T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON VE İMALAT PROGRAMI

3D METAL YAZICI İLE ÜRETİLEBİLEN ARMATÜR TASARIMI VE KARAKTERİZASYONU

Özüm KARABACAKLAR BAYRAMOĞLU

Danışman
Prof. Dr. Mustafa AYDIN

MANİSA–2025

ÖZÜM **KARABACAKLAR** **BAYRAMOĞLU**	**3D METAL YAZICI İLE ÜRETİLEBİLEN ARMATÜR TASARIMI VE KARAKTERİZASYONU**	**2025**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine ve İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zeka ve program kullanmadığımı beyan ederim.

İmza
Özüm KARABACAKLAR BAYRAMOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Özüm KARABACAKLAR BAYRAMOĞLU

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa AYDIN

Armatürler, çeşitli alanlarda kullanıcının suya ulaşmasını sağlarken işlevselliğin yanında dekoratif görüntüleri ile mekanların dekoru olarak önemli bir rol oynamaktadır. Otel, kafe gibi konsept mekanlarda özgün ve estetik tasarımlara ilgi duyulmaktadır. Sıra dışı tasarımlar, geleneksel üretim yöntemleriyle armatür üretimini zorlu hale getirmektedir. Bu çalışmada eklemeli imalat ile üretim yöntemleri kullanılarak üretilen paslanmaz çelik malzemeli armatür tasarımı, üretim süreci ve karakterizasyonu ele alınmıştır. Paslanmaz çelik armatür gövdesi ile geleneksel yöntemlerle üretilen pirinç hammaddeli armatür gövdesinin akustik ölçümü değeri, debi değerleri ve diğer teknik özellikleri deneysel ve analitik olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, eklemeli imalatla üretilen armatürlerin, özellikle malzeme kalitesi, tasarım özgürlüğü ve fonksiyonel özellikleri açısından sunduğu avantajları/dezavantajları ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: (armatür, paslanmaz çelik, pirinç, tasarım, parametre, deney, akustik, debi)

2025, 60 sayfa

ABSTRACT

Master Thesis

Özüm KARABACAKLAR BAYRAMOĞLU

Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education
Department of Mechanical and Manufacturing Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa AYDIN

The faucet, an indispensable household implement, plays a pivotal role in facilitating access to water in various settings. Beyond its functional purpose, it also serves as an integral component of interior design, particularly in concept spaces such as hotels and cafes, where aesthetic appeal is a priority.The advent of unconventional designs poses significant challenges to conventional production methodologies, particularly in the realm of stainless steel faucets. This study delves into the design, production process and characterisation of stainless steel faucets manufactured through additive manufacturing techniques. The acoustic measurement value, flow rate values and other technical properties of the stainless steel faucet body produced by conventional methods and the brass raw material faucet body were compared experimentally and analytically.The findings reveal the advantages/disadvantages of additive manufacturing faucets, especially in terms of material quality, design freedom and functional features.

Keywords: (faucet, stainless steel, brass, design, parameter, experiment, acoustic, flow rate)

2025, 60 pages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada geleneksel üretim yönteminin belirlediği kısıtlamalar olmaksızın eklemeli imalat yönteminin sunduğu tasarım özgürlüğü ile armatür tasarımı ve üretimi üzerine çalışılmıştır. Geleneksel üretim yöntemleri ile üretilmiş olan armatür ile eklemeli imalat yöntemi ile üretilmiş olan paslanmaz çelik armatürün karakterizasyon incelemeleri yapılmıştır.
Eklemeli imalat ile üretim yöntemleri, armatür çeşitleri, tasarım süreci ve üretim süreçleri tanıtılmıştır. Materyal ve metotlar bölümünde, yapılan tasarımlar tanıtılmış olup akustik, debi, sertlik vb. deneyleri yapılmıştır.

Bu tez çalışmasının aşamalarında desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mustafa Aydın'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresinde bana katkı sağlayan E.C.A. Valfsel Armatür Sanayi A.Ş.'ye ve değerli çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın bu sürecinde de destek olan aileme ve eşime teşekkürlerimi sunarım.

Özüm KARABACAKLAR BAYRAMOĞLU
Manisa, 2025

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

3D 3 Boyut

AISI Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü

BJ Yapıştırıcı Püskürtme

CAD Bilgisayar Destekli Tasarım

CNC Computer Numerical Control (Bilgisayar Sayılımlı Yönetim)

dB Desibel

DMSL Doğrudan Metal Lazer Sinterleme

DLP Dijital Işık İşleme

EBM Elektron Işın Ergitme

EDX Enerji Dağıtıcı X-ışını Analizi

FDM Eriyik Yığma

HIP Sıcak izostatik presleme

HRB Rockwell Sertlik Testi

HV Vickers sertlik testi

L_{ap}. Aletsel Ses Basınç Seviyesi

L/dk Hacimsel Debi (litre/dakika)

LOM Lamine Nesne İmalatı

MPa Megapaskal

PLA Polilaktik Asit

PJ Çoklu Püskürtme

Q Debi

Ra Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü

Rz Ortalama pürüzlülük derinliği

SEM Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)

SLA Stereolithografi

SLE Seçici Lazer Ergitme

SLM Seçici Lazer Ergitme

SLS Seçici Lazer Sinterleme

WoS Web of Science

µm Mikrometre

°C Santigrat derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. Makine imalat teknolojileri alanında üretilen bilimsel eserler	8
Şekil 2. SLM yöntemi	9
Şekil 3. SLM prosesinin kullandığı bölgelerinin şematik görüntüsü	10
Şekil 4. Nita Eviye Bataryası	16
Şekil 5. 3D yazıcı	22
Şekil 6. Eklemeli imalat ile armatür üretimi	22
Şekil 7. Armatür gövdesi tasarımı	22
Şekil 8. Numune parça tasarımı	23
Şekil 9. Armatür gövdesi	23
Şekil 10. Numune parça	23
Şekil 11. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı	23
Şekil 12. Akustik deney odası	24
Şekil 13. Debi testi	25
Şekil 14. SEM görüntüleme cihazı	26
Şekil 15. Sertlik ölçüm cihazı	26
Şekil 16. Diş detayı	27
Şekil 17. Bridgeport V1000 tezgahı işlemi	27
Şekil 18. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm yüzeyleri	28
Şekil 19. Akustik deney odası şeması	29
Şekil 20. Akustik deneyi	30
Şekil 21. Debi değerleri karşılaştırma grafiği	33
Şekil 22. Numune kesiti	34
Şekil 23. Parlatılmış hali	34
Şekil 24. Eklemeli imalat yöntemiyle üretilen parçanın SEM görüntüsü	35
Şekil 25. Toz bileşen değerleri ile EDX sonuçları grafiği	36
Şekil 26. Eklemeli imalat ile üretime uygun armatür tasarımları	40
Şekil 27. Eviye bataryası tasarım çalışması - 1	40
Şekil 28. Eviye bataryası tasarım çalışması – 2	40
Şekil 29. ABS çıkış ucunun üretim sonu görseli	41
Şekil 30. ABS çıkış ucu	41
Şekil 31. ABS çıkış ucu	42

TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1. Katmanlı imalat teknolojileri	7
Tablo 2. Yaygın metal tozları	11
Tablo 3. TS EN 817 Standardı uygulamalara göre debi değerleri	19
Tablo 4. Debi sınıfları	19
Tablo 5. Akustik grupları	19
Tablo 6. 316L paslanmaz çelik tozunun mekanik özellikleri	20
Tablo 7. Akustik deney odası ve cihaz bilgileri	24
Tablo 8. Pirinç hammaddeli eviye bataryası akustik ölçüm değeri	31
Tablo 9. Paslanmaz çelik hammaddeli eviye bataryası akustik ölçüm değeri	31
Tablo 10. Ölçüm başlangıç ayarı	25
Tablo 11. Pirinç hammaddeli eviye bataryası debi değerleri	32
Tablo 12. Paslanmaz çelik hammaddeli eviye bataryasının debi değerleri	33
Tablo 13. Sertlik Ölçüm Sonuçları	38

İÇİNDEKİLER

ÖZET I
ABSTRACT II
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR III
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ IV
ŞEKİLLER DİZİNİ V
TABLOLAR DİZİNİ VI
İÇİNDEKİLER VII
GİRİŞ 1
1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 2
2. EKLEMELİ İMALAT..... 6
2.1. Eklemeli İmalat Yöntemleri.....7
2.2. Metal Eklemeli İmalat Yöntemleri..... 8
2.2.1. Seçici Lazer Eritme (SLM) Yöntemi.....9
2.2.1.1. SLM Metal Eklemeli İmalatta Kullanılan Tozlar..... 11
2.2.1.1.1 Metal Alaşımları..... 11
2.2.1.1.1 Paslanmaz Çelik Tozları..... 12
2.3. Eklemeli İmalatta Üretimi Etkileyen Parametreler..... 13
2.4. Eklemeli İmalatın Kullanıldığı Yeni Uygulama Alanları..... 15
3.SU ARMATÜRLERİ 16
3.1. Armatür Tasarımı Parametreleri..... 17
3.1.1. Fonksiyonellik..... 17
3.1.2. Ergonomi..... 17
3.1.3. Dayanıklılık..... 17
3.1.4. Su tasarrufu 18
3.1.5. Uygun Basınç..... 18
3.1.6. Standartlar 18
3.1.7. Montaj Kolaylığı..... 18
3.2 Armatürlere Uygulanan Test Yöntemleri..... 19
3.2.1. Debi Testi..... 19
3.2.2. Akustik Testi..... 19
3.2.3. Korozyon Testi..... 20

4. MATERYAL VE METOD……20
4.1. Materyal……..…… 20
4.2. Yöntem…….…… 21
4.3.Paslanmaz Çelik ile SLM Yöntemi Kullanılarak Armatür Üretimi……. 21
4.3.1 Yüzey Pürüzlülüğü Testi…… 23
4.3.2. Akustik Testi……. 24
4.3.3. Debi Testi…….. 25
4.3.4. SEM/EDX Görüntüleme……. . 26
4.3.5. Sertlik Testi ……. 26
5. SONUÇLAR…….. 27
5.1. Gövdenin İşlenme Kabiliyeti…… 27
5.2. Gövdenin Yüzey Pürüzlülüğü…… 28
5.3. Gövdenin Montaj Kabiliyeti……..… 28
5.4. Gövdenin Akustik Değeri……. 29
5.5. Gövdenin Debi Değeri……..… 32
5.6. SEM/EDX Görüntüleri……. 34
5.7. Gövdenin Sertlik Değeri ……..... 37
5.8. Eklemeli İmalat Yöntemine Uygun Armatür Üretimi…….... 38
6.TARTIŞMA……... 43
7.KAYNAK…… 46

GİRİŞ

İmalat endüstrilerinde talaşlı imalat (tornalama, frezeleme, delme, taşlama vb.) ve talaşsız imalat (döküm, plastik şekil verme, kaynak vb.) yöntemleri başlıca imalat yöntemleri olarak öne çıkmaktadır. Bunların yanında elektro erozyon, lazer, ultrasonik, basınçlı su jeti ve plazma ile işleme gibi yeni nesil imalat yöntemleri de kullanılmaktadır. Son yıllardaki hızlı teknolojik gelişmelerle birlikte imalat sektörüne giren ve hızla gelişen ilgi çekici bir imalat yöntemi olan eklemeli imalattır (Dedeakayoğulları ve Kaçal, 2020). Eklemeli imalat, tasarlanan modelin katmanlar halinde üretilmesi sebebiyle "katmanlı imalat" ismiyle de bilinmektedir. Bu üretim yöntemi, bilgisayar destekli tasarım (CAD) programlarıyla tasarlanmış parçaların eklemeli imalat yöntemlerinden biriyle üretilmesiyle gerçekleşir. Gün geçtikçe yaygınlaşan bu üretim yöntemi; havacılık, otomobil, sağlık, gıda gibi birçok sektörde isminden sıklıkla söz ettirmektedir.

Tüm canlılar gibi insanların da temel yaşam kaynağı olan suya ulaşmamızı sağlayan su armatürleri kullanıcılar için hem işlevsel hem de dekoratif olmalıdır. Günümüzde çoğunlukla geleneksel üretim yöntemleri ile üretilen armatürler üretim yöntemlerinin tasarım parametrelerine göre tasarlanmaktadır. Bu sebeple dekoratif veya kişiye özel tasarımların yapılabilmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Eklemeli imalat yöntemi, armatür üretiminde çeşitli avantajlar sağlar. Bu avantajlar arasında, boşluklu ve zor geometrilerin hassas bir şekilde üretilmesi, malzeme israfının minimuma indirilmesi, üretim süreçlerinin hızlandırılması gibi maddeler yer almaktadır. Bu tez çalışması kapsamında 3D metal eklemeli imalat yöntemi ile üretilebilecek armatür tasarımı yapılmış olup, tasarlanan armatürün karakterizasyonu incelenmiştir.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Alsalla ve ark. tarafından yapılan çalışmada, SLE yöntemi ile farklı inşa yönlerinde üretilen 316L paslanmaz çelik numunelerin yoğunluğu, yüzey kalitesi, mikroyapısı gibi özelliklerinin incelenip kırılma tokluğu değerleri performans kriteri esas alınarak proses parametreleri araştırılmıştır. Ayrıca üretim parametrelerinin numunelerin mekanik performansı üzerindeki etkisini değerlendirmek için sertlik ve çekme deneyleri yapılmıştır. Üretilen numunelerin yoğunluğunun %96 olduğu ve sertliğin geleneksel malzemeye kıyasla benzer olduğu tespit edilmiştir. (Alsalla et al., 2018).

Bartolomeu ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, 316L paslanmaz çeliğin mikroyapısı, mekanik ve aşınma davranışı üzerindeki üç farklı üretim teknolojisinin (SLE, sıcak presleme ve geleneksel döküm) etkisi incelenmiştir. Pres ve geleneksel döküm ile karşılaştırıldığında, SLE ile üretilen 316L paslanmaz çelik numunelerin mekanik özelliklerinin performanslarının daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. (Bartolomeu et al., 2017).

Dilara ve ark. yaptığı çalışma sonucunda (SLM) lazer gücünün artması ile yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği, tarama mesafesi artmasıyla daha pürüzlü yüzey elde edildiği, lazer gücünün azalması ile daha pürüzlü yüzey elde edildiği görülmüştür. Bu parametreler arasında ise ortalama yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen parametrenin tarama mesafesi olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Aydın, 2022)

Duman ve ark. tarafından yapılan çalışmada, doğrudan metal lazer sinterleme (DMLS) metodunda parça üretimine işletme parametrelerinin (tarama şekli, tarama hızı ve lazer gücü) etkisi araştırılmıştır. Çalışmada iyi bir katman oluşumu için parametrelerin uygun aralıkta seçilmesinin önemi vurgulanmıştır (Duman ve Kayacan, 2017)

Eklemeli imalat teknolojileri, International Organization for Standardization (ISO)/American Society for Testing and Materials (ASTM) 52900:2015' e göre yedi kategoride sınıflandırılmaktadır. Bunlar; Bağlayıcı püskürtme, direkt enerji biriktirme, malzeme ekstrüzyonu, toz yatağında ergitme, malzeme püskürtme, plaka tabakalaştırma, havuz fotopolimerizasyonu'dur (Tofail, 2018).

Emmelman ve ark. yaptıkları çalışmada geleneksel üretim yöntemlerinin tersine, eklemeli imalat, bir ürünün ana malzemesinin katmanlar halinde bir araya getirilmesine dayandığını belirtmişlerdir. (Emmelman ve diğ. 2013).

Erden ve ark. yaptığı çalışmada sertlik değerleri incelendiğinde, AISI 316L malzemesine HA veya AL2O3 ilavesi ile sertlik değerlerinde artış gözlenmiştir. En yüksek sertlik değeri AL2O3 ilavesinde elde edilmiştir. HA ve AL2O3 katkılarının beraber ilave edilmesi yaklaşık olarak sertlik değerini eski seviyesine düşürmüştür.

Ertek ve ark. yaptığı çalışmada ise otomotiv ve havacılık gibi endüstrilerde ihtiyaç duyulan eklemeli imalat teknolojilerinden SLM, DMLS yöntemleri ile alüminyum ve alüminyum alaşımları kullanılarak imal edilen parçalara yer verilmiştir. Sıcak izostatik presleme yönteminin, mamullerin imalat aşamasında oluşan iç gözenekleri büyük ölçüde giderdiği görülmektedir. Seri imalat maliyetlerinde düşüş ve toplam ağırlığın azalması ile motorlu araçlarda yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Birden fazla komponentli ve karmaşık geometriye sahip mamuller eklemeli imalat sayesinde, montaj ve kaynak vb. işlemlere gerek duymadan yekpare olarak imal edilebildiği sonucuna ulaşılmıştır (Ertek, 2023)

Karahasan'ın yaptığı çalışmada, lazer gücü arttırıldığında yüzey pürüzlülüğünün arttığı, lazer tarama hızı değiştirildiğinde üretimde enerji yoğunlukları değiştiği için yüzey pürüzlülükleri değişiminde belli bir sonuçla karşılaşılmamıştır. Lazer gücünün sabit olup lazer tarama hızının değiştirildiği gruplarda 360 W 600 mm/s grubunda yüzey pürüzlülüğü en düşük bulunmuş ve porselen bağlantı dayanımı da en düşük bu grupta tespit edilmiştir (Karahasan, 2023)

Khan'ın yaptığı çalışmada, SLE' deki yapı pozisyonunun, özellikle eğimli yüzeylerin yüzey pürüzlülüğünü etkilediği bulundu. Yapı plakasının köşelerinde eğimli yüzeylerin, merkezi olarak üretilmiş parçalara (AlSi10Mg malzeme) kıyasla pürüzlülüğü büyük ölçüde etkilediği görülmüştür (Khan, 2019)

Kuruoğlu'nun yaptığı çalışmada, en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri için bronz takviyeli PLA filament malzemesi, %75 iç doluluk oranı, 60 mm/s doldurma hızı, 0,2 mm katman kalınlığı ve 0.4 mm nozul çapı ideal baskı parametreleri seviyeleri olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerde gerçekleştirilen üretim sonucunda numunenin ortalama yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Sonuç olarak yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametre %47,88 katkı oranı ile nozul çapı olduğu kanıtlanmıştır.(Kuruoğlu, 2024).

Laohaprapanon ve ark. çalışmalarında, SLE ile 316L paslanmaz çeliğin işlenmesini araştırmışlardır. Deneylerden, düzgün izler üretecek en iyi işlem parametreleri elde edilerek, işlenen iş parçası kalite karakteristiği 220±6HV (94-96HRB) sertlik ile gösterilmiştir (Laohaprapanon ve ark, 2011)

M. Şahiner, yaptığı çalışmada PH 17-4 paslanmaz çelik tozu kullanarak bir tablada üretilen parçaların mekanik özelliklerini karşılaştırmıştır. Üretimi yapılacak parçanın tasarım beklentileri dikkate alınarak, hedeflenen toleransların bu çalışmada belirlenen sınırlar içinde olması durumunda SLE metodunun seri üretime uygun olduğu sonucuna ulaşmıştır (Şahiner, 2024)

Norman'a göre insan merkezli tasarım yaklaşımında tasarım süreci; Gözlem, Fikir Üretme, Prototiplendirme ve Test Etme döngüsüyle ifade edilir. Bu döngünün yinelenmesiyle üretilen hızlı prototipler hızlı şekilde test edilerek ürünlerde sürekli iyileştirme ve geliştirme sağlanmaktadır. (Norman, 2013, s.242).

Röttger ve ark. tarafından çeşitli yöntemlerle üretilen 316L sınıfı ostenitik çeliğin üretim sürecinin, mikroyapı ve malzeme özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Böylece, sıcak-izostatik presleme (HIP), seçici lazer ergitme (SLM) ve bu iki yöntemin birlikte uygulandığı durum ile döküm yöntemiyle üretilenin mikroyapı ve mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. SLM ile üretilen numunelerin yüksek yoğunluğa sahip olanlarının mekanik değerleri iyi olup, döküm veya sıcak izostatik preslemeye nazaran yüksek olduğu belirtilmiştir (Röttger, 2016)

Özsoy ve ark. çalışmalarında eriyik yığma modelleme ile farklı işlem parametreleri için elde edilen PLA malzeme numunelerinin çekme dayanımlarını karşılaştırmıştır. En yüksek dayanımın elde edilmesinin diğer sebepleri olarak düşük katman kalınlığı ve tam dolgu oranı olduğu öne sürülmüştür (Özsoy, 2021)

Sofu'nun çalışmasında, SLS ve SLM makinelerine lineer motorlar ve galvono tarayıcı adapte ederek gövde tasarımının CAD modeli yapılmış ve lazerin çalışma alanı genişletilmiştir. Yeni oluşturulan CAD modelinin imalatının gerçekleştirerek, bu cihazların yerli üretiminin yapılması ve mevcut teknoloji üzerinde gelişmeler yapmak için geleceğe ışık tutması amaçlanmıştır (Sofu, 2007).

Tekdir, yaptığı çalışmada SLE ile üretilmiş 316L paslanmaz çelik malzemesinin yüzey sertliğinin 280-300 HV değerlerinde olduğu sonucuna ulaşmıştır (Tekdir, 2019)

Upcraft ve ark' a göre, tasarımcılar tarafından sürecin başında üretilen prototipler kontrol edilerek, üretim araçlarına herhangi bir taahhütte bulunulmadan önce tasarımda gerekli revizyonlar bu sayede yapılabilmektedir. Üretilen prototipler, yalnızca tasarım ekibi içinde değil, diğer ilgili taraflarla da bir iletişim aracı olarak kullanılabilmektedir. (Upcraft ve Fletcher, 2003).

Vranic ve ark yaptıkları çalışma sonucunda; eklemeli imalatın, özel ürün imalatında geniş olanaklar sağlanırken, gelecekte klasik üretim teknolojilerinin tamamen yerini alamayacağı, parçaların sınırsız geometrilerde üretilebileceği ancak artık gerilme, porozite, yüzey pürüzlülüğü, parça boyutu gibi parametreler eklemeli imalata uyumlu mevcut malzemelerin sınırlamalarının dikkate alınması gerektiği sonucuna ulaşmıştır (Vranić ve ark., 2017).

2. EKLEMELİ İMALAT

Eklemeli imalat, geleneksel imalat yöntemlerinin aksine ürünlerin katman katman oluşturulduğu ve genellikle 3D baskı veya katmanlı imalat olarak da adlandırılan bir üretim sürecidir. Bu yöntem, bilgisayar destekli tasarım (CAD) dosyalarını kullanarak parçaların üretilmesini sağlamaktadır (Kahya, 2024). Eklemeli imalat süreci, kesme, şekillendirme, döküm süreci gibi geleneksel imalat süreçlerinden farklıdır. Bu süreçler arasındaki en temel fark, geleneksel imalat süreçlerinde malzemelerin şekillendirilmesi istenen parçanın tüm fiziksel alanı boyunca gerçekleşirken, eklemeli imalat süreçlerinde malzemenin şekillendirilmesi öncelikle bir bütün olarak istenen parçayı oluşturan unsurların oluşumunda gerçekleşir (L. Yang et al., 2017). 3D baskının temel mantığı olan katmanlı imalat, CNC frezeleme ve tornalama gibi bilgisayar destekli üretim proseslerinin dayandığı talaşlı imalat yönteminin tersidir. talaşlı imalatta üç boyutlu nesne bir malzeme bloğundan parçalar kesilip uzaklaştırılması ile elde edilir. 3D baskı yönteminde ise tasarlanan nesne art arda oluşturulan malzeme katmanlarının birleştirilmesi ile elde edilir. Bu nedenle eklemeli imalat yöntemi ile üç boyutlu nesneler daha az malzeme kullanılarak elde edilebilmektedir. Üretim hattı kurulumu, kalıp tasarımı gibi ek üretim aşamaları gerektirmemesi ve tasarımın hemen imalata alınabilmesi 3D baskı teknolojisinin tercih edilmesindeki en önemli nedenlerdir. (Sürmen,2019)

2.1. Eklemeli İmalat Yöntemleri

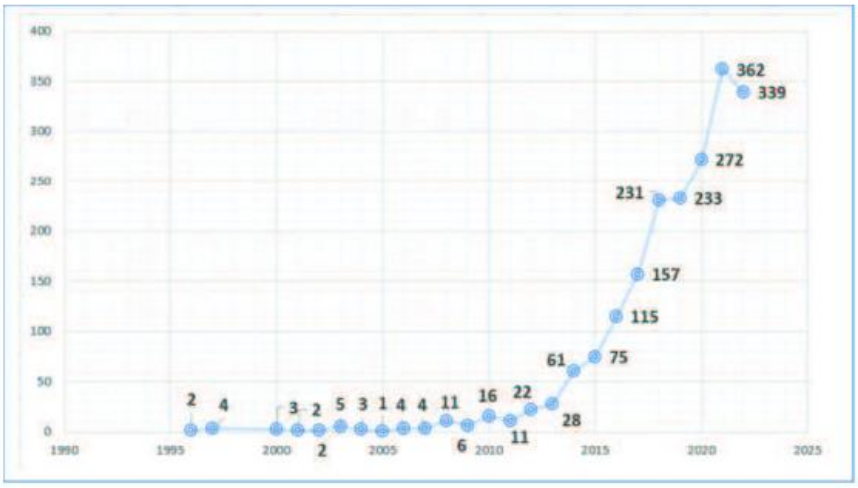
Eklemeli imalat ile üretimin farklı çeşitleri; tercih edilen teknolojiye, malzemeye veya uygulama alanlarına göre değişebilir. Bu sebeple birçok farklı sınıflandırma yapıldığı görülmüştür. Seçici lazer ergitme, toz yataklı füzyon, elektron ışını ergitme gibi yaygın eklemeli imalat yöntemleri, her biri farklı uygulama alanları sunar. Mühendislikten tıbba, otomotivden havacılığa kadar geniş bir sektör yelpazesinde üretim ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Eklemeli imalat yöntemleri hakkında yapılan literatür araştırmalarında da araştırmacılar tarafından farklı şekillerde sınıflandırıldığı görülmüştür. Üretim esnasında gerçekleşecek olaylara göre; kimyasal, termofiziksel, sıvı jet, katı jet ve ultrasonik süreç yöntemleri olarak sınıflandırılmaktadır (Guo ve ark., 2013). Diğer sınıflandırma çeşidine göre günümüzde katmanlı imalat yöntemleri başlangıç malzemesine göre; sıvı, filament, toz ve katı levha olarak ayrılmaktadır (Kruth, 1998). Çalışmalarda çoğu zaman bu sınıflandırma sadece sıvı, katı ve toz şeklinde de yapılmaktadır (Sürmen, 2019). Gök ‘e göre eklemeli imalat yöntemlerinin sınıflandırılması ve kullanılan teknolojileri Tablo 1’de gösterilmiştir (Gök, 2023).

Tablo 1. Katmanlı imalat teknolojileri

Malzeme	Kategori	Yöntem	Üretim Teknolojisi	Malzeme	Güç kaynağı
SIVI	Eriyik Polimerize	Malzeme Ekstürizyonu Fotopolimerizasyon Malzeme Püskürtme	FDM SLA DLP PJ	Termoplastik Fotopolimer, Seramik Fotopolimer, Wax	Termal enerji UV Projeksiyon UV
KATI	Yapışık Objeler	Sac Laminasyon	LOM	Kağıt Plastik Film Metalik Sac Seramik Bant	Lazer ışını
TOZ	Eritme Yapıştırma	Toz Kaynaklı Eritme Yapıştırıcı Püskürtme	SLS DMSL SLM EBM BJ	PA,Polimer Metal Tozu Seramik Tozu Seramik Tozu Metal Tozu	Yüksek-Güçlü Lazer Işını Elektron Işını Termal Enerji

2.2. Metal Eklemeli İmalat Yöntemleri

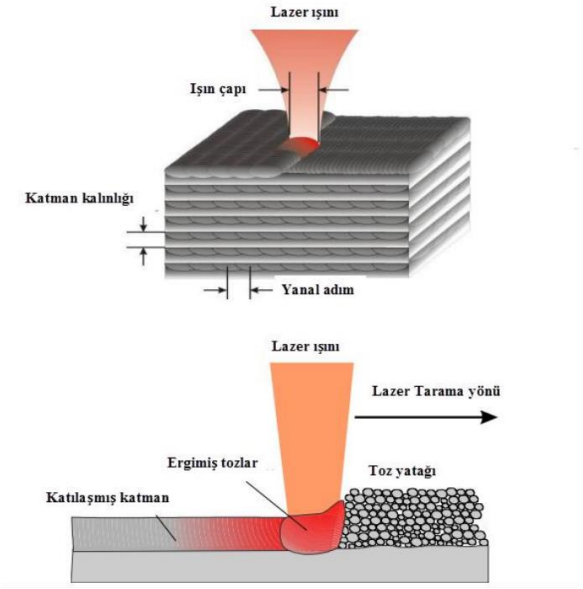
Metal eklemeli imalat yöntemleri, kullanılan enerji kaynağına göre (lazer, elektron ışını gibi), hammadde malzemesinin kullanım şekline (toz, tel veya levha gibi) veya malzemenin birleştirilme yöntemine göre sınıflandırılabilir. Bu yöntemler ile farklı metal alaşımları kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Sofu, SLS ve SLM makinelerine lineer motorlar ve galvano tarayıcı adapte ederek gövde tasarımın CAD modeli yapılmış ve lazerin çalışma alanı genişletilmesi çalışması yapılmıştır. Yeni oluşturulan CAD modelinin imalatının gerçekleştirerek ileride bu cihazların yerli üretiminin yapılması ve mevcut teknoloji üzerinde gelişmeler yapmak için geleceğe ışık tutması amaçlanmıştır (Sofu, 2007). Diğer çalışmada ise otomotiv ve havacılık gibi endüstrilerde ihtiyaç duyulan eklemeli imalat teknolojilerinden SLM, DMLS yöntemleri ile metal alaşımları kullanılarak imal edilen parçalara yer verilmiştir. Sıcak izostatik presleme yönteminin, mamullerin imalat aşamasında oluşan iç gözenekleri büyük ölçüde giderdiği görülmektedir. Seri imalat maliyetlerinde düşüş ve toplam ağırlığın azalması ile motorlu araçlarda yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Birden fazla bileşenli ve karmaşık geometrili mamuller eklemeli imalat sayesinde, montaj ve kaynak gibi işlemlere gerek duymadan yekpare olarak imal edilebildiği sonucuna ulaşılmıştır (Ertek, 2023). Makine imalat teknolojileri alanında üretilen eklemeli imalat konulu çalışmaların yıllara göre dağılım sayıları Şekil 1'de yer almaktadır: Üretilen bilimsel eserlerin 1.222 tanesi araştırma makalesi, 162 tanesi inceleme makalesi ve 616 tanesi bildiri niteliğindedir.



Şekil 1. Makine İmalat Teknolojileri Alanında Üretilen Bilimsel Eserler (WoS, 2022)

2.2.1. Seçici Lazer Eritme (SLM) Yöntemi

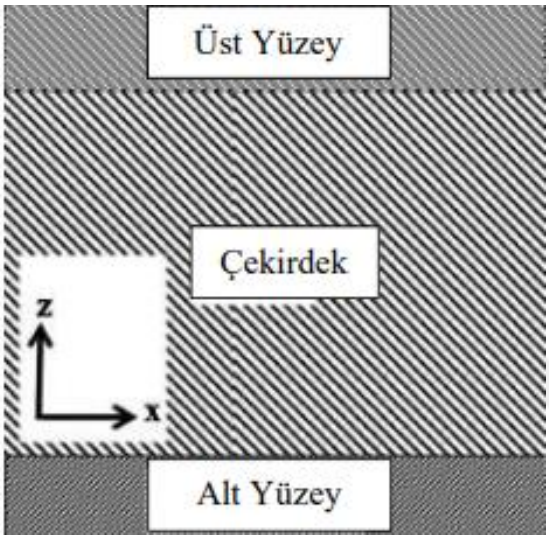
Metal eklemeli imalat yönteminden biri olan Seçici Lazer Eritme (SLM) yöntemi, karmaşık ve hafif yapıların üretimine olanak sağladığından hem bilimsel hem de endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Bu yöntem birçok metal alaşım ile uyumludur. Şekil 1'de gösterilen SLM yöntemi ile üretilen bir ürünün kalitesi, ergitme için gerekli olan enerji yoğunluğunu etkileyen imalat parametrelerinin (lazer gücü, tarama hızı, tarama mesafesi, katman kalınlığı) optimizasyonunu gerektirmektedir. Uygun olmayan imalat parametrelerinin kullanılması ile parça üzerinde çarpılma, çatlama ve boyutsal değişim meydana gelmektedir (Siyambaş ve Turgut, 2022)



Şekil 2. SLM Yöntemi (Meiners, 2011)

SLM yönteminin çalışma prensibi, SLS teknolojisi ile aynıdır. SLS teknolojisinin genellikle polimer seramik tozları için kullanılması ve SLM teknolojisinin genellikle metal tozları için uygun şekilde kullanılmasıdır. Gerekirse, imalattan sonra tavlama uygulanarak iç stres ortadan kaldırılabilmektedir (Siyambaş ve Turgut, 2022). SLM yöntemi herhangi bir kalıp veya kesici takım kullanmadan parçaları üretme yeteneğine sahiptir. Bu avantaj, tasarım ve üretim döngüsü içerisinde geçen süresinin azalması ile maliyetler açısından tasarruf sağlamaktadır (Karahasan, 2023).

SLM yöntemi geleceğin teknolojisi olarak bahsedilse de yüzey kalitesi, üretim süresi gibi dezavantajlarla da karşılaşılmaktadır. Bu problemlerin çözebilmek için üretilen parçalara parlatma cilalama, ısıl işlemler, yüzey taşlama gibi imalat sonrası ilave işlemler uygulanmaktadır (Hagedorn, 2017). Bu ilave işlemlerle, zaman ve maddi açıdan kayıplar meydana gelmektedir. SLM yöntemi ile yüksek mekanik özelliklere sahip metal parçalar üretildiğinden dolayı farklı alanlarda çalışmalar yapılmıştır. SLM prosesi ile üretilen parçalarda, üretim parametrelerinin değiştirilebildiği 3 farklı bölge bulunmaktadır; üst yüzey, çekirdek ve alt yüzey. Üst yüzey parametreleri genellikle parça yüzey kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 3. SLM prosesinin kullandığı bölgelerinin şematik görüntüsü (Mohammadi ve Asgari, 2017)

Geleneksel üretim yöntemleri ile üretilen parçalarla SLS/ SLM ile imal edilen parçaların, hammadde olarak aynı malzemeler kullanılmasına rağmen imalat yöntemlerindeki farklılıktan dolayı fiziksel ve mekanik özellikleri (sertlik, burulma, tokluk vb.) farklıdır. Bu farklılıklarda malzemenin işlenebilirliğini önemli ölçüde etkilemektedir (Kıran, 2011)

2.2.1.1. SLM Metal Eklemeli İmalatta Kullanılan Tozlar

SLM teknolojisi, metal tozlarının lazerle eritilerek üretilmesini sağlayan bir üretim yöntemidir. Eklemeli metal imalat yöntemlerinde alüminyum alaşımları, kobalt alaşımları, takım çelikleri, nikel alaşımları, paslanmaz çelikler, titanyum alaşımları, bakır alaşımları ve kıymetli metaller (altın ve gümüş alaşımları) gibi alaşımların tozları, hammadde olarak kullanılmaktadır. Piyasada yaygın olarak kullanılan metal tozları Tablo 2'de verilmiştir [Yılmaz, 2016].

Tablo 2. Yaygın metal tozları

Sınıflandırma	**Malzeme**
Alüminyum Alaşımları	AlSi10Mg/AlSi7Mg/AlSi12
Kobalt Alaşımları	ASTM F75/ CoCrWC
Takım Çelikleri	AISI 420 / Marage 300 / AISI D2-A2-S7
Nikel Alaşımları	Inconel 718-625-713-738/Hastelloy X
Paslanmaz Çelikler	Ss 304-316L-410/15-5PH/17-4PH
Titanyum Alaşımları	Titanyum Grade 2/Ti6Al4V/TiAl6Nb7
Değerli Metaller	Altın Alaşımları / Gümüş Alaşımları
Bakır Alaşımları	CC 480 K

2.2.1.1.1. Metal Alaşımları

Titanyum (Ti), çeliğe göre yaklaşık % 56 oranında düşük yoğunluğa sahip olmasına rağmen yüksek özgül dayanıma (çekme mukavemeti/yoğunluk) sahip bir malzemedir (Yalçın ve Varol, 2008). Titanyum alaşımları, oksit tabakaları sayesinde yüksek korozyon direncine sahiptir. Örneğin Ti6Al4V, eklemeli imalat teknolojilerinde yaygın olarak kullanılan bir titanyum alaşımıdır. Yüksek mukavemeti, düşük yoğunluğu, mükemmel korozyon direnci ve biyouyumluluğu sayesinde havacılık, uzay, tıp ve otomotiv gibi çeşitli endüstrilerde tercih edilmektedir. Alüminyum alaşımları ise zor kaynaklanabilmektedir. Bu da farklı parçaların kaynaklanarak bir arada kullanılabilmesine engel olmaktadır (Özsolak, 2019)

2.2.1.1.2. Paslanmaz Çelik Tozları

İlk olarak 1913 senesinde Harry Brearley tarafından tüfek namluları için çeşitli metallerin bir araya getirilmesi gibi deneylerin yapılması ile keşfedilmiştir (Kaftan, 2023). Paslanmaz çelikler, bileşimlerinde en az %12 krom içeren bir çelik ailesidir. Bu çelik türü, farklı sınıf ve kompozisyonlarda birçok malzeme içerir. Alaşımlar arasında en önemli elementler krom, nikel, molibden ve mangandır. Bunların dışında, bakır, silisyum, alüminyum, titanyum, nitrojen, vanadyum gibi elementler ile farklı mekanik özellikler eklenebilir. Bu çelik türlerinde korozyon direncini arttıran en önemli element kromdur. Çelikler içerdikleri krom oranları sayesinde yüzeylerinde ince bir tabaka oluşturur. Bu tabaka sayesinde oksijenin çelik ile temasını engeller. Çelikler kırılgan yapıdadırlar. Herhangi bir ısıl işlemde kırılma durumu söz konusu olabilmektedir. Nikel ise Bu kırılganlığı azaltabilmek için tercih edilen elementtir. Ayrıca bu parça yüksek sıcaklık olan ortamlarda kullanılacaksa Mangan elementinin kullanılması gerekmektedir (Yiğit, 2024). Paslanmaz çelikler; Östenitik paslanmaz çelikler, Ferritik paslanmaz çelikler, Martensitik paslanmaz çelikler, Dubleks (Dublex) paslanmaz çelikler ve PH (Çökelmeyle sertleşebilen) paslanmaz çelikler olmak üzere 5 ana gruba ayrılır. 316L paslanmaz çelik, 316 kalite östenitik paslanmaz çelik ailesinde yer almaktadır. Belirtilen grup metal özelliklerini taşır. 316L tipi paslanmaz çeliğin yapısında genel olarak %60-65 demir (Fe), %17-19 oranında Cr, %12-14 oranında nikel (Ni) ve düşük miktarda nitrojen (N), Mangan (Mn), Mo, Fosfor (P), silikon (Si) ve Sülfür (S) bulunmaktadır (Pasinli 2004). 316L paslanmaz çelik 17Cr, 8Ni, 2Mo ve krom tükenmesinin önüne geçebilmek için az miktarda da olsa kendi yapısı içerisinde karbon bulunmaktadır. L ifadesi bu yüzden eklenmektedir. En yaygın kullanılan sınıflar arasında 304, 316 ve 17-4PH bulunmaktadır. Diğer çelik türlerine kıyasla daha pahalıdır; ancak bakımının ucuz ve kolay olması, uzun ömürlü olmaları, geri dönüştürülebilir ve çevre dostu olmaları gibi avantajlar sağlar. 316L, 1950 yılında üretilmiş, korozyon riskini azaltmak için 316 paslanmaz çeliğin karbon içeriğini %0,08'den maksimum %0,03'e düşüren, biyouyumlu bir metaldir (Kaya, 2019). 316L paslanmaz çelik, 316 sınıfının bir türevidir ve "L" harfi düşük karbon içeriğini temsil eder. Düşük karbon içeriği, çelikte karbon çökelme eğilimini azaltır, bu da korozyon direncini artırır. 316L, özellikle korozyon direncine ihtiyaç duyulan çeşitli endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılır (Arkan, 2015).

Korozyona olan direnç özellikleri sayesinde, klorür içeren ortamlara dayanımı, korozif etkilere karşı direnci ve uzun ömürlü olması ile 316L kalite paslanmaz çelik, kimya, petrokimya ve enerji santrallerindeki soğutma kulelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca parçalar kaynakla birleştirilecekse, o kısımlar ısınmadan ötürü korozyon riskiyle karşı karşıya kalırlar. Bu tarz durumlarda da gösterdiği korozyon direnci sayesinde daha az karbon içerikli olan 316L kalite paslanmaz çelik malzeme kullanılır (Kaplan, 2014).

2.3. Eklemeli İmalatta Üretimi Etkileyen Parametreler

Eklemeli imalatta üretimi etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler, elde edilecek parçanın dayanıklılığını, yüzey pürüzlülüğünü ve kullanılacağı ortama uyumunu belirlemede rol oynar. Toz malzemenin şekli ve boyutu, lazer gücü, tarama yönü, tarama hızı, tarama çizgi aralığı ve katman kalınlığı gibi işlem parametrelerinin ürün mekanik dayanımı, boyutsal değişimi ve yüzey kalitesi üzerine önemli bir etkiye sahiptir (Özsolak, 2019). Doğru malzemenin seçimi en önemli parametrelerden biridir. Üretilecek olan parçanın kullanılacağı alana göre toz malzemesinin uygun seçilmesi gerekmektedir. Örneğin nemli bölgede kullanılacaksa korozyon direncinin yüksek olması gerekmektedir. Parçanın mukavemeti, yüzey pürüzlülüğü, iletkenliği gibi birçok parametre bu seçime bağlıdır. Parça üretimden sonra ek işlem görecekse (kılavuz vb.) malzeme işlenebilirliğe uygun olmalıdır. Herhangi bir ek işlemde kırılma vb. deformasyonlara uğramayacak şekilde malzeme seçimi yapılmalıdır. Malzeme, üretilecek parçaya uygun şekilde seçildikten sonra yazıcı parametrelerinin doğru şekilde ayarlanması gerekmektedir. Yine üretilecek parçanın mukavemeti, yüzey pürüzlülüğü gibi özellikleri için uygun katman kalınlığı, örgü sıklığı, lazer gücü vb. parametreler seçilmelidir. Tüm bu parametreler parçaya uygun seçildikten sonra ise yapılan tasarımın üretim tablasına doğru konumlandırılması gerekmektedir. Doğru yapılmayan konumlandırmalardan dolayı destek yapıları zorlayıcı bölgelere denk gelebilir. Bu da üretim sonrasında yapılacak ek işlemlerde zorluklar çıkarabilir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünde de olumsuz etki yaratabilmektedir. Eklemeli imalat ile üretimi etkileyen parametreler hakkında birçok çalışma yapılmıştır.

(SLM) üretimlerinde lazer gücünün artması ile yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği, tarama mesafesi artmasıyla daha pürüzlü yüzey elde edildiği, lazer gücünün azalması ile daha pürüzlü yüzey elde edildiği görülmüştür. Bu parametreler arasında ise ortalama yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen parametrenin "tarama mesafesi" olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Aydın, 2022). Doğrudan metal lazer sinterleme (DMLS) ile yapılan çalışmada ise parça üretimine işletme parametrelerinin (tarama şekli, tarama hızı ve lazer gücü) etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda iyi bir katman oluşumu için parametrelerin uygun aralıkta seçilmesinin önemi vurgulanmıştır (Duman ve Kayacan, 2017). SLM ile üretilen parçalar incelendiğinde yüzey kalitesinin geleneksel imalat yöntemlerinden çok daha farklı olduğu görülmektedir. Katmanlı imalatla üretilen metalik parçaların yüzey dokuları, kullanılan tozun tane boyutu ve dağılımı, ısı kaynağının etkisi (örneğin lazer), katman kalınlığı, tarama hızı, tarama boşluğu, yüzeyin inşa yüzeyine olan açısı ve ikincil işlemler gibi birçok parametreden etkilenmektedir (Triantaphyllou ve ark., 2015) (Strano ve ark., 2012). Yapılan literatür çalışmalarında, özellikle eklemeli imalat üretim yöntemini etkileyen parametreler üzerinde çalışılmıştır. Bu parametrelerin değiştirilmesi sonucu parçaların etkilenme durumları hakkında yapılan çalışmalar incelenmiştir. Ancak özellikle SLM, DMLS yöntemleriyle paslanmaz çelik tozları kullanılarak üretilmiş su armatürleri üzerinde çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle çalışmada SLM yönteminin armatür üretiminde kullanılabileceğinin belirlenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda su armatürlerinin, 316L paslanmaz çelik malzemeli SLM yöntemi ile üretilebilirliği görülecektir. Üretilen gövdenin korozyon direnci, maliyeti, debi/akustik değerleri, yüzey pürüzlülüğü gibi parametreleri incelenecektir.

2.4. Eklemeli İmalatın Kullanıldığı Yeni Uygulama Alanları

Eklemeli imalat, birçok yeni uygulama alanında kendini göstermiştir. Yüksek hassasiyet, tasarım özgürlüğü, zaman ve iş gücü tasarrufu gibi avantajları sayesinde bu teknoloji, birçok sektörde kullanılmaya başlamıştır. Bu yöntem; havacılık, otomotiv, sağlık, yapı, gıda ve moda sektörlerinde önemli ilerlemeler kaydetmektedir. Hava araçlarında kullanılan parçaların daha hafif, uzun süre dayanıklı ve karmaşık şekillerin üretilmesi amacıyla eklemeli imalat teknolojisi kullanılmaktadır. Örneğin, Airbus A320 uçakları için SLE yöntemi ile üretilen ve hafifletilmiş bir parça olan "Menteşe Tutucu - Nacelle hinge bracket" tasarımı, eklemeli imalatın havacılıkta sağladığı avantajları göstermektedir. Bu uygulamada topoloji optimizasyonu ve uygun malzeme seçimi sayesinde toplamda %64 oranında kütle tasarrufu sağlanmıştır. Bu sayede uçakların yakıt tüketiminin azaltılması ve karbon ayak izinin düşürülmesi gibi çevresel kazanımlar elde edilmiştir (Özsoy, 2019). Eklemeli imalatın sıklıkta tercih edildiği sektörlerden bir diğeri olan otomobil sektöründe ise otomobillerin ana kısımları ve bazı parçalarının üretiminde kullanılan bir yöntemdir. Çalışanlar, bu teknolojiyi kullanarak, daha önce geleneksel yöntemlerle üretimi zor veya yüksek maliyetli olan karmaşık parçaları kolaylıkla imal edebilmektedir (Demir, 2024). Yine otomotiv sektörüne ait bir çalışmada elektrikli bir mokap araca uygun iskelet tasarımı yapmıştır. Yapılan iskelet tasarımı analiz edildikten sonra yaklaşık 1/8 oranında prototip üretimi gerçekleştirilmiştir. CFRP malzemenin, çelikten yaklaşık %77 daha hafif olduğu ve yöntemin avantajlarından dolayı tercih edilebilir bir malzeme olduğu sonucuna varılmıştır (Demir, 2024). Sağlık sektöründe ise kişiye özel protezler, implantlar gibi parçaların üretilmesini sağlamaktadır. Özellikle hastanın anatomisine özel olarak üretilen implantlar, daha yüksek uyum ve rahatlık sağlamaktadır [29]. Yapı sektöründe ise büyük boyutlu 3D yazıcılar kullanılarak bina ve yapı elemanlarının üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu sayede, estetik, hafif ve dayanıklı yapı elemanları elde edilmektedir. Gıda sektöründe, çikolata, makarna vb. malzemelerle yiyecek tasarımları yapılabilirken; moda sektöründe ise tekstil ve aksesuar tasarımlarında eklemeli imalat sayesinde yaratıcı ve kişiye özel tasarım yapılan ürünler ortaya çıkmaktadır. Evler, kafeler vb. ortamlarda bulunan, tüketicinin sıklıkla karşılaştığı ürünlerden biri olan armatür ile ilgili de eklemeli imalat ile üretim çalışmalar devam etmektedir. Tüketicilerin talep ettiği markalara veya kişiye özel tasarım çalışmaları bu yöntem ile mümkün hale gelmektedir.

3. SU ARMATÜRLERİ

Su armatürleri, kullanıcı tarafından suyun akışının kontrol edilebilmesi için kullanılan cihazlardır. Kullanıcı su armatürü sayesinde suyu açıp kapatma işlemini kolaylıkla yaparken sıcaklık ayarını da aynı zamanda yapabilmektedir. Özellikle banyo ve mutfaklarda sıklıkla kullanılan lavabo, duş, musluk, batarya gibi su çıkış noktalarının tamamı su armatürü olarak adlandırılır. Bu seçeneklere ek olarak teknolojinin de gelişmesi ve armatürlerle uyumlu hale getirilmesiyle dokunmatik, fotoselli gibi teknolojik inovasyonların aktarıldığı armatür çeşitleri de ürün çeşitlerine eklenmiştir. Armatür üretiminde çeşitli alaşımlar kullanılmaktadır. Döküm tekniğiyle yapılan bataryalarda önceleri bakır-kalay alaşımı kullanılarak bronz bataryalar, daha sonraları ise ucuz olan bakır-çinko alaşımı kullanılarak pirinç bataryalar elde edilmiştir. İnsan sağlığına herhangi bir zararının olmaması da pirinç alaşımının tercih edilmesinin sebeplerinden biridir (Nişancı,2019). Bu çalışmada armatür çeşitlerinden mutfaklarımızda yer alan eviye bataryası kullanılacaktır. Çalışmada kullanılacak olan E.C.A Nita Eviye bataryasını oluşturan ana parçalar aşağıdaki gibidir ;



Şekil 4. Nita Eviye Bataryası

3.1.Armatür Tasarımı Parametreleri

Ürün geliştirebilmenin en önemli kısmı müşteri ihtiyaçlarının doğru bir şekilde belirlenmesidir. Serbest'in yaptığı çalışmaya göre müşteri beklentileri marka, ergonomi, kalite, fiyat, garanti ve su tasarrufudur. (Serbest,2024)

Yapılan bir çalışmada istatiksel modelleme yöntemlerinden olan OLOGREG çalışmasına göre mutfak armatürlerinin; ürün stilleri, maliyet, teknoloji, performans, güvenilirlik, dayanıklılık ve güvenlik gibi unsurlar göz önüne alınarak ayrıntılı tasarımlara dönüştürülmesi gerektiği sonucuna ulaşmıştır. Önerilen stilleri koruyan, ancak düşük maliyetle yüksek performans sağlayan yenilikçi çözümler aranmalıdır (Demirtas, 2009).

3.1.1. Fonksiyonellik

Fonksiyonellik, su armatürü tasarımında öncelikli bir faktördür. Kullanıcılara kolay, aynı zamanda güvenli bir su kullanımı sağlar. Estetik unsurlarla birlikte armatürün fonksiyonel özelliklerinin optimize edilmesi gerekmektedir. Fonksiyonel olarak belirttiğimiz armatürler, farklı kullanım amaçlarına olanak sağlayabilirler. Örneğin, mutfaklarımızdaki eviye bataryalarının hareket kabiliyeti için hareketli başlıklar ya da farklı akış çeşitlerini sağlayan perlatörler bu ihtiyaçları karşılayabilmektedirler.

3.1.2. Ergonomi

Kullanıcıların kolayca kullanabilmesi için ergonomik bir tasarım önemlidir. Ergonomik su armatürleri, kullanıcının alışılmış olan hareketlerine uyum sağlar. Özellikle çocuklar, yaşlılar ve fiziksel engelleri olan kişiler için oldukça önemlidir. Armatürün bulunduğu ortama uygun yükseklikte olması, sıcaklık ayarının kolayca yapılabilmesi gibi özellikleri kullanıcıların su armatürlerini ergonomik şekilde kullanmalarını sağlar.

3.1.3. Dayanıklılık

Dayanıklı tasarımlar, su armatürlerinin uzun süre sorun yaşamadan kullanılmasını sağlar. Bu faktörün göz önünde bulundurulması armatürün kullanım ömrünü artırır ve kullanıcıların daha güvenilir bir şekilde kullanmasını sağlar. Uzun süreli kullanım da kullanıcı için maliyet tasarrufu anlamına da gelmektedir.

3.1.4. Su Tasarrufu

Su tasarrufu, dünya genelinde su kaynaklarının azalmasını önlemek ve sürdürülebilir su kullanımını teşvik etmek için önemlidir. Sürdürülebilir su yönetimi, gelecek nesillerin temiz suya kolayca ulaşabilmesini sağlar. Günümüzde birçok bölgede su kıtlığı ve iklim değişikliği gibi sorunlar artmaktadır. Su tasarrufu, bu zorluklara karşı bir önlem olarak görülmektedir.

3.1.5. Uygun Basınç

Uygun su basıncı, kullanıcının memnuniyetini direkt etkileyen faktörlerden biridir. Yetersiz su basıncı, kullanıcıların su akışından yeterince faydalanmalarına engel olur. Özellikle duş almak veya bulaşık yıkamak gibi günlük aktivitelerde, kullanıcı uygun su basıncına ihtiyaç duymaktadır. Su basıncının yeterli olmaması kullanıcının daha uzun süre su harcamasına neden olacaktır.

3.1.6. Standartlar

Standartlara uygun bir armatür, dayanıklı bir şekilde tasarlandığı, üretildiği ve testlerinin tamamlandığı anlamına gelmektedir. Ürün kategorisine göre standart kategorileri de değişmektedir. Kartuş kullanılan ürünler için standart farklı iken, dokunmatik ürünler farklı standartlar kullanılmaktadır.

3.1.7. Montaj Kolaylığı

Armatürlerin kolay montajlanabilir olması daha az işgücü ve zaman tasarrufu anlamına gelir. Aynı zamanda ürünün doğru ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar. Herhangi bir olumsuz koşulda parça değişikliği ya da filtre temizliği gibi işlemler söz konusu olabilir. Kullanıcı bu durumlarla karşılaştığında ürünün kolay demonte/monte edilmesi işlemi hızlıca yapabilmesine olanak sağlar. Malzeme israfını önleme, üretim ve montaj zorluklarını aşmak için eklemeli imalat için tasarım veya kolay montaj için tasarım yaklaşımı kullanılabilir. Bu yaklaşım; tasarımı inceleme, gereksiz parça sayısı veya parça özelliklerini azaltma, montajın daha kolay yapılması ve maliyetini düşürmeyi amaçlar. Bu bağlamda tasarımcı, tasarıma başlamadan önce monte edilebilirlik durumunu değerlendirerek montaj verimliliğini artırmaya çalışmalıdır (Bayyiğit, 2013)

3.2 Armatürlere Uygulanan Test Yöntemleri

3.2.1. Debi Testi

Armatürlerde debi testi, suyun belirli bir süre içinde bir armatürden ne kadar aktığını ölçmek için yapılan bir testtir. Bu testler sayesinde suyun verimli kullanımı sağlanır. Debi testi standartları armatürün çeşidine göre Tablo 3 ve Tablo 4 'te gösterildiği gibi değişiklik göstermektedir.

Tablo 3. TS EN 817 Standardı uygulamalara göre debi değerleri

Karıştırıcılı Batarya Uygulaması	**Özellik**
Lavabo, bide, eviye (Su tasarruflu)	(4,0 ila 9,0) L/min [(0,066 ila 0,15) L/s]
Lavabo, bide, eviye (Su tasarrufu olmayan)	En az 12,0 L/min $(0{,}2\mathrm{L/s})^a$
Banyo	En az 19,0 L/min (0,316L/s) (Tam soğuk veya tam sıcak konum)
	34°C ila 44 °C aralığında en az 20,0 L/min (0,33L/s)

Tablo 4. Debi sınıfları

Debi Sınıfı	**Debi (L/s)**
Z	0,15
A	0,25
S	0,33
B	0,42
C	0,50
D	0,63

3.2.2. Akustik Testi

Su armatürlerinde akustik deneyler, kullanıcının istenmeyen ses seviyelerini azaltarak daha konforlu bir ortam sağlamak için önemlidir. Bu deneyler aynı zamanda armatürlerin tasarımında ve üretiminde kalite kontrol süreçlerinin bir parçası olarak da kullanılabilir. Ölçümü yapılan değerler Tablo 5'te belirtilen gruplara göre sınıflandırılmaktadır.

Tablo 5. Akustik grupları

GRUP	L_{ap} **[dB (A)]**
I	≤ 20
II	20 < Lap ≤ 30
U (Sınıflandırılmamış)	>30

3.2.3. Korozyon Testi

Korozyon, metalik malzemelerin içinde bulundukları ortam ile kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyona girerek fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybetmeleridir (Yazan,2014). Hem metal ve alaşımın bozunma reaksiyonuna, hem de bu reaksiyonun sebep olduğu zarara verilen addır (Özabdal,2014). Su armatürlerinde korozyon testi, armatürlerin farklı çevresel koşullar altında korozyona karşı dayanıklılığını değerlendirmek için yapılan bir testtir. Bu testler, armatürlerin kullanım ömrü boyunca maruz kalabileceği nem, sıcaklık, su kalitesi ve diğer faktörlerin etkilerini simüle eder. Armatürleri oluşturan kaplamalı ya da boyalı bileşenler özellikle gövde, kol, el duşu gibi parçalarının korozyon testi yapılması oldukça önemlidir.

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

Bu çalışmada, üretilecek numunenin malzemesi, 316L paslanmaz çelik alaşımının metal tozu tercih edilmiştir. Su armatürlerinin maruz kaldığı nemli ve suyla temas eden ortamları (duş, lavabo vb.) korozyon riskini arttırmaktadır. 316L paslanmaz çelik, özellikle tuzlu su ve klorlu su gibi ortamlarda yüksek korozyon direncine sahiptir. Deney numunesinde kullanılan 316L malzemesinin parçacık boyut dağılımı 15-53 μm arasında olup, bu özellikler malzemenin işlenebilirliği ve üretim kalitesi açısından öneme sahiptir. Malzemenin mekanik özellikleri aşağıdaki Tablo 6'da gösterildiği gibidir.

Tablo 6. 316L paslanmaz çelik tozunun mekanik özellikleri

	Ortam Şartı	Akma Dayanımı/MPa	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Sertlik (HRB)
Baskı Durumu	Oda sıcaklığı	510±100	700±100	35±10	93±3
Isıl İşlem	Oda sıcaklığı	520±100	720±100	32±10	93±3
Yoğunluk	~7.9 g/cm3				
Yüzey pürüzlülüğü (Kumlanmış durum)	≧6 μm				

4.2. Yöntem

Çalışmada kullanılan numune parçalar, yüksek kapasiteli metal eklemeli imalat aracı olan HBD 350 yazıcı ile üretilmiştir. Bu yazıcı, paslanmaz çelik malzemeler dışında titanyum alaşımları, alüminyum alaşımları, kobalt krom alaşımı gibi birçok farklı metal tozunun kullanılmasına olanak tanır.

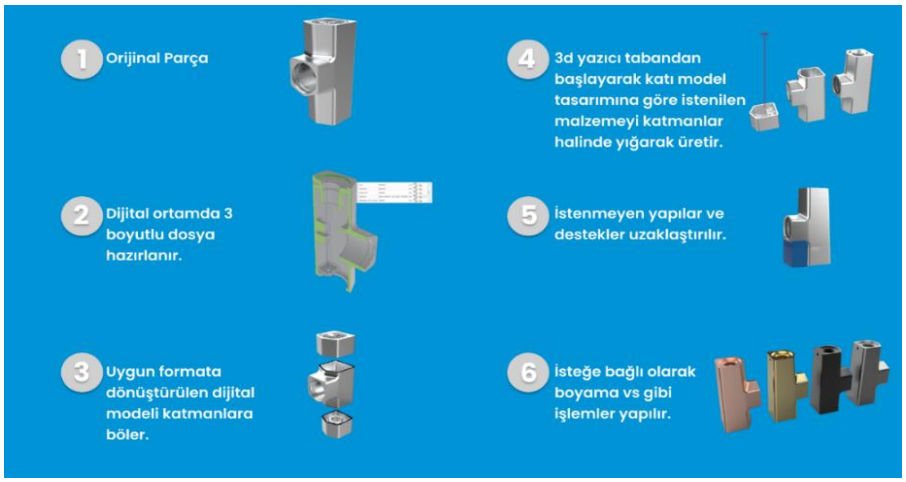
Cihazın inşa hacmi 325 mm x 325 mm x 400 mm (inşa plakası yüksekliği dahil) olarak belirlenmiştir. Cihaz şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. 3D Yazıcı (HBD 350)

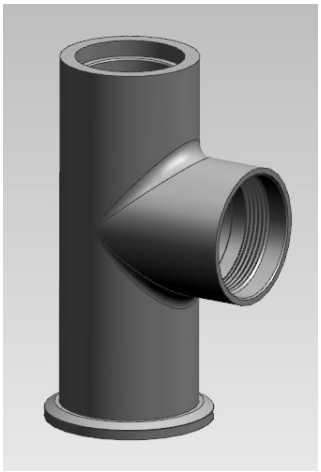
4.3. Paslanmaz Çelik ile SLM Yöntemi Kullanılarak Armatür Üretimi

Paslanmaz çelik, su armatürü üretimi için uygun bir malzeme olarak ön görülmektedir. Paslanmaz çelikler, farklı ortamlarda gösterdikleri mükemmel korozyon dayançları ile öne çıkan bir malzeme grubudur. Bunun sebebi ise, içerdikleri yüksek krom oranıdır. Bunu sağlayabilecek çeliklerde krom oranının en az %11 gerektirmektedir. Bu krom oranının yanında nikel ve molibden ilaveside bu korozyon direncini arttıran unsurlardır (Callister Jr.D.W., 2000). Metal eklemeli imalat yöntemi ile armatür üretiminin adımları Şekil 6'da görülmektedir.

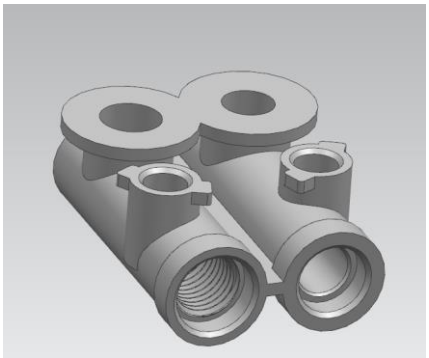


Şekil 6. Eklemeli İmalat ile Armatür Üretimi

SLM (Seçici Lazer Ergitme) teknolojisi, metal tozlarının lazerle eritilerek katman katman birleştirilmesi prensibine dayanır. Bu yöntem, karmaşık ve üretimi zor geometrilerin hassas bir şekilde üretilmesini sağlar. Geleneksel üretim yöntemleriyle zor ve maliyetli olabilecek iç boşluklar, destek yapıları ve ince duvarlı detaylar, SLM yöntemi ile üretilebilir hale gelmektedir. Üretilecek armatür gövdesinin dış formu E.C.A. markasının Nita Eviye Bataryası ürününde kullanılan gövdenin birebir aynısıdır. İç formu ise eklemeli imalat yöntemine uygun olacak şekilde et kalınlığı minimum noktada (genellikle 1mm) tutularak tasarlanmıştır. Üretilmek istenen parça NX Siemens üç boyutlu modelleme programı ile modellenmiştir. (Şekil 7 ve Şekil 8) Gövdenin tamamı üretilmeden önce yazıcıdan çıkacak parçanın diş çekilme kalitesi, işlenebilirliği vb. özelliklerini değerlendirebilmek için küçük bir kesit numunesi üretimi yapılmıştır. Bu yöntem, tasarım sürecinde olası hataları minimize etmek ve parçanın fonksiyonel özelliklerini doğrulamak için kullanılmıştır.



Şekil 7. Armatür gövdesi tasarımı



Şekil 8. Numune parça tasarımı

Parçaların eklemeli imalat yöntemi ile üretimi İnfotron A.Ş. desteği ile gerçekleştirilmiştir. Gövdenin ve kesit numunesinin paslanmaz çelik malzeme kullanılarak üretilmiş halinin görselleri Şekil 9 ve Şekil 10' daki gibidir. Paslanmaz çelik hammaddesinden üretilen armatür gövdesinin ağırlığı 351,2 g'dir. Aynı gövdenin pirinç malzemeden üretilmiş hali ise 724 g 'dır.



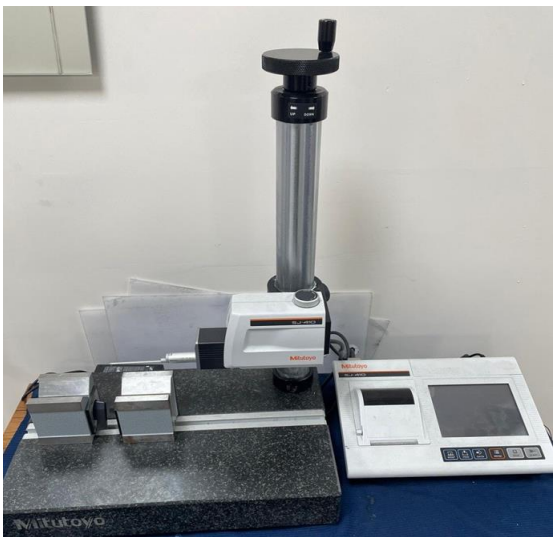
Şekil 9. Armatür gövdesi



Şekil 10. Numune parça

4.3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Testi

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, Şekil 11'de gösterilen Mitutoyo Surfest SJ410 cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 11. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

4.3.2. Akustik Testi

Akustik testinin yapıldığı akustik testi deney odası Şekil 12'te görüldüğü gibidir. Şekilde görülen TS EN ISO 3822 standardına uygun olan deney odası ve kullanılan cihazların teknik bilgileri Tablo 7'de verilmiştir.



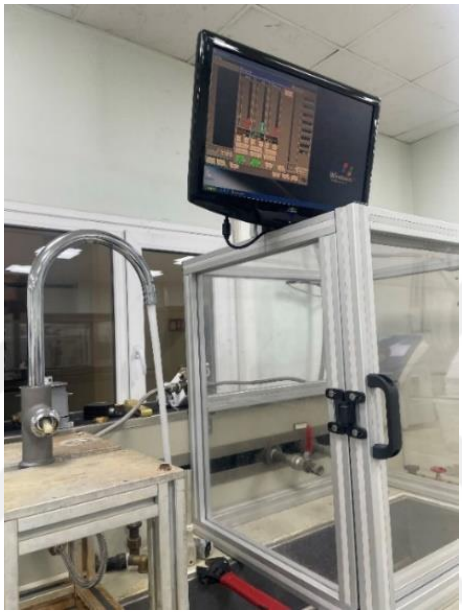
Şekil 12. Akustik Deney Odası

Tablo 7. Akustik deney odası ve cihaz bilgileri

Deney Odasının Hacmi	$45m^3$
Deney Duvarının Alanı	$10{,}1m^2$
Akustik Analizörü	Brüel Kjaer 2250
Mikrofon	Brüel Kjaer 4950
Debimetre	ABB COPA – XE -DE43F
Basınç Ölçer	ABB 265GS
Hidrolik Direnç	Z Sınıfı Hidrolik Direnç
Bağlantı Tipi	Esnek hortum bağlantılı

4.3.3. Debi Testi

Ölçüm, soğuktan sıcağa daha sonra sıcaktan soğuğa doğru karıştırıcılı batarya tamamen açık durumda iken yapılmaktadır. Debi değerleri, EN ISO 3822-4'e göre sınıflandırılmaktadır. Yeni standartlara göre ayrı debi sınıfı tanımlanmakta ve bataryanın bu debi sınıflarından birisine girmesini istemektedir. Test ve ölçümlerin yapıldığı ortam Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 13. Debi Testi

Yapılan ölçümler için Tablo 10'daki başlangıç ayarları sağlanmıştır;

Tablo 10. Ölçüm başlangıç ayarları

	Sıcaklık Değeri	Debi Değeri
Soğuk Su	15°C	3 bar
Sıcak Su	65°C	3 bar

4.3.4. SEM/EDX Görüntüleme

Hazırlanan numuneler, Celal Bayar Üniversitesi Deneysel Fen Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde incelenmiştir. Carl Zeiss Gemini SEM 500 taramalı elektron mikroskobu (Şekil 14) kullanılarak cihazın 0,8 nm'ye kadar yüksek çözünürlük sunabilen elektronik optik sistemi sayesinde detaylı SEM görüntülemesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) ile elementel analiz yapılmıştır.



Şekil 14. SEM Görüntüleme Cihazı

4.3.5. Sertlik Testi

Hazırlanan numunenin sertlik deneyi, Celal Bayar Üniversitesi Deneysel Fen Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Sertlik ölçüm cihazı Şekil 15'te gösterilmiştir.

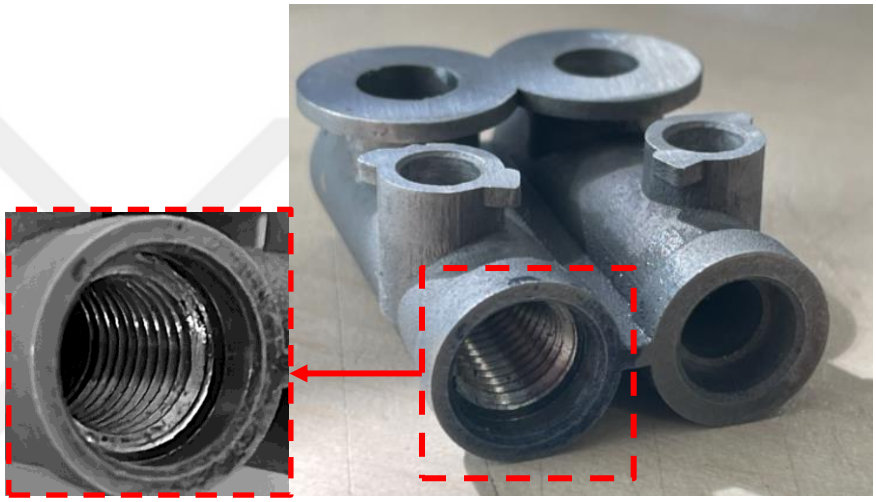


Şekil 15. Sertlik Ölçüm Cihazı

5. SONUÇLAR

5.1. Gövdenin İşlenme Kabiliyeti

Üretilen kesit numune üzerinde SLM yönteminin diş çekebilme kabiliyetini görebilmek adına simetrik olan numunenin bir tarafına tasarım programı üzerinde diş çekilmiştir. Diğer tarafına ise ek işlem yardımıyla diş çekilebilmesi için uygun çap ölçüsünde bırakılmıştır. Gelen numune incelendiğinde NX Siemens uygulaması üzerinden çekilen diş detayının üretim sonucunda verimli kullanılamadığı, detayın birebir ölçülerde üretilemediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 16 . Diş Detayı

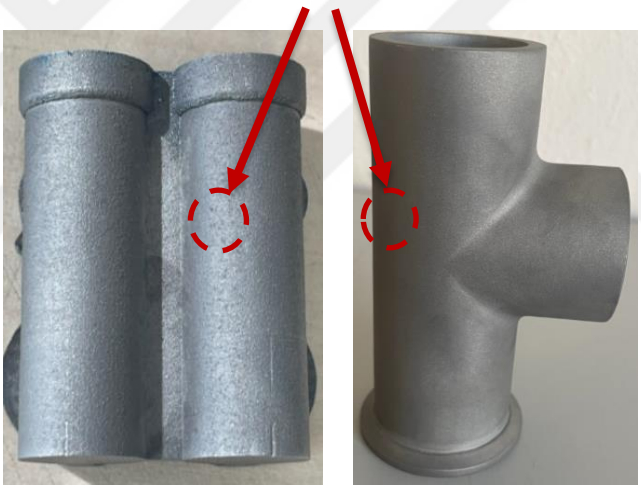
Bu sebeple armatür gövdesinin üretiminde diş çekilmesi gereken detaylar uygun çap ölçülerinde bırakılmış olup Bridgeport V1000 tezgahında diş detayları işlenmiştir. İşlem sırasında 3mm kalınlıktaki bölgeye de diş çekilmiş olup herhangi bir kırılma/çatlama gibi bir durumla karşı karşıya kalınmamıştır.



Şekil 17. Bridgeport V1000 tezgahı işlemi

5.2. Gövdenin Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü testleri genellikle Ra (ortalama pürüzlülük), Rz (maksimum dalga yüksekliği), Rt (maksimum yükseklik) ve Rq (kök ortalama kare) gibi parametrelerle değerlendirilmektedir. Ra, evrensel olarak tanınan ve en yaygın kullanılan pürüzlülük parametresidir. Yapılan çalışmada SLE ile üretilmiş 316L paslanmaz çelik malzemesinin yüzey pürüzlülüğün 9,7 değerinde olduğu sonucuna ulaşmıştır (Tekdir, 2019). Paslanmaz çelik parçada yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmıştır. Şekil 18'de gösterilmiş bölgenin yüzey pürüzlülüğü 2.279 µm olarak ölçülmüştür. Pirinç malzemeli gövdelerin pürüzlülük değeri ek işlem görmeden önce ~7 µm' dur. İki üretim yöntemini kıyasladığımızda paslanmaz çelik parçada daha pürüzsüz yüzey elde edildiği görülmüştür. Armatür gövdesinin yüzey pürüzlülüğü ise 0,86 µm olarak ölçülmüştür. Bu değer herhangi bir ek işlem yapmadan (polisaj vb.) direkt kullanıma ve kaplamaya uygundur.



Şekil 18. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yüzeyleri

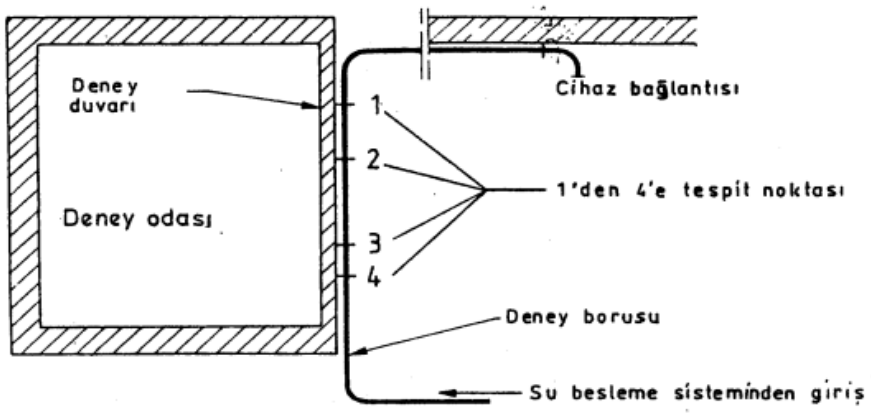
5.3. Gövdenin Montaj Kabiliyeti

. Bu çalışmada, bataryanın dış formu korunmuş olup, pirinç olan gövde malzemesi paslanmaz çelik olarak değiştirilmiştir. Eklemeli imalat ile üretilmiş olmasından dolayı döküm yöntemiyle üretilen gövdeye kıyasla et kalınlıkları minimuma indirilerek tasarlanmıştır. Tasarlanan paslanmaz çelik gövde, mevcut montaj bileşenleri ile uyumlu olarak test edilmiştir.

Montaj esnasında gövde, baskı somunu, kol altı rozeti, boru grubu, perlatör gibi temel bileşenler üzerinde herhangi bir uyumsuzluk veya montajlanamama problemi görülmemiştir. Bu durum, paslanmaz çelik gövdenin üretim sürecindeki hassasiyet ve doğrulukla uyumlu olduğunu ve Nita modelinin mevcut parçalarının kullanımını sorunsuz bir şekilde desteklediğini ortaya koymaktadır. Paslanmaz çelik malzemeli gövde kullanımının, bataryanın montaj sürecinde olumsuz bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç, paslanmaz çelik gibi dayanıklı ve korozyona karşı dirençli bir malzemenin, mevcut tasarımlara entegre edilebilirliğini kanıtlamaktadır.

5.4. Gövdenin Akustik Değeri

Akustik ses bilimidir. Akustik, açık alan, kapalı alan, boru ve boru gibi birçok ortamda sesin yayılımı ile ilgilenir. Su tesisatında en önemli gürültü kaynakları armatür gürültüleridir (Tuğgan,2019). Armatürden akan suyun oluşturduğu türbülans bir gürültüye sebep olmakta, bu da kullanıcıyı olumsuz yönde etkilemektedir. Bu testler, su akışından kaynaklanan titreşimlerin ve seslerin değerlendirilmesiyle gerçekleştirilir. Testler, yankısız veya düşük yansıtıcı özelliğe sahip bir odada gerçekleştirilir. Bataryanın çalışması sırasında çıkan seslerin seviyesi (dB olarak) kaydedilir. TS EN ISO 3822-1 standardı, akustik ölçümünün yapılması için gereken bir akustik odasını ve bu odaya çekilecek tesisatın özelliklerini tanımlamaktadır. Deney yapılacak cihaz, odanın duvarına sabitlenmiş bir deney borusunun, bir başka deyişle su borusunun ucuna monte edilir. Duvar, deney duvarı, oda ise deney odası olarak isimlendirilir



Şekil 19. Akustik Deney Odası Şeması

Aletten üretilen gürültü, deney borusundan deney duvarına iletilir. Deney duvarından deney odasına doğru hava ile yayılan ses ölçülür. Farklı laboratuvarlarda mukayese edilebilir ölçmeler yapmak için aletten üretilen gürültü, kurulum gürültü standardından üretilen gürültü ile mukayese edilir. TS EN ISO 3822 standardı, tesis edilen düzenek vasıtasıyla musluk ve bataryaların gürültü seviyelerinin ölçülmesi ile ilgili şartları belirler. Yapılacak gürültü ölçümündeki su basıncı dinamik basınç olarak 3 bar; su sıcaklığı da en çok 25 º C olmalıdır (Coşan, 2014). Bu standardına göre deney odası, en az 30 m^3 hacminde olmalıdır. Yeni kurulacak bir laboratuvar için yaklaşık 50 m^3'lük bir hacim tavsiye edilmektedir. Deney odasının zıt iki yüzeyi arasındaki mesafe, en az 2,3 m olması gerekmektedir. Yapılan çalışmada, su armatürlerinde kullanılan malzemelerin akustik ölçümleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla pirinç ve paslanmaz çelik gövdeli iki farklı armatür üzerinde akustik testler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 20. Akustik deneyi

Test yöntemi olarak, armatürler üzerine sabit bir debi ile su verilmiş ve su akışı sırasında ortaya çıkan ses seviyeleri bir desibelmetre ile ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda, pirinç gövdeli su armatürünün akustik seviyesi 12,2 dB (Tablo 8) olarak tespit edilmiştir. Aynı test koşullarında, paslanmaz çelik gövdeli su armatürünün akustik seviyesi ise 19 dB (Tablo 9) olarak ölçülmüştür.

Tablo 8. Pirinç hammaddeli eviye bataryası akustik ölçüm değeri

Ölçme Koşulları		**0,3 MPa Akış Basıncı**		
		Soğuk	**Sıcak**	**Karışım**
Max. Açık	Q (Debi)	7,4	7,4	8,2
Max. Ses Seviyesi	Lap (Aletsel Ses Basınç Seviyesi)	10	12	11

Akustik Grubu: Grup I

Tablo 9. Paslanmaz çelik hammaddeli eviye bataryası akustik ölçüm değeri

Ölçme Koşulları		**0,3 MPa Akış Basıncı**		
		Soğuk	**Sıcak**	**Karışım**
Max. Açık	Q (Debi)	7,5	7,6	8,3
Max. Ses Seviyesi	Lap (Aletsel Ses Basınç Seviyesi)	19	15	14

Akustik Grubu: Grup I

Elde edilen sonuçlar, malzemenin fiziksel özelliklerinin akustik performans üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Pirinç, yoğunluk ve iletim açısından paslanmaz çelikten farklıdır. Pirincin yüksek yoğunluğu ve malzemenin ses iletimindeki düşük rezonans özellikleri, sesin yayılmasını ve titreşim kaynaklı akustiği azaltıcı bir rol oynamaktadır. Buna karşın, paslanmaz çelik gövdenin malzeme sertliği ve diğer malzeme özelliklerinin farklılığı, daha yüksek ses seviyelerinin oluşmasına neden olmuştur. İki farklı malzemeden armatürlerin debi değerleri ≤ 20 değerinde olduğundan dolayı aynı grupta yer almaktadır.

5.5. Gövdenin Debi Değeri

TSE EN 817 standardı, sıhhi tesisat armatürleri için geçerli bir standarttır ve özellikle mekanik karışım bataryalarının tasarımı, üretimi, performansı ve güvenliği için gereklilikleri belirler. Her bataryanın çeşidine uygun belirli bir debi aralığı mevcuttur. Bataryaların minimum debi değerlerine ulaşması, maksimum debi sınırını aşmaması gerekir. Bu değer, musluğun belirli bir su basıncı altında kaç litre su verdiğini tanımlar. Ölçüm, litre/dakika (L/min) biriminde yapılır. Debi testleri genellikle 3 bar (0.3 MPa) statik su basıncında yapılır. 3 barda ölçülen debi değeri, karıştırıcılı batarya istenilmesi durumunda cihazın tipine bağlı olarak farklı aralık değerlerinde olması istenmektedir. Bu çalışmada kullanılan eviye bataryaları için istenen aralık değeri en az 12L/min 'dir.

Pirinç gövdeli eviye bataryası için yapılan ölçümlere göre ;

Lap: 12 dB (A) olduğu için mamulün akustik grubu: Grup I 'dir. Debi değerleri ile birlikte bakıldığında işaretleme I/Z olarak yapılmalıdır.

Tablo 11. Pirinç hammaddeli eviye bataryasının debi değerleri

BASINÇ (BAR)	**DEBİ DEĞERİ (lt/dk)**
0,5 bar	2,8 lt/dk
1 bar	3,5 lt/dk
1,5 bar	5,0 lt/dk
2 bar	5,8 lt/dk
2,5 bar	6,1 lt/dk
3 bar	**7,2 lt/dk**
3,5 bar	7,8 lt/dk
5 bar	9,2 lt/dk

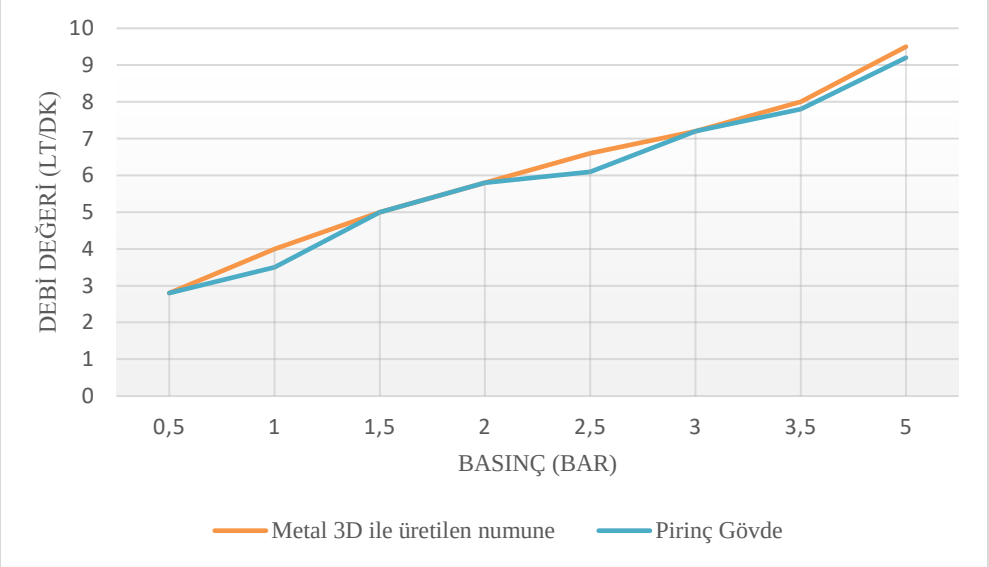
Paslanmaz çelik gövdeli eviye bataryası için yapılan ölçümlere göre ;

Lap: 19 dB (A) olduğu için mamulün akustik grubu: Grup I ‘dir. Debi değerleri ile birlikte bakıldığında işaretleme I/Z olarak yapılmalıdır.

Tablo 12. Paslanmaz çelik hammaddeli eviye bataryasının debi değerleri

BASINÇ (BAR)	DEBİ DEĞERİ (lt/dk)
0,5 bar	2,8 lt/dk
1 bar	4 lt/dk
1,5 bar	5,0 lt/dk
2 bar	5,8 lt/dk
2,5 bar	6,6 lt/dk
3 bar	**7,2 lt/dk**
3,5 bar	8,0 lt/dk
5 bar	9,5 lt/dk

Bu çalışmada, farklı malzemelerden üretilmiş su armatürlerinin debi ölçümleri yapılmış ve pirinç ile paslanmaz çelik gövdeli armatürlerin aynı şartlar altındaki debi değerleri Şekil 21’de karşılaştırılmıştır.



Şekil 21. Debi Değerleri Karşılaştırma Grafiği

Bu çalışmada, farklı malzemelerden üretilmiş su armatürlerinin debi ölçümleri yapılmış ve pirinç ile paslanmaz çelik gövdeli armatürlerin aynı şartlar altındaki debi değerleri karşılaştırılmıştır. Her iki armatür için de aynı çapta giriş ve çıkış bağlantıları, aynı çevre koşulları ve test ekipmanları kullanılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, pirinç gövdeli su armatürünün debi değeri 3 bar basınçta 7,2 lt/dk olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, paslanmaz çelik gövdeli su armatürünün debi değeri de 3 bar basınçta 7,2 lt/dk olarak ölçülmüştür. Bazı diğer basınç değerlerinde küçük farklar meydana gelmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, her iki malzemenin debi performansının test edilen şartlar altında eşit olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni, su akışına etki eden faktörlerin (perlatör, boru çapı vb.) her iki armatürde aynı parçalar ile montajının yapılmasıdır. Armatür malzemesinin (pirinç veya paslanmaz çelik) debi performansı üzerinde doğrudan bir etkisi olmadığı, ancak bu durumun yalnızca 3 bar basınç altında geçerli olduğu vurgulanmıştır. Farklı basınç seviyelerinde veya uzun süreli kullanımlarda, yüzey pürüzlülüğü, malzeme dayanıklılığı ve korozyon etkileri gibi faktörlerin debi performansını etkileyebileceği öngörülmektedir.

5.6. SEM/EDX Görüntüleri

Paslanmaz çelik parça kesitinde SEM incelemesi öncesinde zımparalama ve parlatma işlemleri, yüzeyin analize uygun şekilde hazırlanması için kritik bir ön hazırlık aşamasıdır. Bu işlemler öncelikle yüzeyde bulunan mikroskobik pürüzlerin ve düzensizliklerin giderilmesi amacıyla gerçekleştirilir. Düzgün bir yüzey, SEM altında net ve detaylı görüntüler elde edilmesini sağlar. Şekil 22'de parçanın tel erezyon ile kesilmiş hali, Şekil 23'te ise kesilmiş parçanın SEM görüntülemesi için zımparalama ve parlatma işlemi yapılmış hali görülmektedir.

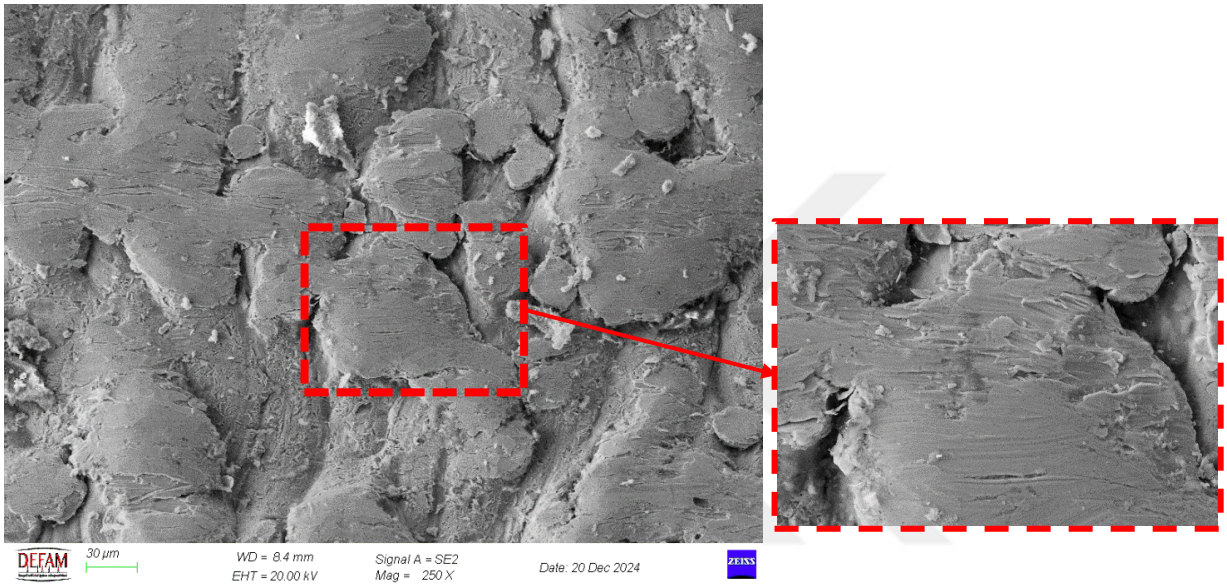


Şekil 22. Numune kesiti



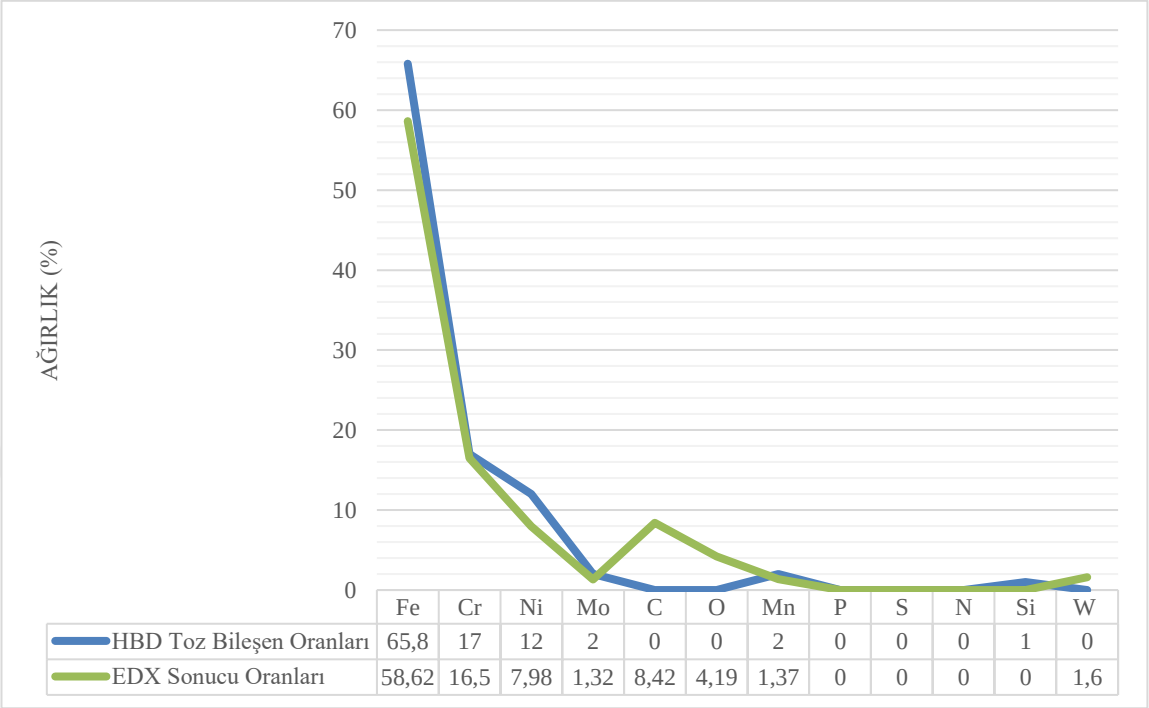
Şekil 23. Parlatılmış hali

Şekil 24’te SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüsü, 316L paslanmaz çeliğin yüzey morfolojisini göstermektedir. Görselde kaba taneli bir yüzey yapısı ve deformasyon izi benzeri izler gözlenmektedir. Yüzeyin metalurjik olarak karmaşık bir mikroyapısal dağılıma sahip olduğunu gösteriyor. Özellikle literatürdeki eklemeli imalat çalışmalarında tanelerin düzenli katman-katman dizilimi, mevcut yapıda farklı şekilde elde edilmiştir. Yüzeyde oluşan farklı tabakalaşmalar muhtemelen eklemeli imalat sırasında oluşmuş yapısal gerilimlerin bir sonucu olabilir.



Şekil 24. Eklemeli imalat yöntemiyle üretilen parçanın SEM görüntüsü

Parçanın hammaddesi olan HBD-316L Paslanmaz çelik tozunun bileşenleri ile EDX analizi sonucunda tespit edilen element yüzdelerinin karşılaştırılması aşağıdaki Şekil 25'te gösterildiği gibidir.



	Fe	Cr	Ni	Mo	C	O	Mn	P	S	N	Si	W
HBD Toz Bileşen Oranları	65,8	17	12	2	0	0	2	0	0	0	1	0
EDX Sonucu Oranları	58,62	16,5	7,98	1,32	8,42	4,19	1,37	0	0	0	0	1,6

Şekil 25. Toz bileşen değerleri ile EDX sonuçları grafiği

Fe (Demir), her iki durumda da en yüksek ağırlık yüzdesine sahiptir. HBD-316L tozunda %65,8 olarak ölçülen Fe oranı, eklemeli imalat süreci sonrasında elde edilen parçanın EDX analizinde %58,62'ye düşmüştür. Bu azalma, üretim sırasında yüzeyde oluşan oksitlenme, elementlerin yeniden dağılımı veya ortam koşullarına bağlı olarak meydana gelen kütle kayıplarından kaynaklanmış olabilir. Paslanmaz çelik 316L'in yüzeyinde, özellikle oksitlenmeye yatkın olan demir bileşenleri, bu yüksek ısıya bağlı olarak oksitlenebilir. Cr (Krom) ve Ni (Nikel) oranları arasında nispeten küçük farklılıklar gözlemlenmiştir. Cr oranı HBD tozunda %17 iken, EDX analizinde %16,5 olarak ölçülmüştür. Krom ve nikel, bu alaşımın paslanma direncini artıran ve genellikle metalin yüzeyinde daha stabil olan elementlerdir. krom ve nikel, demire göre daha yüksek erime noktalarına sahip oldukları için bu elementlerin kayması, genellikle demirinkine göre daha düşük oranda olur. Benzer şekilde, Ni oranı HBD tozunda %12'den %7,98'e düşmüştür. Krom ve Nikel, paslanmaz çelikte korozyon direncini artıran elementlerdir; dolayısıyla bu elementlerdeki azalma, yüzeydeki oksitlenme mekanizması ile ilişkilendirilebilir.

Mo (Molibden) oranındaki değişim ise dikkat çekicidir. HBD tozunda %12 oranında bulunan Mo, EDX analizinde %7,98 olarak tespit edilmiştir. Üretim sonrası tespit edilen O (Oksijen) oranı (%8,42), yüzeyde oluşan oksit tabakalarının varlığını doğrulamaktadır. Paslanmaz çelik yüzeyinde koruyucu bir Cr_2O_3 tabakasının oluşumu, Cr ve O elementlerinin birleşiminden kaynaklanmış olabilir. Bu koruyucu tabaka, eklemeli imalat sırasında yüksek sıcaklıkta oksijen ile temas eden yüzeyde meydana gelir. Ayrıca, tel erezyon işleminde kullanılan elektriksel akım, metalin yüzeyinin sıcaklığını aniden artırır ve bu da oksijenin yüzeye daha fazla etkilemesine olanak tanır. Çelik yüzeyinde oluşan oksitler, yüksek ısının etkisiyle buharlaşabilir veya parçacıklar olarak ayrılabilir. EDX analizinde ayrıca W (Tungsten) elementi %1,6 oranında tespit edilmiştir. HBD tozunda bulunmayan bu element, muhtemelen eklemeli imalat cihazının çalışma koşulları sırasında çevresel kontaminasyon veya ekipman kaynaklı bir geçiş sonucu numuneye dahil olmuştur. Mn (Mangan), P (Fosfor), S (Kükürt) ve Si (Silisyum) elementlerinin oranları hem HBD tozu hem de EDX sonuçlarında oldukça düşük seviyelerde kalmıştır ve üretim sürecinden etkilenmemiş görünmektedir.

5.7. Gövdenin Sertlik Değeri

Sertlik malzemelerin mekanik özelliklerinden biridir. Genel olarak malzemelerin plastik deformasyona karşı gösterdiği direnç şeklinde ifade edilir (Yaşar, 2023). Vickers sertlik değeri, parçanın yüzeyinde belirli bir yük altında bastırılan ucun kaldırılmasından sonra, parça yüzeyinde bıraktığı izin köşegenlerinin ölçülmesiyle bulunur. Kullanılan ucun elmas olması, elmasın sertlik değerinin yüksek olmasından dolayı bu yöntemin tüm malzemelere uygulanabilir olmasını doğurmuştur. Vickers sertlik ölçme yöntemi, hızlı uygulama, küçük batma derinliğine sahip olması nedeniyle parça yüzeyinde gözle görülür bir iz bırakmama, doğru okuma alınması, tüm yüzeyler için tek bir uç kullanılması ve düşük maliyetli olması sebebiyle çok tercih edilen bir sertlik ölçme yöntemidir (Argıncıklıgil, 2019). Yapılan bir çalışmada 316L tozlarıyla ve farklı parametrelerle yapılan DED işlemi sonucunda üretilen numuneler için ortalama Vickers sertlik değerlerinin yaklaşık 190-230 HV0.5 aralığında yer aldığı tespit edilmiştir. (Tekelioğlu,2021). Farklı bir çalışmada ise 316L paslanmaz tozunun içine karıştırdıkları B, BN ve BC ile sertlik değerlerini oldukça yükseltmişlerdir (Do ve ark. 2017).

SLE ile 316L paslanmaz çeliğin işlenmesi hakkında yapılan çalışmada, düzgün izler üretecek en iyi işlem parametreleri elde edilerek, bu en iyi işlem şartları ile işlenen iş parçası kalite karakteristiği 220±6HV (94-96HRB) sertlik ile gösterilmiştir (Laohaprapanon ve ark, 2011). Tekdir, yaptığı çalışmada SLE ile üretilmiş 316L paslanmaz çelik malzemesinin yüzey sertliğinin 280-300 HV değerlerinde olduğu sonucuna ulaşmıştır (Tekdir, 2019)

Paslanmaz çelik numuneye 5 farklı noktadan HV3 değerinde ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 13. Sertlik ölçüm sonuçları

Ölçüm-1	Ölçüm-2	Ölçüm-3	Ölçüm-4	Ölçüm-5	Ortalama
262	260	260	166	260	**261,6**

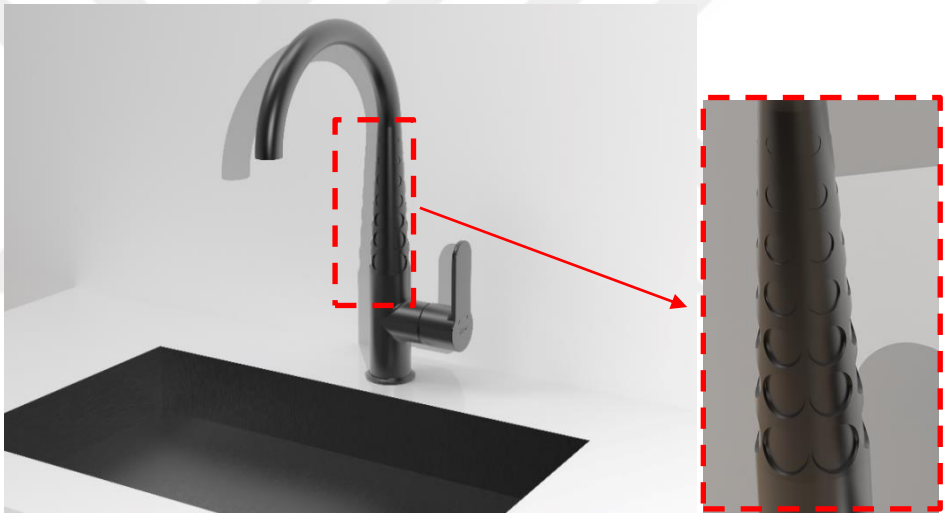
5.8. Eklemeli İmalat Yöntemine Uygun Armatür Üretimi

Tasarım temel bir insan eylemidir. Amaçlanan belirli bir hedefe yönelik, planlanan insan eylemleri tasarlama sürecini oluşturur (Teker,1995). Genel olarak bir ürün tasarımı sırasında; güvenlik, kalite, emniyet, dayanıklılık, kolay bakım, statü, marka, performans, estetik, ek özellikler, çevreyi kirletme, çevreyle uyum, raf ömrü, kolay kurulum, ambalaj, standartlara uygunluk gibi kriterler dikkate alınır ve bunların çözümü farklı metotlarla gerçekleştirilebilir (Roozenburg, 1996). Geleneksel üretim yöntemleri, özellikle döküm ve pres gibi yöntemler, tasarımın geometrik özgürlüğüne engel olan kısıtlamalara sahiptir. Katmanlı imalat (havacılık sektörü vb.); zaman, yetkin çalışan (örneğin kalıp yapımında) ve hurdaya çıkan malzeme miktarının çokluğundan dolayı pahalıya mal olan döküm, dövme ve talaşlı imalat parçalarının yüksek fiyatlarına göre daha avantajlı olmaktadır. Ayrıca kalıp ihtiyacını azaltarak ya da tamamen ortadan kaldırarak yeni parçaların geliştirilmesini de hızlandırmaktadır. Tasarım hatalarını düzeltme, montaj kolaylığı sağlama veya versiyon değişikliği gibi durumlarda bu teknolojide sadece 3 boyutlu modeli değiştirerek, takım masrafı olmadan parçada istenen değişikliğin oluşturulması mümkündür (Yalçın ve Ergene, 2017). Bu durum eviye bataryası, banyo bataryası gibi işlevselliğinin yanında estetik değer taşıyan komponentlerin üretiminde, tasarım çeşitliliğini ve özgünlüğünü sınırlandırmaktadır.

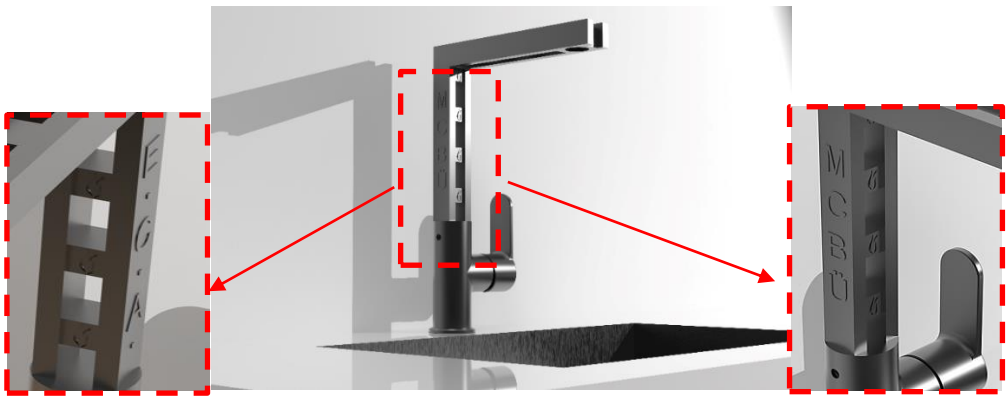
Döküm ve pres işlemlerinde kullanılan kalıpların sınırlamaları ve bu yöntemlerin karmaşık geometrilerde üretilemez hale gelmesi, tasarımcıları genellikle daha basit formlar çalışmaya yönlendirmektedir. Bu kısıtlamalar ise tasarımların birbirine benzer olmasına sebep olmaktadır. Son yıllarda hızla gelişen eklemeli imalat teknolojileri, bu sınırları ortadan kaldırarak özgür tasarım süreçlerinin ortaya çıkmasına ve ilerlemesine katkı sağlamıştır. Eklemeli imalat prosesleri yalnızca imalat sürelerini değil tasarım ve geliştirme sürelerini de kısaltabilmektedir. Yeni bir fikrin ürüne dönüşerek müşteriye sunulma süresini kısaltmaktadır. Bu sayede müşteri ihtiyaçlarına da hızlıca geri dönüş yapılabilmektedir (Michalik ve ark., 2015). Eklemeli imalatın sunduğu tasarım özgürlüğü, estetik veya ergonomik avantaj yönlerine ek olarak aynı zamanda fonksiyonel avantajlar ve inovasyonlar sunmaktadır. 316L paslanmaz çelik gibi yüksek mukavemet, korozyon direnci ve biyouyumluluk özelliklerine sahip malzemelerin eklemeli imalat teknolojisiyle bir araya gelmesi hem endüstriyel hem de kullanıcı odaklı ürünlerde tasarım avantajları sağlamaktadır. Dekoratif ürün olarak da görülen armatürler bulundukları ortama uygun şekilde kişiselleştirilmiş halde üretilebilmektedir. Teknolojinin tasarım odaklı avantajları, geleneksel yöntemlerle karşılaştırmalı olarak ele alınmış ve endüstriyel uygulamalara yönelik çıkarımlar sunulmuştur. Bu çalışmada tasarlanan iki farklı eviye bataryası modeli, eklemeli imalat teknolojisinin tasarım süreçlerine sunduğu imkanlar çerçevesinde değerlendirilmiştir. Her iki tasarımda, geleneksel üretim yöntemleriyle elde edilmesi oldukça zor hatta imkansız olan estetik ve fonksiyonel unsurlar barındırmaktadır. Tasarımlarda bulunan figürler, kişiselleştirilmiş yazılar eklemeli imalat yönteminin sağladığı avantajlardandır. Bu tasarımlar, eklemeli imalatın sunduğu detay üretim kabiliyeti, bu tür karmaşık yüzey yapılarını kolaylıkla üretebilme avantajı sağlamıştır. Tasarımın eğimli yapısı, su akışını yönlendirmeyi hedeflerken, üzerinde yer alan dairesel ve boşluklu detaylar dekoratif bir unsur özelliği de taşımaktadır. Tasarımcının ya da müşterinin isteğine bağlı olarak dairesel formlara amblem, imza vb. geometrilerin de eklenebilmesine olanak tanımaktadır.



Şekil 26. Eklemeli imalat ile üretime uygun armatür tasarımları

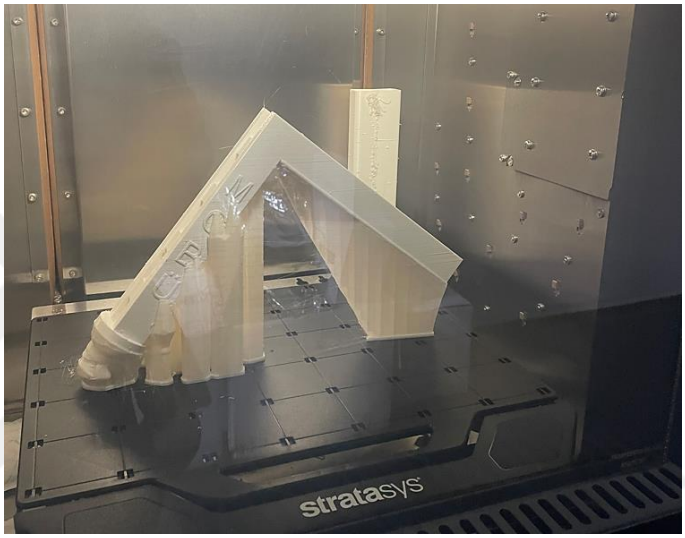


Şekil 27. Eviye bataryası tasarım çalışması - 1



Şekil 28. Eviye bataryası tasarım çalışması – 2

Metal tozları ile eklemeli imalat prototip üretimleri; metal tozlarının maliyeti, üretimin yurt dışında gerçekleşmesi gibi maliyet yükseltici parametrelerle gerçekleştiği için prototip üretimlerinin toplam maliyeti oldukça yüksektir. Bu sebeple Şekil 28'da görülen tasarımın eklemeli imalat ile üretilebilirliğini gösterebilmek için ABS malzemeden üretimi gerçekleştirilmiştir. Şekil 29'da parçanın yazıcıdan çıkarılmadan ve destek yapıları temizlenmeden önceki hali gösterilmiştir. Çıkış ucunun üretimi 14 saat sürmüştür. Destek yapıları yüzeye ve iç kısımdaki su geçecek bölgelere en az gelecek şekilde konumlandırılmıştır.



Şekil 29. ABS çıkış ucunun üretim sonu görseli



Şekil 30. ABS Çıkış ucu



Şekil 31. ABS Çıkış ucu

6. TARTIŞMA

Çalışmada metal eklemeli imalat yöntemi ile paslanmaz çelik malzemeden armatür gövdesi üretimi gerçekleştirilmiş olup, geleneksel üretim yöntemi ile üretilen pirinç malzemeli armatürün debi, akustik, yüzey pürüzlülüğü kıyası yapılmıştır. Bu kıyaslamada sıklıkla kullanmakta olduğumuz armatürlerin TSE standartları göz önünde bulundurulmuştur. Deney ve analizlere ek olarak eklemeli imalat ile üretimin tasarım parametrelerine etkisi incelenmiştir. Bu araştırmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Eklemeli imalat yöntemi ile üretilen armatür gövdesinin tasarımında üretim yöntemine uygun olacak şekilde minimum et kalınlıkları kullanılarak tasarım yapılmıştır. Pirinç hammaddeli, geleneksel üretim yöntemine uygun armatür tasarımında da o yöntem için uygun olan minimum et kalınlık ölçüleri verilmiştir. Ancak üretimin kolay ve düşük ıskarta ile gerçekleşmesi için bazı bölgelerde et kalınlıkları oldukça fazladır. Dış formu aynı olan sadece üretim yöntemine uygun hale getirilen iki gövdeyi kıyasladığımızda 10,5 cm^3hacim farkı oluşmuştur. Bu fark iki gövde arasında yaklaşık olarak 372,8 gram ağırlık farkı oluşturmaktadır.

- Geleneksel üretim yöntemleri göz önünde bulundurularak tasarlanan armatür tasarımlarında; kalıp tasarımı, maliyeti, üretilebilirlik, ağırlık gibi birçok faktör göz önünde bulundurulduğundan dolayı tasarımlar kısıtlanmaktadır. Eklemeli imalatın sağladığı tasarım özgürlüğü sayesinde tasarımcının hayal ettiği çoğu tasarım üretilebilir hale gelmektedir. Ayrıca literatürde Aktimur ve Gökpınar yaptıkları çalışmada; katmanlı imalat yöntemlerinin gelecekte önemli ölçüde kullanılacağı ve bu amaçla ciddi Ar-Ge çalışmalarını gerçekleştirdiği görülmektedir. Maliyet ve işçilik kazançlarından dolayı oldukça tercih edilebilecek bir yöntem olacaktır. Bu çalışmalar eklemeli imalat yönteminin geleceğin üretim yöntemi olduğunu kanıtlamaktadır.

- Üretilen simetrik paslanmaz çelik numunenin bir tarafına tasarım programında diş çekilmiş olup diğer tarafına ek işlem ile diş çekilmiştir. Tasarım programında M8x1diş çekilen tarafının yazıcıdan uygun ölçülerde üretilmediği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç SLM ile üretilen diş detaylarının tasarımda yer alan ölçülerle birebir uyuşmadığını ispat etmektedir.

- Programda çekilen diş detayı ve ek işlemle çekilmiş diş detaylarının montaj kabiliyeti kıyaslandığında ek işlem ile diş çekilen tarafın olumlu sonuçlandığı gözlemlenmiştir. Su armatürü parçaları birbirine bağlandığında su sızdırmaması için bağlantının başarılı olması oldukça önemlidir. Literatürde Dedeakayoğulları ve Kaçal' ın yaptığı çalışmada; bazı sektörlerde üretilen ve kullanılan parçalarda özellikle montaj ve kılavuz çekme amaçlı delik delme operasyonları önemli yer tuttuğu, bu durumda delik delme işlemlerinin fazlalığı prosesin iyileştirilmesi beklentisini arttırdığı sonucuna ulaşmıştır.

- Eklemeli imalat yöntemi ile üretilmiş olan gövdeye diş çekme işlemi dışında ek işlem uygulanmamıştır. Yazıcıdan çıkarılan gövdeye geleneksel üretim yöntemi kullanılarak üretilmiş gövdede kullanılan parçalar (perlatör, kartuş vb.) montajlanmıştır. Montaj sürecinde herhangi bir olumsuz durum ile karşılaşılmamıştır. Yapılan montaj sonrası 3 bar basınçta su geçirilmiş olup herhangi bir sızdırmazlık problemi ile karşılaşılmamıştır.

- Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının değerlendirilebilmesi için pirinç malzeme kullanılarak geleneksel yöntemlerle üretilmiş olan su armatürü gövdesi ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucunda paslanmaz çelik gövdenin geleneksel yöntemle üretilmiş pirinç gövdeye göre 5 µm daha düşük pürüzlülük değerinde olduğu görülmüştür. Bu değer aynı zamanda gövdenin yüzey kaplama işlemine olan kabiliyetini ifade etmektedir. Yüzeyin pürüzsüz olması kaplamanın daha pürüzsüz olmasını sağlamaktadır. Pürüzsüz yüzey de kaplamanın uzun yıllar boyunca atmamasını sağlamaktadır.

- Literatürde Çevik Z. A., Özsoy K., Erçetin A.' nın yaptıkları çalışmada yüzeylerde herhangi bir gözeneksi yapıya rastlanmadığından, paslanmaz çeliğinin eklemeli imalat yöntemiyle üretiminin uygun olduğu sonucu ile kendi çalışmamda üretilen gövdenin SEM görüntüsü/ yüzey pürüzlülüğü gibi parametrelerinin de eklemeli imalat yöntemiyle üretiminin uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç literatür ile uyumludur.

- İki farklı malzemeli gövdeye de akustik deneyi yapılmıştır. Deneyde aynı ortam şartları sağlanmasına rağmen paslanmaz çelik malzemeli (eklemeli imalat ile üretim) gövdenin akustik değeri pirinç malzemeli (geleneksel yöntem ile üretim) gövdeye göre 6,8 dB fazla çıkmıştır. Bu da aynı grupta yer almalarına rağmen pirinç gövdeye oranla daha gürültülü akış sağladığını göstermektedir.

- İki farklı üretim yöntemi ile üretilmiş (farklı hammaddeli) gövdelere debi testi yapılmıştır. Gövdelere, 8 farklı (0,5-5 bar aralığında) basınç değerinde ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda debi değerlerinin çok yakın olduğu görülmüştür. İki üründe de kullanılan çıkış ucu borusu, kartuş vb. akışı etkileyen parçaların aynı olması sebebiyle debilerde büyük bir fark görülmediği düşünülmektedir.

- Yapılan çalışmalar sonucunda eklemeli imalat ile üretilen paslanmaz çelik gövdenin tasarım özgürlüğü, boşluklu yapıların üretilebilirliği, yüzey pürüzlülüğü ve zaman tasarrufu yönleri ile avantajları görülmüştür. Buna ek olarak herhangi bir kalıp tasarım süresi ve maliyeti eklenmemiştir. Gün geçtikçe yaygınlaşan bu üretim yöntemi su armatürü sektöründe de avantaj sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

7. KAYNAK

Aktar Demirtaş, E., & ark. (2009). International Journal of Industrial Ergonomics, 39, 866–875.

Akgümüş Gök, D., & ark. (2023). Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13(3), 517-537.

Alsalla, H. H., Smith, C., & Hao, L. (2018). Effect of build orientation on the surface quality, microstructure and mechanical properties of selective laser melting 316L stainless steel. Rapid Prototyping Journal, 24(1), 9–17. https://doi.org/10.1108/RPJ-04-2016-0068

Aygül, E., Yalçınkay, S., & Şahin, Y. (2019). Biyomedikal uygulamalarda kullanılan Co-Cr-W ve Co-CrMo metal alaşımlarının eklemeli imalat yöntemi ile üretilmesi. Mühendislik ve Multidisipliner Yaklaşımlar, 30-41.

Agarwala, M., Bourell, D., Beaman, J., Marcus, H., & Barlow, J. (1995). Post-processing of selective laser sintered metal parts. Rapid Prototyping Journal, 1, 36-44.

Aktimur, B., & Gökpınar, E. S. (2015). Katmanlı üretimin havacılıktaki uygulamaları. Gazi Üniversitesi Fen Bilim Dergisi, 3, 463–49.

Yalçın, B., & Ergene, B. (2017). Endüstride yeni eğilim olan 3-B eklemeli imalat yöntemi ve metalurjisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 9, 65–88.

Bartolomeu, F., Buciumeanu, M., Pinto, E., Alves, N., Carvalho, O., Silva, F. S., & Miranda, G. (2017). 316L stainless steel mechanical and tribological behavior—A comparison between selective laser melting, hot pressing and conventional casting. Additive Manufacturing, 16, 81–89. https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.05.007

Bayyiğit, T. (2013). Sistematik yaklaşımıyla kolay montaj için tasarım (Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Türkiye).

Bekir, Y., & Varol, R. (2008). Ti-6Al-4V ve Ti-5Al–2.5Fe alaşımlarının toz metalürji yöntemiyle imalatı ve bazı mekanik özelliklerinin araştırılması. Politeknik Dergisi, 11(3).

Callister Jr., D. W. (2000). Materials Science and Engineering: An Introduction. Wiley.

Çevik, Z. A., Özsoy, K., & Erçetin, A. (2022). Metal eklemeli imalat ile üretilen 316L paslanmaz çeliğin mikro işlenmesinde kesme mesafesinin çapak genişliğine etkisi. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 6(2), 338-346.

Çelik, H. (2019). Hassas döküm yöntemiyle biyomedikal alanda kullanılan 316L paslanmaz çelik üretimi ve karakterizasyonu (Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye).

Dedeakayoğulları, T., & Kaçal, C. (2020). İmalat teknolojileri ve uygulamaları. İmalat Teknolojileri ve Uygulamaları, 1(1), 1-12.

Dilşad, A. G., & ark. (2023). Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13(3), 517-537.

Do, T., Kwon, P., & Shin, C. S. (2017). Process development toward full-density stainless steel parts with binder jetting printing. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 121, 50-60.

Duman, B., & Kayacan, M. C. (2017). Ar-ge amaçlı doğrudan metal lazer sinterleme (DMLS) tezgâhı işlem parametrelerinin araştırılması. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 9(3), 15-32.

Emmelman, C., Kranz, J., Herzog, D., & Wycisk, E. (2013). Laser additive manufacturing of metals. In V. Schmidt & M. R. Belegratis (Eds.), Laser Technology in Biomimetics (pp. 143-161). Springer.

Erener, Ş., & Boz, S. (2021). Modern üretim tekniklerinde eklemeli imalat sistemlerinin yeri ve kullanım alanları. TJFDM, 3(1), 47-56.

Erden, M. A., & ark. (2020). Toz metal 316L paslanmaz çeliğe hidroksiapatit ve Al2O3 ilavesinin sertlik ve mikroyapı özelliklerine etkisi. Çelik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 3(2), 23-32.

Guo, N., & Leu, M. C. (2013). Additive manufacturing: Technology, applications and research needs. Frontiers of Mechanical Engineering, 8, 215-243. https://doi.org/10.1007/s11465-013-0248-8

Hagedorn, Y. (2017). Laser additive manufacturing of ceramic components: Materials, processes, and mechanisms. In Laser Additive Manufacturing (pp. 163-180).

Hamaid, M. K. (2019). Seçici lazer ergitme yöntemiyle metal alaşımlarında mikro kanal üretiminin deneysel ve sayısal incelenmesi (Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Türkiye).

Kaya, S. (2019). Hassas döküm yöntemiyle biyomedikal alanda kullanılan 316L paslanmaz çelik üretimi ve karakterizasyonu (Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye).

Kaftan, W. S. (2023). Farklı ısıl işlem proseslerinin 316L paslanmaz çeliğin biyo ve mekanik özellikleri üzerine etkisi (Yüksek lisans tezi, Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Türkiye).

Kıran, K. (2011). Seçici lazer ergitme ile üretilmiş 316L paslanmaz çelik parçaların ince tornalama işlemleri (Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye).

Kruth, J. P., Leu, M. C., & Nakagawa, T. (1998). Progress in additive manufacturing and rapid prototyping. CIRP Annals, 47(2), 525-540. https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63240-5

Laohaprapanon, A., Jeamwatthanachai, P., Wongcumchang, M., Chantarapanich, N., Chantaweroad, S., Sitthiseripratip, K., & Wisutmethangoon, S. (2011). Optimal scanning condition of selective laser melting processing with stainless steel 316L powder. Advanced Materials Research, 341-342, 816-820.

Şahiner, M. F. (2024). SLE yöntemi ile üretilen eklemeli imalat parçalarının seri üretime uygunluğunun araştırılması (Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Türkiye).

Meiners, W. (2011). Selective Laser Melting – Additive Manufacturing for series production of the future. INTERMAT 2011 Luxembourg.

Michalik, J., Joyce, J., Barney, R., & McCune, G. (2015). 3D opportunity for product design: AM and the early stage.

Sofu, M. M. (2007). Hızlı direkt imalatta kullanılan seçici lazer sinterleme ve ergitme cihazının gövde tasarımı ve imalatı (Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü, Isparta).

Mohammadi, M., & Asgari, H. (2017). Achieving low surface roughness AlSi10Mg_200C parts using direct metal laser sintering. Additive Manufacturing, 23-32.

Nisanı, M. C. (2019). Batarya kalıplarında döküm-kalıp ısı transfer katsayısı hesaplanması ve yolluk tasarımı ile kalıp ısı dağılımının optimize edilmesi (Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Türkiye).

Norman, D. (2013). Gündelik şeylerin tasarımı (A. Şengel, Çev.). TÜBİTAK Yayınları.

Özsolak, O. (2019). Eklemeli imalat yöntemleri ve kullanılan malzemeler. International Journal of Innovative Engineering Applications, 1, 9–14.

Pasinli, A. (2004). Biyomedikal uygulamalarda kullanılan biyomalzemeler. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4, 25-34.

Röttger, A., Geenen, K., Windmann, M., Binner, F., & Theisen, W. (2016). Comparison of microstructure and mechanical properties of 316L austenitic steel processed by selective laser melting with hot-isostatic pressed and cast material. Materials Science and Engineering A, 678, 365–376.

Roozenburg, N. F. M., & Eekels, J. (1996). Product design: fundamentals and methods. John Wiley & Sons Ltd.

Sadeq, W. S. (2019). Seçici lazer ergitme (SLE) ile üretilen 316L/Tİ6AL4V tabakalı yapıların tribolojik özelliklerinin plazma oksidasyon ile iyileştirilmesi (Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Türkiye).

Sürmen, H. K. (2019). Eklemeli imalat (3B baskı): Teknolojiler ve uygulamalar. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24(2), 373-392. https://doi.org/10.17482/uumfd.519147

Sümen, H. K. (2019). Eklemeli imalat (3B baskı): Teknolojiler ve uygulamalar. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24(2), 373-392.

Tofail, S. A., Koumulos, E. P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'Donoghue, L., & Charitidis, C. (2018). Additive manufacturing: Scientific and technological challenges, market uptake, and opportunities. Materials Today, 21(1), 22-37.

Tumbleston, J. R., Shirvanyants, D., Ermoshkin, N., Janusziewicz, R., Johnson, A. R., Kelly, D., Chen, K., Pinschmidt, R., Rolland, J. P., Ermoshkin, A., Samulski, E. T., & DeSimone, J. M. (2015). Continuous liquid interface production of 3D objects. Science, 347(6228), 1349-1352.

Upcraft, S., and Fletcher, R. (2003). The rapid prototyping technologies. Assembly Automation, 23(4), 318-330.

Vranić, A., Bogojević, N., Ćirić-Kostić, S., Croccolo, D., & Olmi, G. (2017). Advantages and drawbacks of additive manufacturing. IMK-14 - Istrazivanje i Razvoj, 23(3), 57–62. https://doi.org/10.5937/imk1702057v

Yasin, K. (2024). Erik yığma modelleme (FDM) yöntemi ile üretilen tungsten bakır ve bronz takviyeli polilaktik asit (PLA) kompozitlerinin mekanik özelliklerinin deneysel ve istatistiksel araştırılması (Yüksek lisans tezi, Türkiye).

Yılmaz, D. (2016). Katmanlı imalat teknolojileri ve havacılık uygulamaları. STM Sektör Değerlendirme Raporu, 1-31.

Yusuf, A., et al. (2020). Tel Ark. Eklemeli imalat yöntemiyle paslanmaz çelik silindirik parçanın üretimi ve karakterizasyonu. Journal of Steel Research and Development, 4(2), 24-32.

Yasin, K. (2024). Erik yığma modelleme (FDM) yöntemi ile üretilen tungsten bakır ve bronz takviyeli polilaktik asit (PLA) kompozitlerinin mekanik özelliklerinin deneysel ve istatistiksel araştırılması (Yüksek lisans tezi, Türkiye).