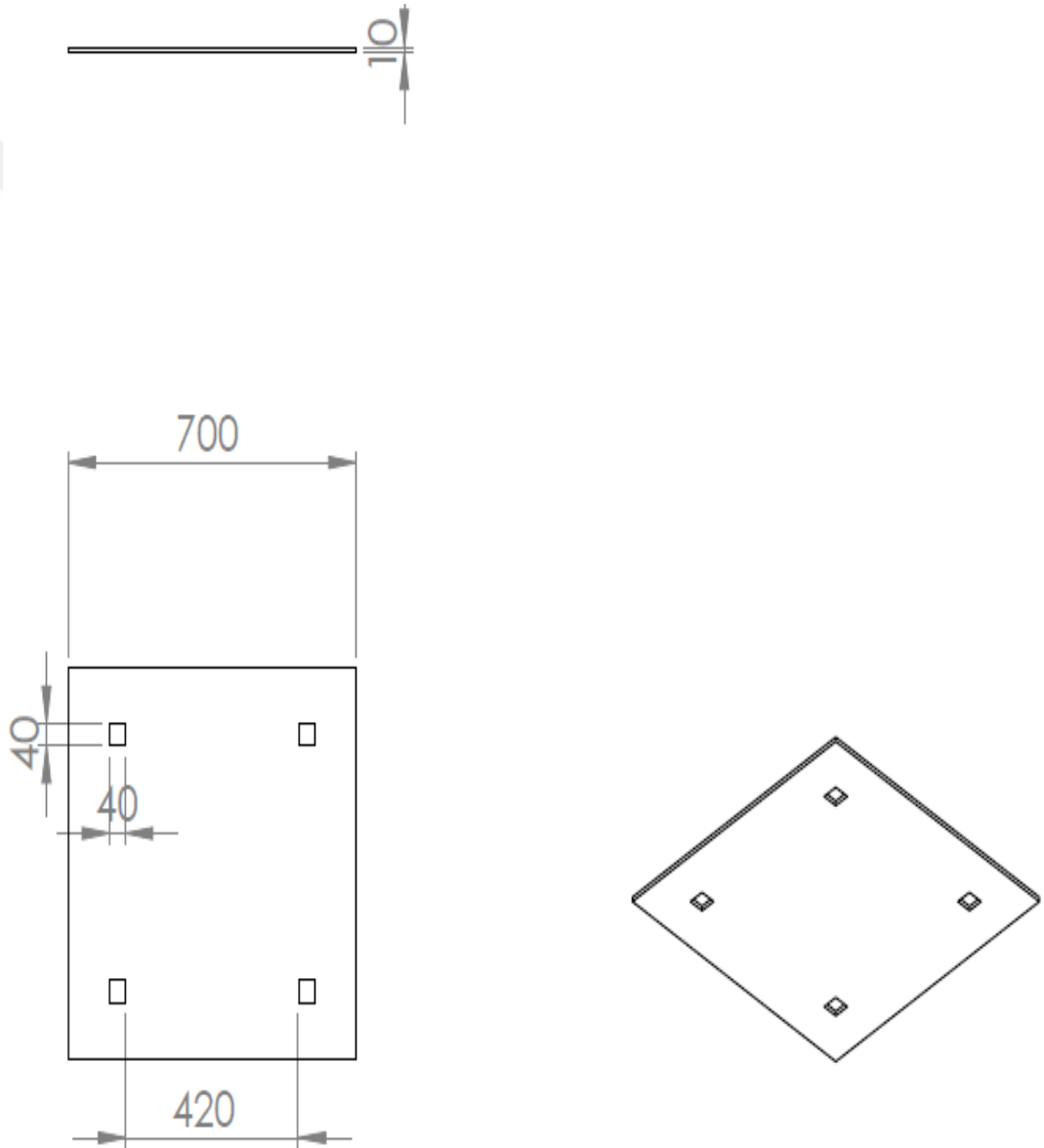
Plastik Enjeksiyon makinesinin alt ve üst bağlantısının sağlanması boyunun belirlenmesi için 4 adet 1500mm uzunluğunda profil kesilip oluşturulan alt ve üst parçalarına dış taraflarından kaynakla birleştirilerek iskelet oluşturulmuş oldu.



Şekil 32. 40*40 Şase Profili.

Alt tabla.

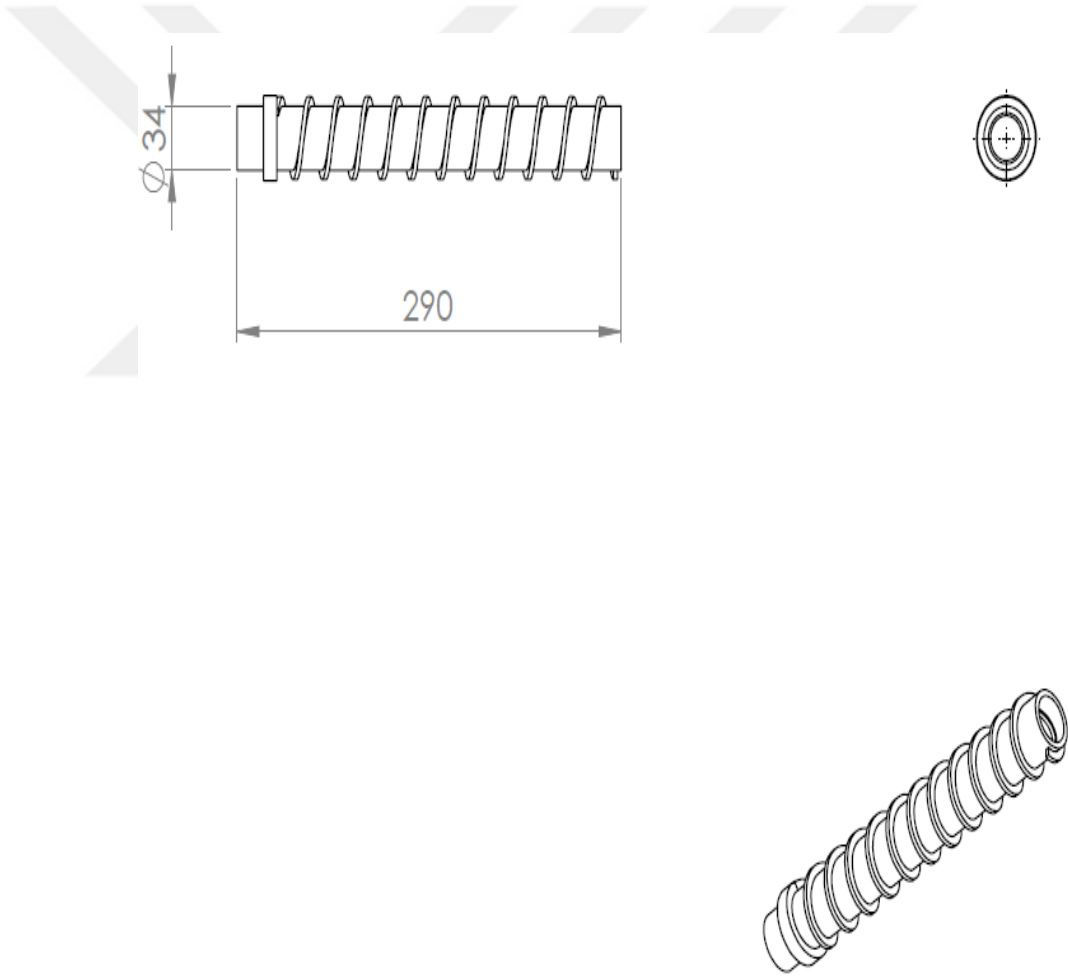
Mengenenin üzerine yerleştirileceği hareketli tabla için 1'er adet 500*400mm ölçülerinde profil kesilerek daha sonra bunların üzerine 510*450*5 mm ölçülerinde galvanizli sac montaj edilip kaynakla birleştirme yapıldı. Yüzeyi ve kenarları düzgün, gönyeli, yarım mm kalınlığında sac alt kısmına da 40*40 profillerle destek verilerek bir tabla tasarlayıp imalatı gerçekleştirildi. Bu tablaya ihtiyaç olması halinde parça bağlamak üzere üzeri -T-kanallardan oluşan pabuçla bağlamaya uygun bir alüminyum tablada bağlanabileceği hesaplandı ve buna göre tabla oluşturuldu. Bu tabla hareketli tabla olup hareketi altındaki helisel vidalı ayak tertibatı vermektedir.



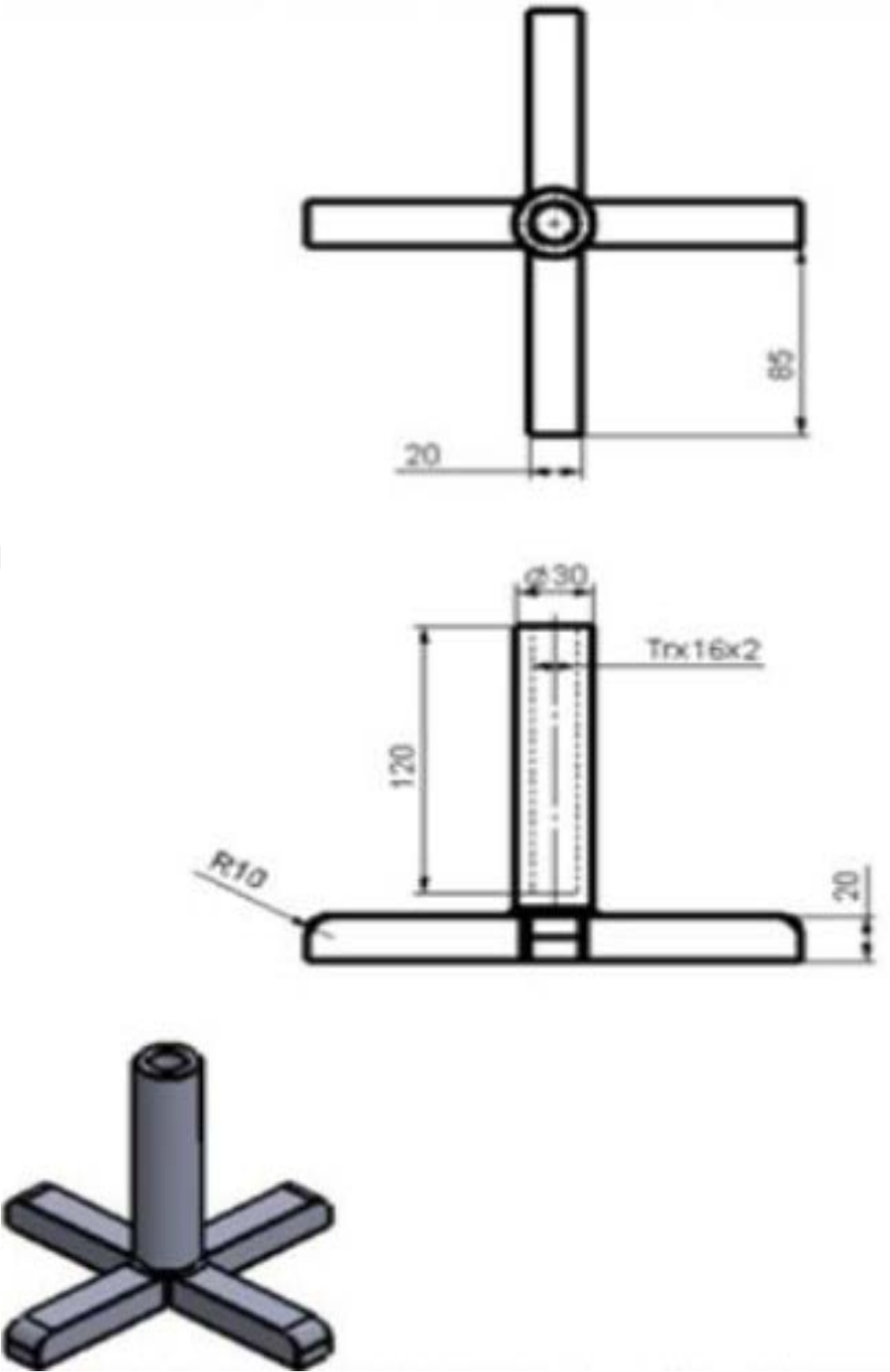
Şekil 33. Hareketli alt tabla.

Alt tabla hareket mekanizması.

Alt tablanın bağlanan kalıbın yüksekliğine göre aşağı yukarı hareket edip püskürtme memesine dayanması gerekiyor bunu sağlamak için altında ayağı üstünde de tablanın oturabileceği geniş bir flanş sabitlenmiş olan bu helisel vidalı mil kullanılması kararlaştırıldı. Helisel vidaların özellikleri yüke dayanıklı olması, sessiz ve boşluksuz çalışması. Bu çalışmadaki sistem sayesinde normalde hareketli olması gereken alt tablaya hareketi vermek için maliyetli ve teferruatlı olan elektrikli motor bağlı krameyer-düz dişli tertibatı veya hidrolik bir sistemden ve maliyetinden tasarruf edilmiş olunuyor. Bu sayede karmaşadan, maliyetten ve bakımdan kurtararak tezgahın daha rahat kullanılmasına katkı sağlanmış olunuyor. Bu helisel vida M32 standartında olup 4mm hatveye (adım) sahiptir. Tablayı yapılan bir kolla manuel olarak aşağı yukarı kaldıran bu kullanımı basit sistem tezgâhı karmaşadan ve bakım maliyetinden kurtarıyor.



Şekil 34. Helisel hareket vidası.

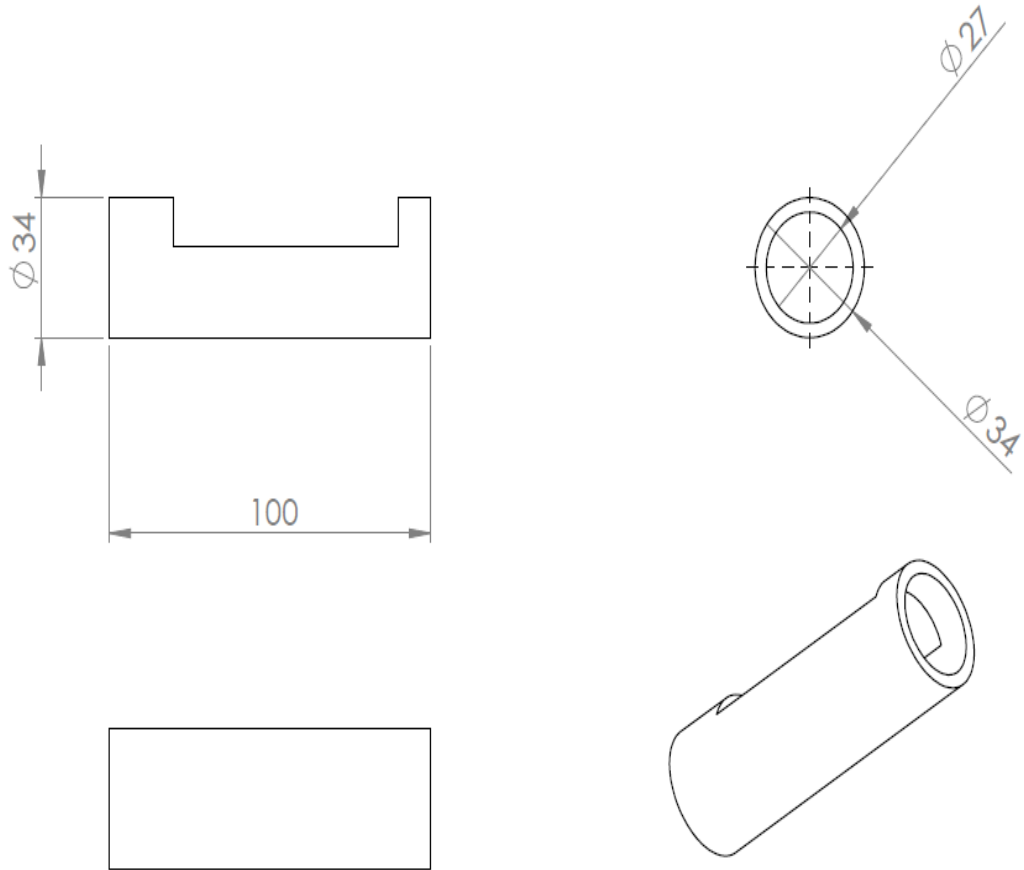


Şekil 35. Ayak Mekanizması.

Enjeksiyon birimi.

450 milimetre uzunluğunda ve 34 mm çapındaki içi honlanmış borunun ağzını CNC Freze tezgahında teknik resminde görüldüğü gibi ağız açıldı ve bu ağza ham granülü boşaltma ünitesi kaynak ile birleştirildi. Borunun diğer kısımlarına ise eşit aralıklarla 2 adet 350 dereceye kadar ısınan termostatlı ısıtıcı rezistans monte ettim. Borunun alt ucunun iç tarafına püskürtme memesinin montajı için whitvord vida açılıp ara bir geçiş maşonu kullanılarak meme boru bağlantısı gerçekleştirildi.

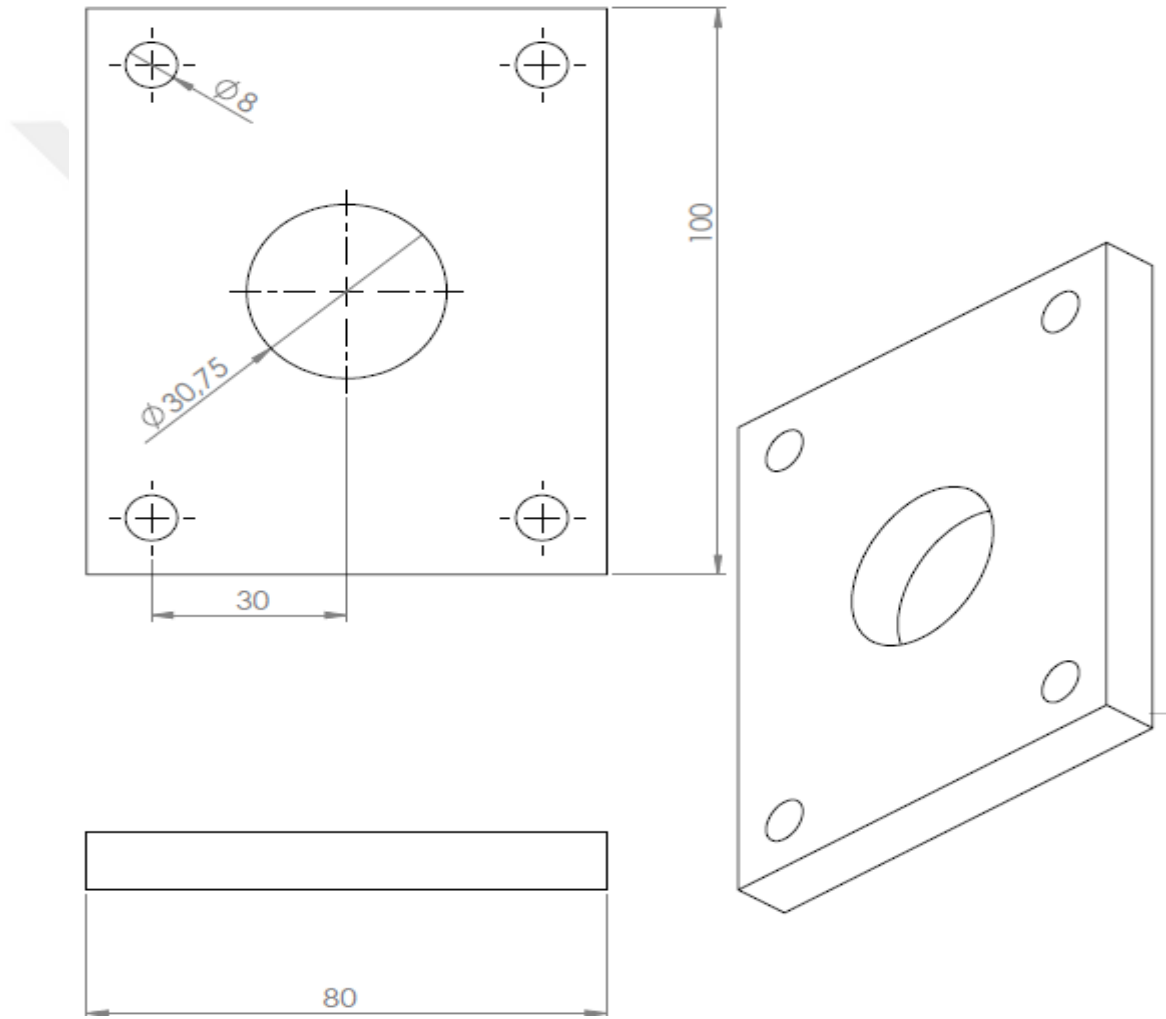
Bu borunun üstünü şaseye montaj etmek için altda teknik resmi paylaşılmış olan bir prizmatik plaka kullandı bu plakanın tam ortası boru çapında delinip kaynakla boruya montaj edildi. Daha sonra plakanın üzerindeki 4 adet delikten alyan başlı cıvata ve pul ile plaka şaseye merkezli ve gönyeli bir şekilde montajlanmıştır.



Şekil 36. Honlanmış Kovan.

Boru-Şase ara bağlantı plakası.

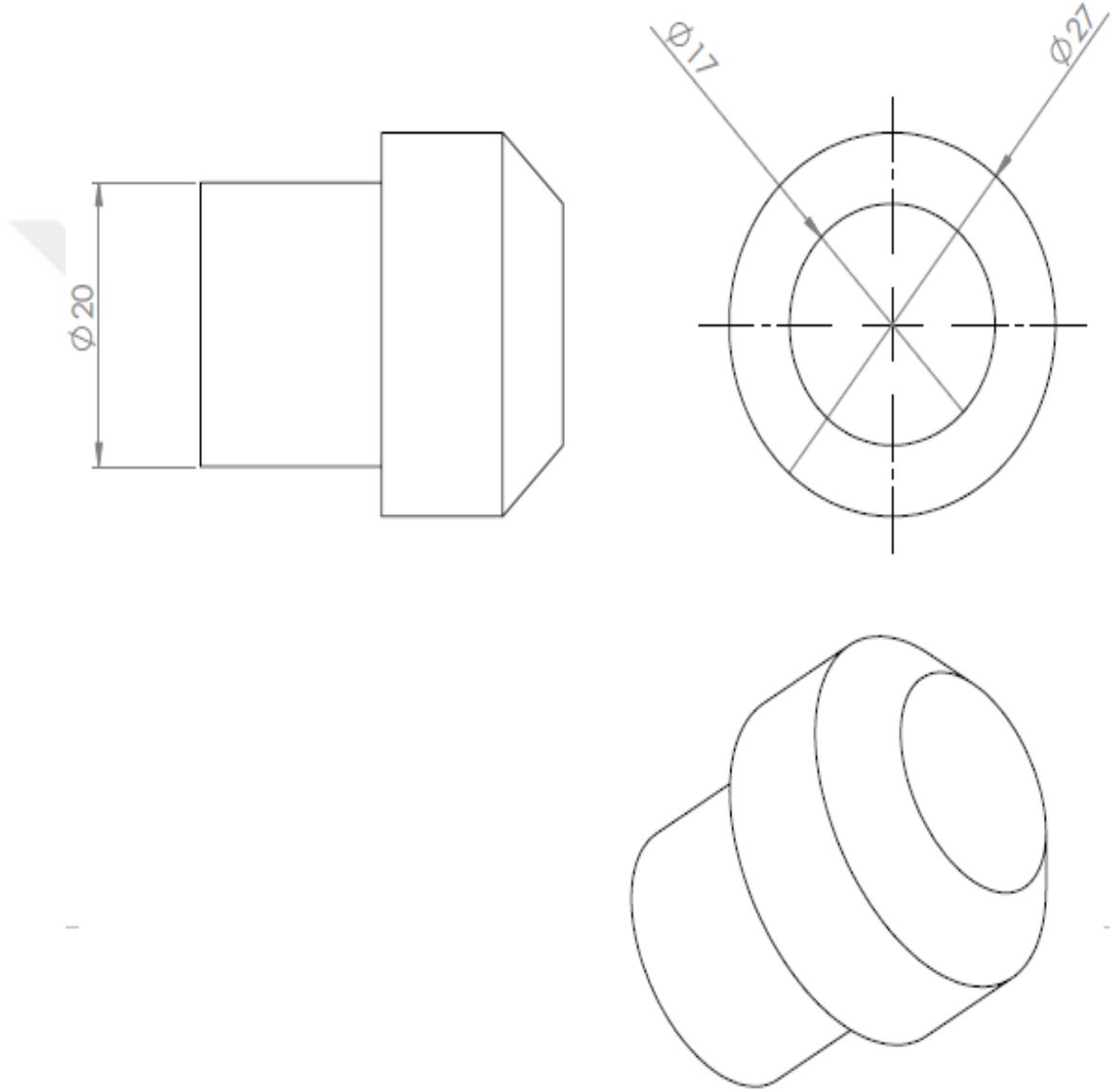
Yukarıda özellikleri belirtilen borunun üstünü şaseye montaj etmek için altda teknik resmi paylaşılmış olan prizmatik bir plaka kullanıldı bu plakanın tam ortası boru çapında delinip kaynakla boruya montaj edildi. Daha sonra plakanın üzerindeki 4 adet delikten alyan başlı cıvata ile plaka şaseye merkezli ve gönyeli bir şekilde montajlandı. Borunun merkezli ve gönyeli bağlanması piston kolunun bu boru içinde çalışacağı için çok önemli bir nokta bu yüzden kompretör saati şaseye bağlanarak borunun dikliği sağlandıktan sonra kaynak işlemi gerçekleştirildi.Kaynak artıklarında taşlanarak kaynak ağzı temizlenmiştir.



Şekil 37. Boru Montaj Plakası.

Sıvı eriyik püskürtme memesi.

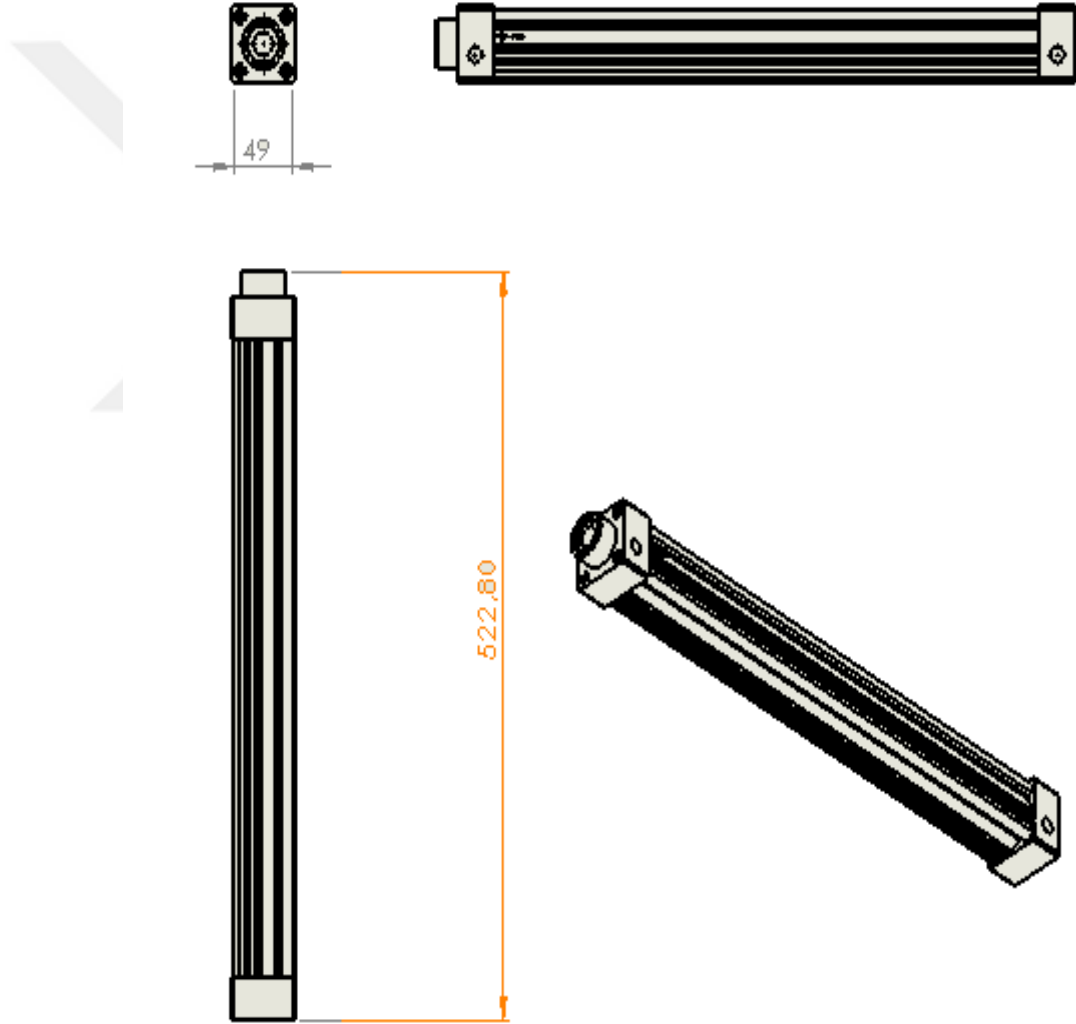
Boruya maşon ara elemanı ile montaj edilen, ergimiş plastiği kalıba püskürtme memesi uç tarafına doğru konik bir şekilde daralan yine kendi içinde 3 adet 1.5 mm çapında deliği bulunan makine parçasıdır. Üst tarafından boruya montajlı bu meme plastik eriyene kadar ve üstten piston basana kadar sızdırmayan bir iç yapıya sahiptir. Bu memenin alt ağzının alını düz olup alttan kaldırılan tablaya dayanarak mungenenin aynı zamanda sabit çenesi görevini görmektedir ve aynı zamanda kalıbı ısıtmaktadır.



Şekil 38. Sıvı Ergiyik Püskürtme Memesi.

Pnematik piston.

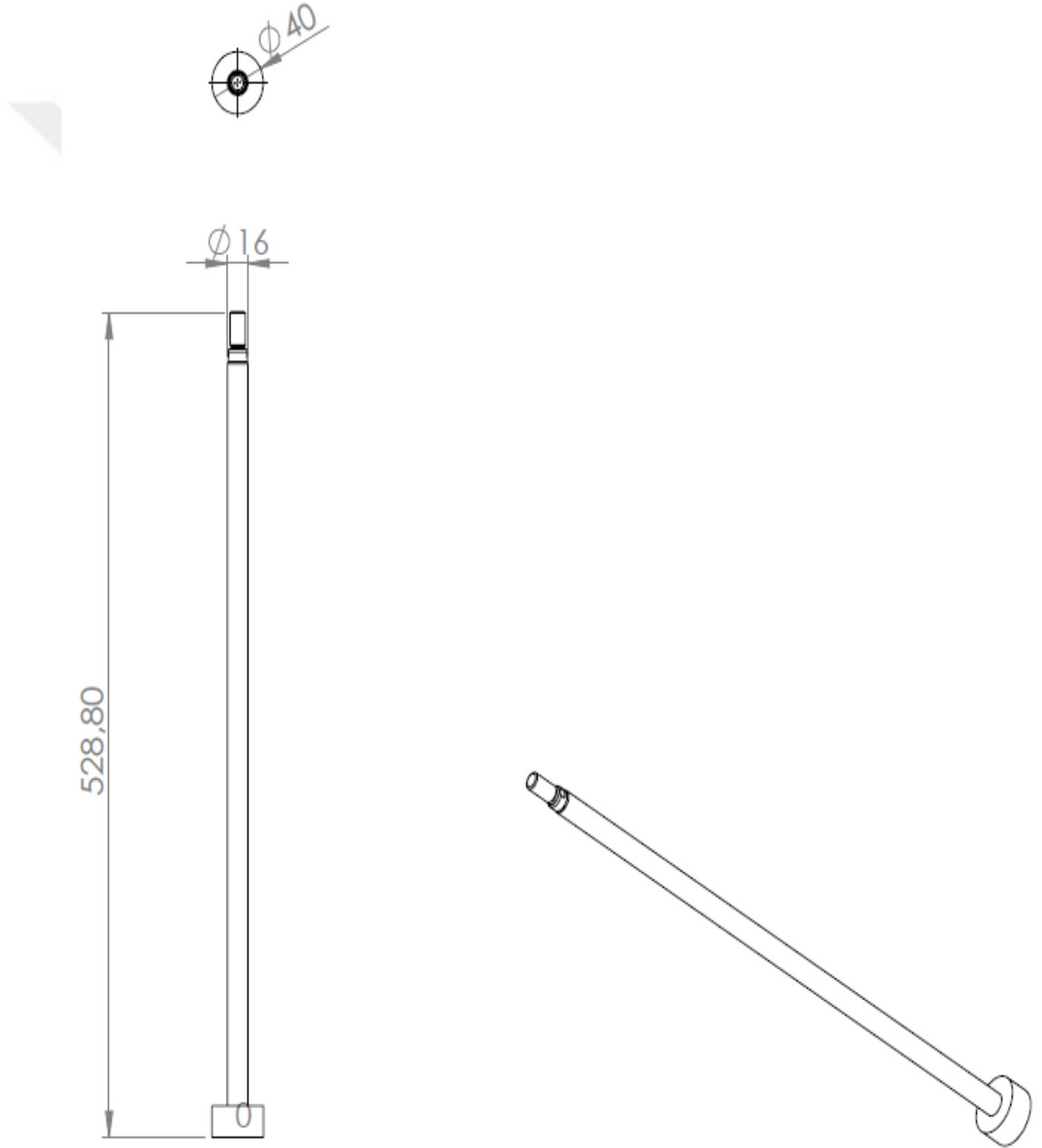
Şasenin üstünden merkezine doğru Ø40x400 mm stroklu pnömatik piston montajı yapılmıştır. Bu piston 9 bar basınca kadar çıkabilen, tasarlanan bu tezgah için yeterli güç ve stroğa sahip kaliteli bir pnematik pistondur teknik resmi ise aşağıda gösterilmiştir. Bu piston çift etkili bir silindir olup aşağı yukarı hareketi joystick ile gerçekleştirilmektedir. Çift etkili silindirlerde 2 adet giriş ve çıkış deliği bulunur. Bu sayede 2 yönlü hareket sağlayıp her iki yönde de iş yapmış olunur. Çift etkili silindirler genellikle her iki yönde de iş yapılacağı zamanlarda kullanılır. Bu projede çift etkili silindir kullanması bu sebeplerden ötürü tercih edildi. Piston kolu ergiyen plastiğe sıkışırsa eğer, çift etkili silindir sayesinde ters yönde bir iş yaptırarak ergimiş halde olan plastiğe sıkışması engellenmiş olur.



Şekil 39. Çift Etkili Silindir.

Piston kolu.

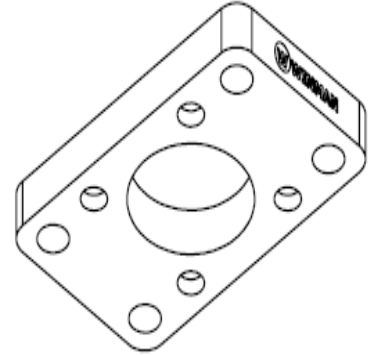
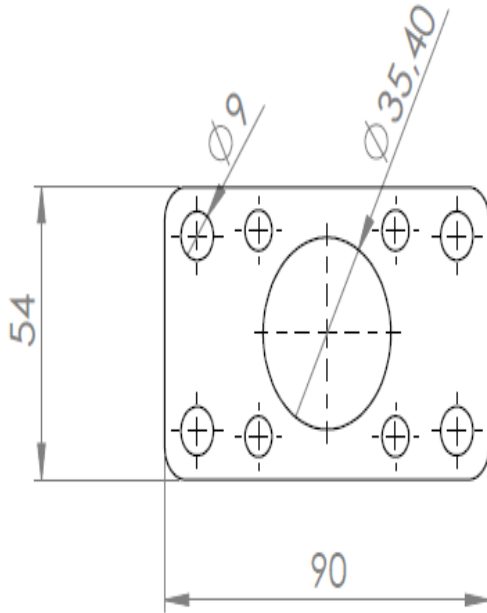
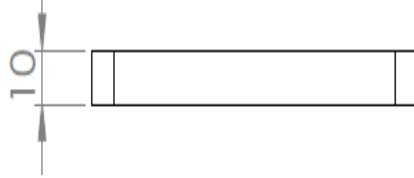
530 mm uzunluğunda olan piston kolunun ucuna 40 mm çapında 15 mm boyunda olan taşlanmış hassas, ısı iletimi iyi olan pirinç bir malzeme monte edilerek ergimiş malzemeyi borunun içinde hem sürtünmesiz hem de sızdırmadan memeye oradan da kalıba basması sağlandı. Pirinç malzemedan yapılmış olan bu parça içine 5 mm uzunluğunda delik açılıp oraya da vida çekildikten sonra pistonun koluna tutturulmuştur. Vida ile tutturulmasının sebebi herhangi bir aşınma bozulma durumunda yerini bozmadan sökölüp yenisiyle değiştirilebilmesi.



Şekil 40. Piston Kolu.

Pistonu-Şase montaj plakası.

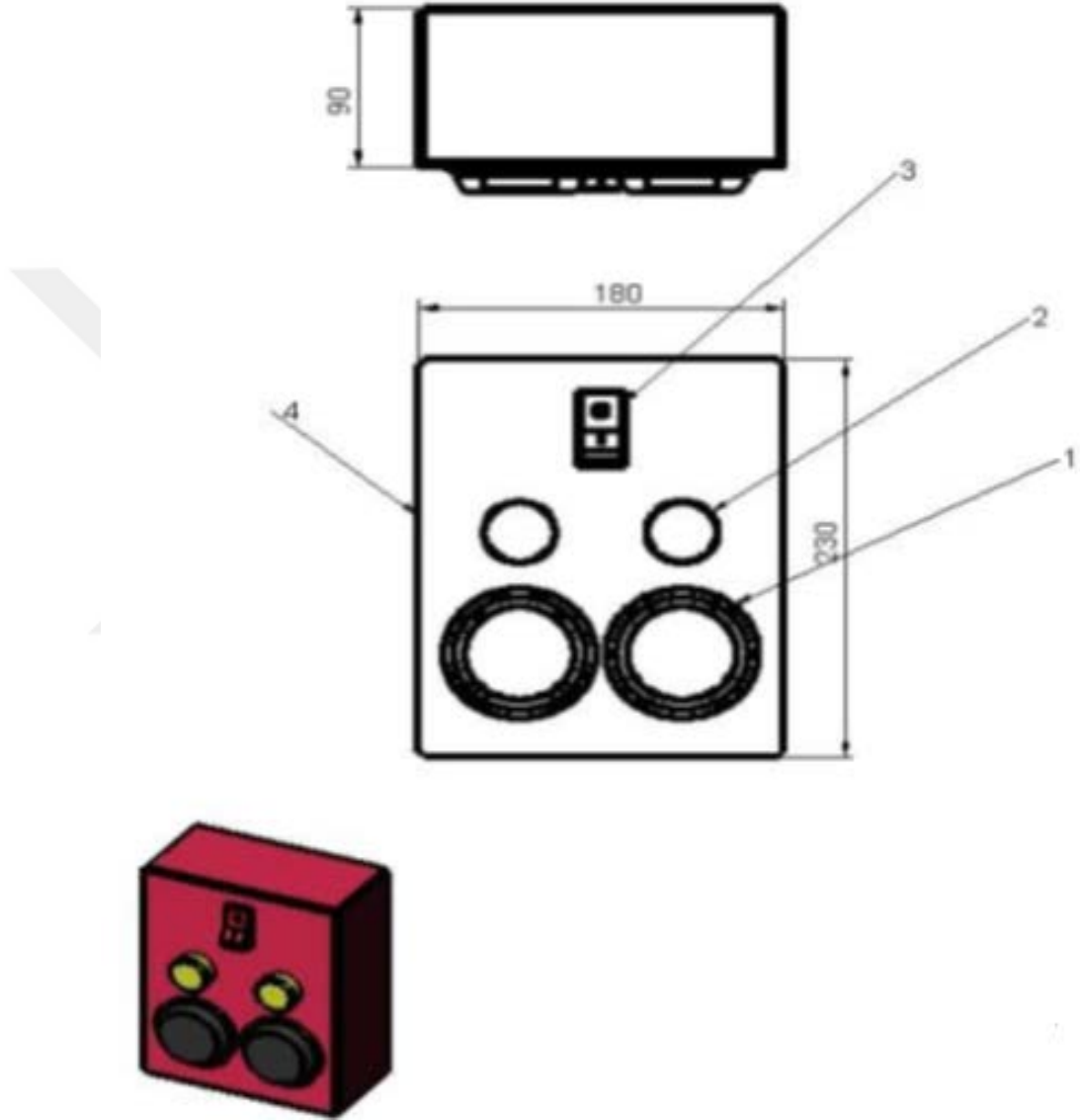
Pnomatik pistonu şaseye tutturmak için yapmış olduğumuz aparata pnömatik silindirle fabrikadan gelen bu orijinal parça M8 alyan başlı cıvata ile birleştirilip merkezi bir şekilde şaseye tutturulup piston kolu içinde hareket ettirilip ince ayarları yapıp boruyla eş merkezli hale getirildikten sonra sabitlenmiştir. Bu eş merkezli hale getirme işi şaseye tutturulmuş kompratör saati ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 41. Piston-Şase montaj plakası.

Elektrik Panosunun Oluşturulması

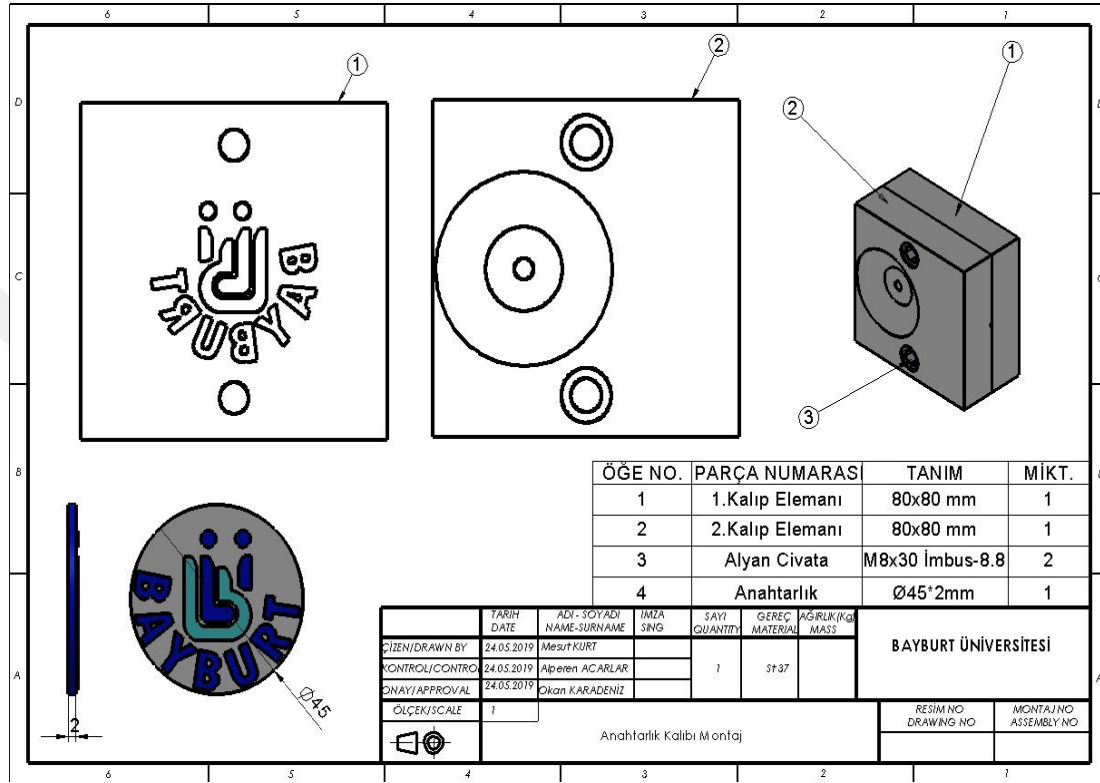
20*20*10 cm ölçülerinde saclarla içi boş bir kutu oluşturarak elektrik düğmelerinin ve acil stop butonunun yerlerini oyup buralara monte edildi daha sonra kabloların düğmelerle bağlantıları yapıp pano makinenin gövdesine montajlandı. Kelepçeli rezistansların kablo bağlantıları düğmelere montajlanıp elektrik bağlantısı gerçekleştirilmiş oldu.



Şekil 42. Elektrik Panosu.

İmalatı gerçekleştirilen plastik enjeksiyon makinesinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda kalıbın tam dolumunu sağlamak için uygun basınç ve sıcaklık değerleri aşağıda yapılan çalışmalar sonucunda elde edildi.

Bayburt Mesleki ve Teknik Anadolu lisesinde CNC dik işleme tezgâhında aşağıda teknik resmi verilen Bayburt Üniversitesi logolu kalıp imal edilip tam dolumu sağlayacak uygun basınç ve sıcaklığı tespit etmek için deneysel çalışmalar yapıldı.



Şekil 43. Maskot Kalıbı Teknik Resmi.

Tasarımı gerçekleştirilen Dikey Eksenli Enjeksiyon Makinesinde ilk olarak teknik resmi yukarıda belirtilmiş olan anahtarlık kalıbı ile deneme yapılmaya başlandı.

Enjeksiyon makinesinde değiştirilebilir parametreler olarak;

Pnömatik sistem ile uygulanan kuvvet (BAR), Sıcaklık (°C), Malzeme Cinsi

Tasarımı gerçekleştirilen anahtarlık parçası 3,18 cm³ hacmine sahip olup denemesi yapılan numune PP' nin karakteristik özelliklerine göre parametreler değişiklik göstermektedir. Deneme koşullarına kalıbın %100 doluluk oranı için en iyi sonuçları 8 BAR kuvvet ve 165-170 °C sıcaklıklarında kalıbın tam verim ile çalışması sağlanmıştır.

Sonuçlar ve Öneriler

Yapılmış olan çalışmadan elde edilen sonuçları aşağıdaki gibi maddeler halinde sıralamak mümkündür;

1. Makinenin istenilen değerlere ulaştığı gözlemlendi.
2. Plastik Enjeksiyon Makinesinin bakımının çok kolay olduğu görüldü.
3. Klasik tezgâhlarda bulunan granülü kalıba taşıyan taşıırken de ısıtıcılarla ergiten helisel vidalı milin kullanılmamasının herhangi bir soruna sebebiyet vermediği tespit edildi.
4. Tezgahın 300 derece sıcaklıklara ulaştığı termostatlı rezidans ile belirlendi.
5. Bazı termoplastik malzemelerin 350-400 derece sıcaklık dercelerinde ergidiği düşünüldüğünde kullanılan 2 adet rezidans sayısının 3'e çıkarılabilmesi gerekliliği bir eksiklik olarak gözlemlendi.
6. Mengenenin bağlandığı alt tablanın üzerindeki mengenenin -T- kanallı bir tabla ile bağlanmasının daha hassas sonuçlar oluşturacağı belirlendi.
7. Tezgahın titreşimlerinin azaltılması için alt tablaya ağırlık bağlanmasının veya zemine montaj edilmesinin gerekli olduğu tespit edildi.
8. Pnömatik sistemle kontrolün sağlıklı sonuçlar doğurduğu hidrolik sistemden daha ucuz ve bakımlarının daha kolay bir sistem olduğu belirlendi.
9. Daha hacimli ve boy olarak yüksek malzemelerin dökülebilmesi için stroğu daha yüksek bir piston kullanılabileceği belirlendi.
10. Genel hatlarıyla makinenin başarılı sonuçlar ortaya koyduğu, bakımlarının kolay ve ucuz olduğu, pnömatik sistemin adım hassasiyetinin iyi olduğu tespit edildi.

KAYNAKÇA

- Akyürek, A. (2009). *Plastik Enjeksiyon Süreci Optimizasyonunda Yapay Zekâ Tekniklerinin Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi F. B. E. Bursa.
- Bendada, A., Derdouri, A., Lamontagne, M., & Simard, Y. (2004). Analysis Of Thermal Contact Resistance Between Polymer And Mold In Injection Molding, *Applied Thermal Engineering*, 24, 2029-2040.
- Bikas, A., Pantelis, N., & Kanarachos, A. (2002). *Computational Tools For The Optimal Design Of The Injection Moulding Process*, *Journal Of Materials Processing Technology*, 122, 112-126.
- Can, C. (2008). *Plastik Enjeksiyon Kalıplamada Termoplastik Malzemelerin Modelleme Ve Analizleri*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Chang, R. Y., & Yang, W. H. (2001). Numerical Simulation Of Molding Filling In Injection Molding Using A Three-Dimensional Finite Volume Approach, *International Journal For Numerical Methods In Fluids*, 37, 125-148.
- Chang, R. Y., & Yang, W. H. (2002). Analysis Of Thermal Contact Navier-Stokes, 24, 2029-2040.
- Chen, H., Sundararaj, U., & Nandakumar, K. (2003). *Experimental And Simulation Studies Of Heat Transfer In Polymer Melts*, *Ache Journal*, 49-6, 1372-1382.
- Chen, Z., & Turn, L. (2005). A Review Of Current Developments In Process And Quality Control For Injection Molding, *Advances In Polymer Technology*, 24, 165-182.
- Demirci, B. (2012). Türkiye Plastik Sektör İzleme Raporu (2011), *Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı*, 1-14, Ankara.
- Erdemir, O. (2010). *Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Bilgisayar Destekli Tasarlanması, Örnek Modeller Üzerinde Optimum Yolluk Ve Soğutma Sistemlerinin Uygulama Esasları*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Galantucci, L. M., & Spina, R. (2003). *Evaluation Of Filling Conditions Of Injection Moulding By Integrating Numerical Simulations And Experimental Tests*, *Journal Of Materials Processing Technology*, 141, 266-275.
- Garcia, D., Courbebaisse, G., & Jourlin, M. (2001). *Image Analysis Dedicated To Polymer Injection Molding*, *Image Anal Stereol*, 20, 143-148.

- Güldaş, A. (2004). *Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Ergimiş Plastik Akışının Matematiksel Modellenmesi Ve Deneysel Olarak İncelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güldaş, A., Özdemir, A., & Uluer, O. (2005). Analysis Of Flow In Injection Molds, The Derivation Of The Governing Equations For The Mathematical Modeling Of The Flow Of Polymer Melt, *G. U. Journal Of Science*, 18, 707-721.
- İçten, B. (2004). *Plastik Enjeksiyonda Basınç, Sıcaklık, Zaman, Hız Gibi Faktörlerin Parça Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kayı, Y. (2006). *Plastik Enjeksiyon Prosesindeki Parametrelerin Çekme Problemine Etkilerinin Taguchi Metodu İle İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kim, S. W., & Turng, L. (2004). Developments Of Three-Dimensional Computer-Aided Engineering Simulation For Injection Moulding, *Modelling Simulation Material Science Engineering*, 12, 151-173.
- Koyun, Ç. (2005). *Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı Ve Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Köse, E. (2006). *Plastik Enjeksiyonda Proses Ve Kalıp Kaynaklı Sorunların Giderilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kumar, A., Ghoshdastidar, P. S., & Muju, M. K., (2002). Computer Simulation Of Transport Processes During Injection Mold-Filling And Optimization Of Molding Conditions, *Journal Of Materials Processing Technology*, 120, 438-449.
- Küçük, M. (2005). *Plastik Enjeksiyonda Lüle Bölgesindeki Akışın Matematiksel Olarak Modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Masse, H. (1997). *Heat Transfer With Mechanically Driven Thermal Contact Resistance At The Polymer-Mold*, 38, 827-833.
- Masse, H., Arquis, E., & Delaunay, D. (2004). *Heat Transfer With Mechanically Driven Thermal Contact Resistance At The Polymer-Mold Interface In Injection Molding Of Polymers*, *International Journal Of Heat And Mass Transfer*, 47, 2015-2027.
- MEGEP, (2006). *Plastik Teknolojisi Enjeksiyon Makinelerinde Üretim-1*, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.

- MEGEP, (2006). *Plastik Teknolojisi Polimerlerin Fiziksel Özellikleri 2*, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Mok, C. K., Chin, K. S., & Lan, H. (2008). An İnternet-Based İntelligent Design System For Injection Moulds, *Robotics And Computer-Integrated Manufacturing*, 24,1-15.
- Nardin, B., Kuzman, K., & Kampus, Z. (2002). *Injection Molding Simulation Results As An Input To The Injection Molding Process*, Journal Of Materials Processing Technology, 130-131, 310-314.
- Palabıyık, M. (2008). *Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Basınç Ve Sıcaklık Parametrelerinin Ürün Kalitesine Etkileri Ve Taguchi Yöntemi İle Optimizasyonu*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Plasfed, 7 Ocak 2014, PLASFED 2014 yılı 11 aylık plastik mamul ile ham madde üretim ve dış ticaret verileri raporu.
- Pehlivanlı, Z. (2004). *Plastik Enjeksiyon İşleminde Malzeme Ve Kalıp Geometrisinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Optimizasyonu*, Yüksel Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Sato, S., Oka, K., & Murakami, A. (2004). *Heat Transfer Behavior Of Melting Polymers In Laminar Flow Field*, Polymer Engineering And Science, 44-3, 423-432.
- Szozke, R. (2000). *Injection Molding Of Plastics, With Large Differences In Wall Thickness.*, Proquest Dissetations And Theses.
- Türk, F. (2008). *Plastik Enjeksiyon İşleminde Malzeme Ve Kalıp Geometrisinin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Optimizasyonu*, Yüksel Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Uluer, O. (2008). Enjeksiyonla Kalıplamada İşleme Parametrelerinin Katılaşmış Katman Oluşumuna Etkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23, 249-255, Ankara.
- Versteeg, H. K., & Malalasekara, W. (1998). *An Introduction To Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*, Prentice Hall, P.153.
- Yılmazçoban, İ. K. (2003). *Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Bilgisayar Destekli Malzeme Akış Analizleri Ve Kavite Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Zerechian, B. A. (2008). *Aquantitative Comparison And Validation Of Computer Aided Engineering Softwares Simulating The Plastics Injection Molding Process*, Proquest Dissertation And Theses, University Of Massacushusetts, Massacushusetts.



ÖZGEÇMİŞ

Asım ÖZBİLGİ

1979 yılında Malatya ilinde doğdu. İlkokulu Fatih İlköğretim okulunda okudu, orta okulu Atatürk Orta okulunda tamamladıktan sonra liseyi Ş.K.Ö Teknik ve Endüstri Meslek Lisesinde okudu.

2000 yılında başladığı Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Öğretmenliği bölümünü 2004 yılında tamamladı. 2011 yılında Milli Eğitim bakanlığında öğretmen olarak göreve başladı. Daha sonra 2. Bir üniversite olarak 2012 yılında başladığı Bayburt Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü 2014 yılında tamamladı. 2013 yılında Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda tezli yüksek lisans eğitimine başladı.

Evli ve iki çocuk babası.

