

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON İMALAT BİLİM DALI**

**DUMAN FİLTRELEME SİSTEMİ TASARIMI İLE FARKLI TİP
MOTOR SEÇİMİ VE KANAT TASARIMINA GÖRE AKIŞIN
NUMERİK ANALİZİ**

Şükrü ŞENTÜRK

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDIN**



MANİSA-2019

**Şikrî
ŞENTÜRK**

**DUMAN FİLTRELEME SİSTEMİ TASARIMI İLE FARKLI TİP MOTOR
SEÇİMİ VE KANAT TASARIMINA GÖRE AKIŞIN NUMERİK ANALİZİ**

2019

TEZ ONAYI

Şükrü ŞENTÜRK tarafından hazırlanan " **DUMAN FİLTRELEME SİSTEMİ TASARIMI İLE FARKLI TİP MOTOR SEÇİMİ VE KANAT TASARIMINA GÖRE AKIŞIN NÜMERİK ANALİZİ** " adlı tez çalışması 20/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDIN**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Can ÇİVİ**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Berkant SELEK**

Ege Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Şükrü ŞENTÜRK



İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| İÇİNDEKİLER | I |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | III |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | IV |
| TABLO DİZİNİ | VI |
| TEŞEKKÜR | VII |
| ÖZET | VIII |
| ABSTRACT | IX |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER | 4 |
| 2.1 Kaynak Nedir? | 4 |
| 2.1.1 Kaynak Kronolojisi | 4 |
| 2.2 Kaynak Çeşitleri | 6 |
| 2.2.1. Örtülü Elektrod Ark Kaynağı | 6 |
| 2.2.2. Gazaltı Kaynağı | 7 |
| 2.2.3. Özlü Telle Ark Kaynağı | 9 |
| 2.2.4. TIG Kaynağı | 10 |
| 2.2.5. Tozaltı Kaynağı | 12 |
| 2.3. Kaynak Dumanı ve Zararları | 14 |
| 2.3.1 Kaynak Dumanının Yarattığı Sağlık Problemleri | 17 |
| 2.3.2 Kaynak Dumanı Yoğunluğu | 18 |
| 2.4. Asenkron Motorlar | 18 |
| 2.4.1 Asenkron Motorun Çalışma Prensibi | 20 |
| 3. LİTERATÜR TARAMASI | 21 |
| 4. TASARIM | 26 |
| 4.1 Filtreler | 28 |
| 4.1.1 Alev Tutucu Filtre | 28 |
| 4.1.2 Elyaf Filtre | 28 |
| 4.1.3 Ana Filtre | 29 |
| 4.1.4 Aktif Karbon Filtre | 30 |
| 4.2 Fan ve Salyangoz | 31 |
| 4.3 Kanat Yapısı | 32 |
| 5. MATERYAL VE YÖNTEMLER | 33 |
| 5.1 Üretim Yöntemleri | 33 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 5.1.1 Punch | 33 |
| 5.1.2 Abkant | 34 |
| 5.2. Analiz..... | 35 |
| 5.2.1 Geometri Tanımlamaları | 35 |
| 5.2.2 Analiz Adımları | 36 |
| 5.2.3 Analiz Sonuçları | 39 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 49 |
| KAYNAKLAR | 50 |
| ÖZGEÇMİŞ | 53 |



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| ALT | Alanin Aminotransferaz |
| AST | Aspartat Aminotransferaz |
| BaO | Baryum Oksit |
| CAD | Bilgisayar Destekli Tasarım |
| CFD | Dinamik Akış Hesaplama |
| CNC | Bilgisayar Destekli Kontrol |
| CO | Karbonmonoksit |
| CO ₂ | Karbondioksit |
| COCl ₂ | Fosgen |
| C ₂ H ₂ | Asetilen |
| EKG | Elektrokardiyografi |
| FeO | Demir Oksit |
| GFR | Glomerüler Filtrasyon Hızı |
| GGT | Karaciğer Fonksiyon Testi |
| HEPA | Yüksek Etkinlikte Partikül Yakalayıcı |
| H ₂ | Hidrojen Gazı |
| KOAH | Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı |
| NO | Azot Oksit |
| NO ₂ | Azot Dioksit |
| PPM | Milyonda bir birimi |
| PH ₃ | Fosfin |
| SFT | Solunum Fonksiyon Testi |
| TIG | Tungsten Inert Gas |
| ULPA | Ultra Yüksek Partikül Filtresi |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Şekil 1.1. Kaynak yönteminin gelişim çizelgesi | 1 |
| Şekil 1.2. Lokal aspirasyon örneği | 3 |
| Şekil 2.1. Elektrod ark kaynağı şematik gösterimi | 6 |
| Şekil 2.2. Gazaltı kaynağı yöntemi şematik gösterimi..... | 8 |
| Şekil 2.3. Gazaltı kaynağ komponentleri şematik gösterimi..... | 8 |
| Şekil 2.4. Özlü telle ark kaynağı yöntemi şematik gösterimi | 10 |
| Şekil 2.5. TIG kaynağı yöntemi şematik gösterimi | 11 |
| Şekil 2.6. Tozaltı kaynağı şematik gösterimi | 13 |
| Şekil 2.7. Asenkron motor çeşitleri, stator ve rotor görünümleri | 19 |
| Şekil 2.8. Asenkron motorun kesiti..... | 20 |
| Şekil 3.1. Lokal kaynak dumanı emiş örneği..... | 22 |
| Şekil 3.2. Ortalama CO değerleri..... | 23 |
| Şekil 4.1. Duman filtreleme sistemi trimetrik görünümü | 26 |
| Şekil 4.2. Duman filtreleme sistemi demontaj görünümü | 27 |
| Şekil 4.3. Alev tutucu filtre..... | 28 |
| Şekil 4.4. Elyaf filtre ve çekmecesini..... | 29 |
| Şekil 4.5. Ana filtre | 30 |
| Şekil 4.6. Aktif karbon filtre | 31 |
| Şekil 4.7. Fan-Salyangoz-Motor | 31 |
| Şekil 4.8. 5 ve 8 kanatlı fan tasarımları..... | 32 |
| Şekil 5.1. Punch şematik gösterimi | 33 |
| Şekil 5.2. Abkant şematik gösterimi | 34 |
| Şekil 5.3. Numerik analiz modeli..... | 35 |
| Şekil 5.4. Kanat yapısı | 36 |
| Şekil 5.5. Fan yapısı | 36 |
| Şekil 5.6. Mesh yapısı | 37 |
| Şekil 5.7. Viskoz model tanımlaması..... | 37 |
| Şekil 5.8. Materyal tanımı..... | 38 |
| Şekil 5.9. Motor devrinin tanımlanması..... | 38 |
| Şekil 5.10. Akış sınır koşullar | 39 |
| Şekil 5.11. Analiz çözümü | 39 |
| Şekil 5.12. 1.Analizin hız sonucu..... | 40 |
| Şekil 5.13. 2.Analizin hız sonucu..... | 40 |
| Şekil 5.14. 3.Analizin hız sonucu..... | 41 |
| Şekil 5.15. 4.Analizin hız sonucu..... | 42 |
| Şekil 5.16. 5.Analizin hız sonucu..... | 42 |
| Şekil 5.17. 6.Analizin hız sonucu..... | 43 |
| Şekil 5.18. 7.Analizin hız sonucu..... | 44 |
| Şekil 5.19. 8.Analizin hız sonucu..... | 44 |
| Şekil 5.20. 9.Analizin hız sonucu..... | 45 |
| Şekil 5.21. 10.Analizin hız sonucu..... | 46 |

| | |
|---|----|
| Şekil 5.22. 11.Analizin hız sonucu..... | 46 |
| Şekil 5.23. 12.Analizin hız sonucu..... | 47 |
| Şekil 5.24. 13.Analizin hız sonucu..... | 48 |



TABLO DİZİNİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Tablo 2.1. Kaynak çeşitleri | 4 |
| Tablo 2.2. Gazların özellikleri ve insan sağlığına etkileri | 16 |
| Tablo 2.3. Dumanların özellikleri ve insan sağlığına etkileri | 17 |
| Tablo 3.1. Ortamdaki zararlılar ve etkileri..... | 24 |
| Tablo 3.2. Kaynak yöntemine bağlı,kaynak dumanı içerisindeki ağır metal oranları | 25 |
| Tablo 5.1. Analiz parametre tablosu | 35 |
| Tablo 6.1. Analiz sonuçları | 49 |



TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her aőamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDIN'a, yüksek lisans eğitimim sırasında teknik destek veren mühendis arkadaşlarım Zeki BAŐAKAR ve Arif KAYAPUNAR'a, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.

Şükrü ŞENTÜRK
Manisa, 2019



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DUMAN FİLTRELEME SİSTEMİ TASARIMI İLE FARKLI TİP MOTOR SEÇİMİ VE KANAT TASARIMINA GÖRE AKIŞIN NÜMERİK ANALİZİ

Şükrü ŞENTÜRK

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim AYDIN

Kaynak; karşılaşılan problemlere, günümüz teknolojisiyle pratik cevap verebilen ve sürekli gelişime açık olmasından dolayı en çok tercih edilen imalat yöntemlerinden biri olmuştur. Bu yöntemin tercih edilme sebeplerinin başında ekonomik olması ve sarf malzemelerinin kolay bulunabilir olması gelmektedir. Ancak bu avantajlarının yanı sıra kaynakçının sağlığını etkileyecek dezavantajları da bulunmaktadır. Kaynaktan yayılan kızılötesi ışınlar, kıvılcımlar, erimiş metal sıçraması, kaynak dumanı ve kaynak çeşitlerine göre değişkenlik gösteren zararlı gazlar gibi pek çok risk faktörünü taşımaktadır. Bu çalışmada, kaynak dumanını lokal olarak yerinde bertaraf eden kaynak dumanı filtreleme sistemi tasarlanmış ve kaynak yapılan ortamda lokal olarak emiş sağlayan bu cihaz hem kaynakçının sağlığını hem de iş ortamını güvenli hale getirmeye yönelik bir koruma sistemi oluşturulmuştur. Sistem içerisindeki alev tutucu filtre, elyaf filtre, ana filtre ve karbon filtre ile kaynak dumanı filtrelenerek, zararlarından ayrıştırılmış ve ortama temiz hava desteği sağlanmıştır.

Çalışmanın konstrüksiyon yapısı SOLIDWORKS (CAD) programı ile tasarlanmıştır. Nümerik analizi ise ANSYS Fluent programı ile 2 boyutlu olarak modellenmiştir. Tasarımda yer alan pervanenin kanat sayısı 5 ve 8 olarak iki tip modellenmiş olup, 3 farklı açıda (40°, 50°, 60°) montajlanarak analizleri yapılmıştır. Farklı tipte motor devirleri ile konstrüksiyona uygun en optimal kanat yapısı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Duman Filtreleme Sistemleri, Kaynak Dumanı, İSG, Fan, Kanat, CFD.

2019, 53 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE NUMERICAL ANALYSIS OF SYSTEM FLOW BASED ON DIFFERENT TYPES OF MOTOR SELECTION AND WING DESIGN WITH THE HELP OF FUME FILTRATION SYSTEM DESIGN

Şükrü ŞENTÜRK

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. İbrahim AYDIN

Welding is one of the most preferred manufacturing methods because of being open to continuous development and responding the problems encountered with today's technology. The reason why this method is commonly preferred is that it is quite economical and the consumables are easily obtainable. Besides these advantages, there are several disadvantages that affect the health of the welder. The main health risks result from spreading infrared rays, sparks, molten metal splashes, welding fume and harmful gases during the welding time. In this study, a welding fume filtration system will be designed that eliminates the fume locally. This system which provides local suction in the welding environment is a protection system for making the welder healthier and keeping the work environment safer. The welding fume will be filtered by the flame arrestor, fiber and carbon filter in the system. With the help of this system, the weld will be filtered from its harmful particles and fresh air is provided to the working environment.

The construction structure of the study was designed with SOLIDWORKS (CAD) program. Numerical analysis was modeled in 2D by using ANSYS Fluent Program. The propeller was designed as a 5 and 8 wings and assembled in 3 different angles (40°, 50°, 60°). Its analysis was done according to these criteria. With the different motor speeds, the most optimal wing structure was found suitable for the construction.

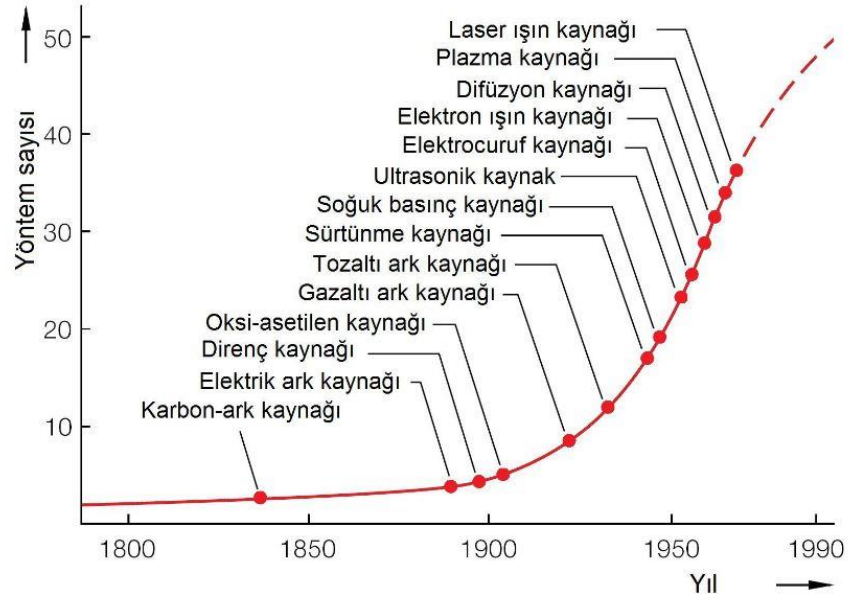
Keywords: Fume Filtration Systems, Welding Fume, Fan, Occupational Health and Safety, Wing, CFD.

2019, 53 page

1. GİRİŞ

Kaynak teknolojisi günümüzün vazgeçilmez üretim yöntemlerinden biridir. Kaynağın tarihçesi M.Ö. 4000 yılına kadar uzanmaktadır. Yaklaşık 6000 yıllık geçmişi olan kaynağın, Sümerler tarafından ilk kez altını altın ile birleştirerek temelini oluşturmuştur. Kaynak ile ilk başlarda birbiri ile aynı malzemeler birleştirilirken, günümüzde pek çok malzemenin kaynak edilebilirliği sayesinde birleştirilme işlemi gerçekleşmektedir. Kaynağın bugünkü halini almasının en önemli sebebi, kaynak uygulayıcılarının teknolojinin gelişmesine ayak uydurması, yeni birleştirme yöntemlerinin bulunması, yeni bulunan malzemelerin kaynağa uyarlanması ve karşılaştıkları problemleri pratik hale dökmesi sayesinde günümüze ulaşmıştır.

Kaynak teknolojisinin gelişmesi ve uygulanabilir kaynak yöntemlerinin çok çeşitliliği sayesinde bugün pek çok sektöre girdi sağlamaktadır. Özellikle otomotiv, inşaat, altyapı, üretim, ulaştırma, gemi inşası, enerji sektörüne hizmet etmektedir. Bu denli geniş yelpazesi olan kaynak sektörünün ihtiyaçları doğrultusunda gelişmeye halen devam etmesi kaçınılmazdır. Günümüzde artık otomasyon sayesinde kaynak robotları üretilmekte ve geliştirilmektedir.



Şekil 1.1 Kaynak yönteminin gelişim çizelgesi

Kaynağın avantajlarının yanı sıra getirdiği bir takım dezavantajları da vardır.

Bunlar;

- Elektrik çarpmaları
- Elektromanyetik alan oluşumu
- Radyoaktif ışınlar
- Yangın ve patlama riski
- Kaynak gazının ve dumanının solunuma zararları
- Sıcak yüzeyler ile temas
- Kaynak işinde kullanılan gazlardan kaynaklı tehlikeler
- Ergonomik zorlanmalara
- Gürültü oluşumu
- Kapalı ortamdaki çalışmalar [1].

Bilindiği üzere kaynak metallerin ergitilmesi ile yapıldığı için çeşitli gazlar ortaya çıkmaktadır. Yüksek sıcaklıktaki kaynak buharı, elektron atomu çarpışması ve arktan gelen ultra viyole ışınımı yoluyla iyonize olur ve ortama yayılır [2]. Kaynak yöntemi çok kullanılan bir yöntem olmasının yanı sıra, kaynak dumanı olarak adlandırılan havaya yayılan toksik parçacıkların oluşumu gibi zararları vardır [3]. Bu gazlar kaynak yapan kişiye ciddi ölçüde zarar vermektedir. Sadece gazlar değil aynı zamanda kaynak ark ısısı ile çeşitli zararlı maddelerde oluşmaktadır. Bu oluşumlar malzeme üzerindeki metalik kaplamalar, boyalar, yüzey koruyucular, yağ, toz gibi kirliliklerin etkisi ile de oluşmaktadır. Kaynağı yapan kişi zararlı duman, gaz ve oluşumları teneffüs etmesi durumunda sağlığı açısından zarar görmektedir. Mide bulantısı, baş ağrısı, baş dönmesi, metal dumanı ateşi denilen hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Solunum hastalıkları ve kansere neden olan krom, manganez, nikel gibi ağır metaller içerir [4]. Dünya çapında milyonlarca işçi günlük olarak kaynak aerosollerine maruz kalmaktadır [5].

Kaynak gazlarından ve dumanından korunmanın en etkili yolu lokal olarak emiş sağlayan aspirasyon sistemleridir. Bu sistemler sayesinde kaynak esnasında oluşan gazların ve dumanın kaynakçının solunum seviyesinin altında tutularak ortamdan uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Seri imalat söz konusu ise etrafta diğer çalışanların da zarar görmesini engellemek için merkezi emiş sistemleri veya kaynak kabinleri tasarlanmalıdır.



Şekil 1.2 Lokal aspirasyon örneği

Lokal emiş sistemlerinin çalışma şekline bağlı olarak çalışma ortamına uygun olmaması durumunda kaynakçı üzerinde çeşitli önlem alınmalıdır. Kaynak esnasında etrafa dağılan gaz ve dumanın solunmasını önleyecek şekilde tasarlanmış dış yüzeyi alev almayan TS EN 149 standardına sahip FFP2 kaynak maskesi kullanılmadığıdır. Kaynak ile çalışan kişinin korunmasında öncelik sıralaması yapıldığında kaynağında, ortamda ve kişide olarak sıralanmalıdır [1].

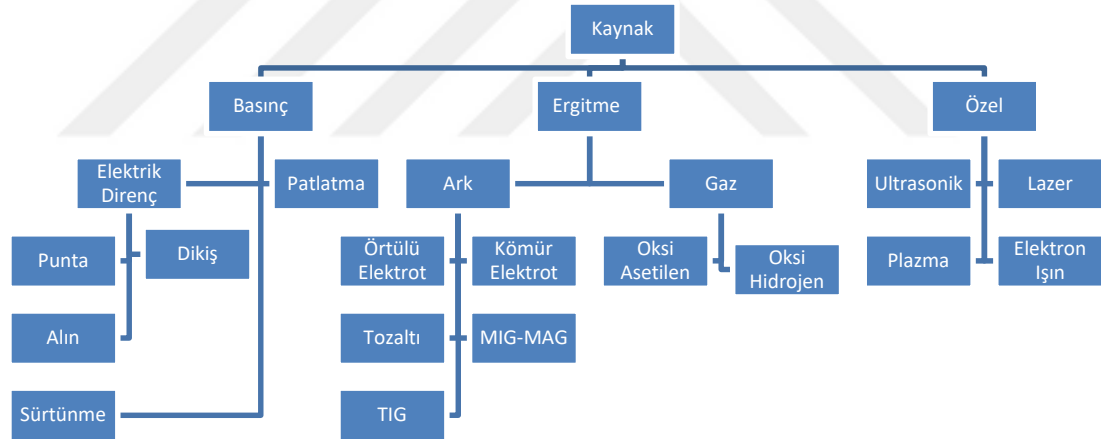
Bu çalışma içerisinde duman filtreleme sistemi tasarımı yapılması ve kaynak sektörü içerisinde iş sağlığı ve güvenliği kültürünün arttırılması hedeflenmiştir. Bu sistemin içerisinde yer alan fan için birden fazla tasarım yapılmıştır ve bu tasarımların numerik analizleri yapılarak en verimli fana karar verilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Kaynak Nedir?

Kaynak, malzemelerin ısı, basınç veya her ikisini de kullanarak birbiri ile birleştirmek için kullanılan bir imalat yöntemidir. Bu yöntem genellikle birbiri ile aynı veya benzer nitelik taşıyan alaşımlı malzemelerin, erime sıcaklıkları birbirine yakın metal ve termoplastiklerin birleştirilmesinde tercih edilir. Parçalar eritilerek, basınç altında veya her ikisi birden uygulanarak işlem yapılabilmektedir.

Kaynak işlemi esnasında, kaynak parçasının kaynak yapılan alanı ısıya maruz bırakılarak erimesi sağlanır (5000°C) [6] ya da yüksek basınç altında bırakılır, gerek dolgulu (kaynak elektrodu, teli vb.) gerekse dolgusuz olarak birleşme sağlanır. Parçaların birleştirilecek kısımları uygulanan ısı ve/veya basınç etkisiyle birbirine karışır.



Tablo 2.1 Kaynak çeşitleri

2.1.1 Kaynak Kronolojisi

- 1880-1885 yılları arasında karbon-ark kaynağı yöntemi Amerika'da Coffin ve Rusya'da Bernardo tarafından keşfediliyor.
- 1890-1892 yılları arasında çıplak telli metal-ark kaynağı yöntemi Amerika'da Coffin ve Rusya'da Slavianoff tarafından kullanılıyor.
- 1903 yılında oksii-asetilen kaynağı yöntemi ilk kez Avrupa'da icat edilip kullanılıyor.

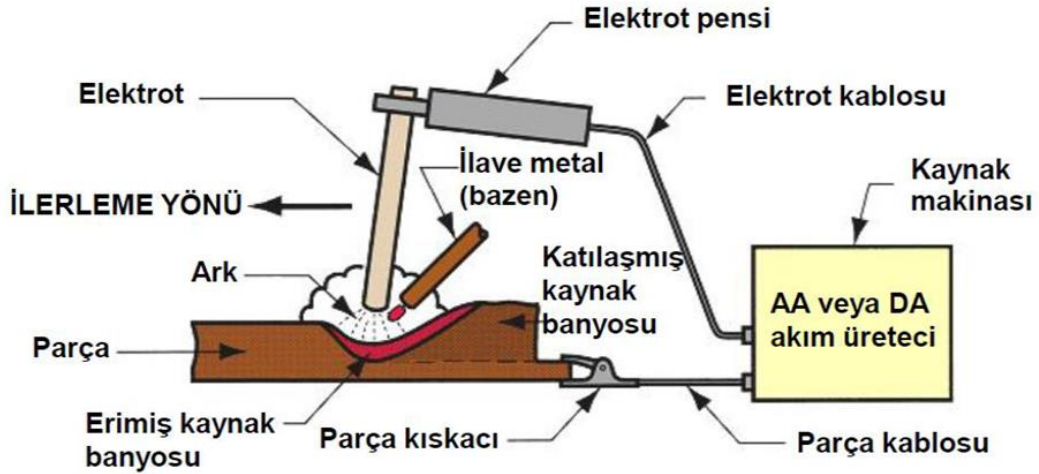
- 1907’de Kjellberg tarafından ilk kez örtülü elektrod İsveç’te bulunuyor.
- 1911’de otomatik alev kesme makinası Amerika’ya giriş yapıyor ve kaynak teknolojisinde otomatikleşmesinin başlangıcı bu tarihe dayanıyor.
- 1918 Amerika’da A.O. Smith, sodyum silikat ile kaplanmış kağıdı çelik bir telin etrafına sararak selülozik elektrod oluşturuyor. Selülozik elektrod, savaş sebebiyle ulaşılamayan asbest sarılı İngiliz yarım ark elektrodun yerini ikame ettiriliyor.
- 1920’de tamamen kaynaklı konstrüksiyona sahip “Fullager” isimli gemi ilk kez Birkenhead’de denize indiriliyor.
- 1922’de direnç dikişi kaynağı yöntemiyle Amerika’da ilk kez boru kaynatılıyor.
- 1925’te Amerika’da A.O. Smith dış çeperi kalın cidarlı olan tamamen kaynaklı basınç kabı üretti. Bu kap kullanılmadan önce bir petrol tesisinde kontrol edildi.
- 1926 yılında A.O. Smith ekstrüzyonla kaplama yöntemiyle metal ark elektrodu oluşturdu.
- 1938’de Almanlar, savaş gemilerine geniş ölçüde kaynak uyguluyor.
- 1940 Kaynaklı “Liberty” tipi gemilerin inşasına başlanıyor. İki yıl son bu tip gemilerin kaynaklı kısımlarında gevrek kırılma sorunu yaşanıyor.
- 1941 ilk kez Amerika’nın uçak sanayisinde tungsten inert gas (TIG) uygulaması gerçekleştiriliyor.
- 1942 İsveç’te ilk kez tamamı kaynak yöntemi ile oluşturulan denizaltı üretiliyor.
- 1943 Demir tozlu yüksek verimli elektod ilk kez Hollanda’da “Philips” tarafından oluşturuluyor.
- 1948 Metal inert gas (MIG) kaynağı ilk kez Amerika’da “Air Reduction” firması tarafından bulunuyor.
- 1954 yılında 45 tonluk “Morag Mohr” adlı yat, alüminyum ve magnezyum alaşımlarıyla tamamiyle metal ark kaynak yöntemiyle “Saunders Roe ve British Aluminium” tarafından üretiliyor.
- 1960-1970 Patlatmalı kaynak, plazma kaynağı, lazer ışın kaynağı, elektrocuruf kaynaklarının bulunması
- 1970-1980 Kaynak akım üreteçlerinin gelişimi
- 1980-1990 Kaynak robotlarının üretilmesi
- 1990-2000 Sürtünme-karıştırma kaynağının üretilmesi [7,8].

2.2 Kaynak Çeşitleri

2.2.1. Örtülü Elektrod Ark Kaynağı

Örtülü elektrod ark kaynağı yöntemi, kaynak yapılması için gerekli olan ısı girdisinin oluşması için, üzeri örtü ile kaplanmış olan tükenebilen bir elektrod ile kaynak yapılacak olan iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıkar. Bu kaynak yöntemi elle yapılabilmektedir. Elektrodun üzerinde örtü tabakasının yanması ve ayrışması ile ortaya çıkan gazlar, atmosferin zararlı etkilerini absorbe ederek, kaynak banyosunu, elektrodun uç kısmını, iş parçasını ve kaynak arkını korur. Kaynak banyosundaki ergimiş metal, örtü tabakasının oluşturduğu cüruf sayesinde ek bir koruma sağlanmış olur. Tükenen elektrodun çekirdek kısmındaki tel ve bazı tip elektrotların üzerindeki örtünün içerisinde yer alan metal tozları sayesinde, kaynak bölgesine ilave metal sağlanır.

Örtülü elektrod ark kaynağı yöntemi uygulaması kolay, düşük maliyetli ve çeşitli avantajları sayesinde metallerin birleştirilmesinde en çok tercih edilen kaynak yöntemidir [9].



Şekil 2.1 Elektrod ark kaynağı şematik gösterim

Avantajları

- Elektrodun ulaşabildiği her alanda ve pozisyonda kaynak yapmak avatajı sağlar.
- Örtülü elektrod ark kaynağı yöntemi açık ve kapalı alanlarda uygulanabilir.

- Diğer kaynak yöntemleri ile ulaşılması güç ve sınırlı noktalarda kaynak yapmayı mümkün kılar.
- Kaynak makinesinin üzerindeki güç kaynağı uçları uzatılabildiği takdirde uzak mesafelerde kaynak yapma avantajı sağlar.
- Kaynak ekipmanları kolaylıkla taşınabilir ve hafiftir.
- Pek çok malzemenin mekanik ve kimyasal özelliklerini karşılayacak örtülü elektrod tipi bulunur. Bu sebeple kaynaklı birleştirmeler de ana malzemenin sahip olduğu özelliklere kaynak yapılan elektrod ile taşıyabilir.

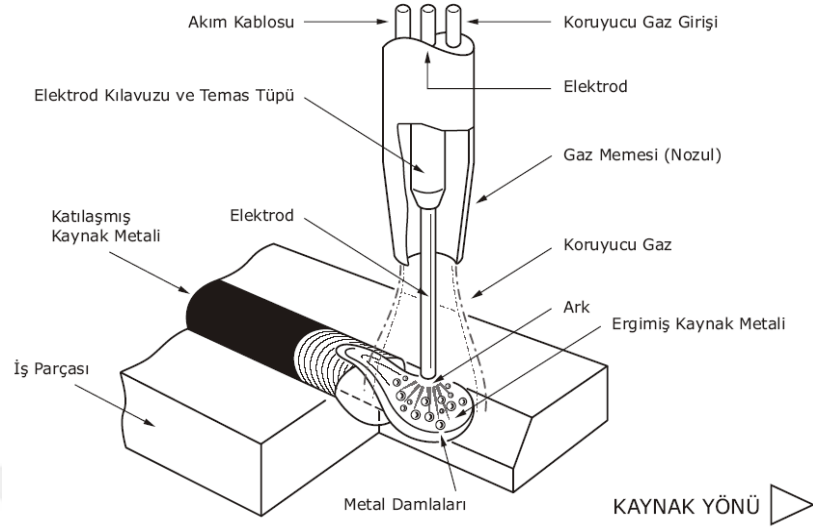
Dezavantajları

- Örtülü elektrod ark kaynağı yöntemi diğer ark kaynağı yöntemleriyle karşılaştırıldığında, verimliliği ve metalin yığılma hızı düşük kalmaktadır.
- Elektrodlar sınırlı boylarda kesik çubuklar halindedir. Bu sebeple her elektrod bittiğinde kaynağı durdurup yeni elektrod takılması gerekir.
- Kaynak metali üzerinde biriken cürufu, her kaynak pasosu sonunda temizlemek gerekmektedir [9].
- Yapılan çalışmalara göre ark kaynağı küresel ısınmaya olumsuz etki teşkil etmektedir [10].

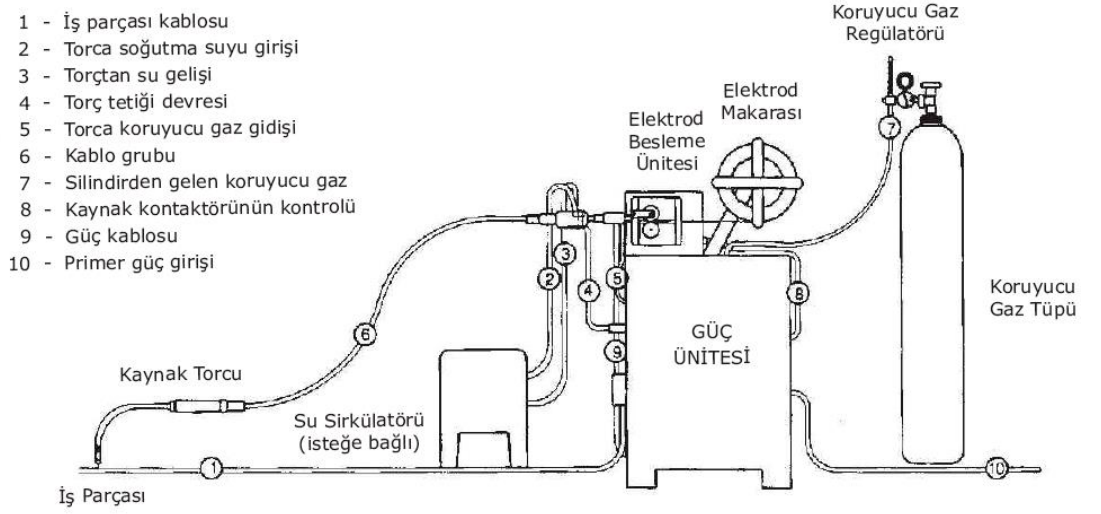
2.2.2. Gazaltı Kaynağı

Gazaltı kaynağı yöntemi için gerekli olan ısı girdisinin, tükenebilen bir elektrod yardımıyla kaynak yapılacak olan iş parçası arasında oluşturulan ark sayesinde ortaya çıkan bir ark kaynağı yöntemidir. Masif haldeki tel elektrod ergiyerek tükenir ve kaynak metalinin oluşmasını sağlar. Tel elektrod sürekli olarak kaynak bölgesine torç yardımıyla beslenir. Kaynak makinesine bağlı olan gazlar veya karışım gazlar, kaynak torcu yardımıyla kaynak bölgesine iletilir ve kaynak banyosu, elektrod, ark ve kaynak yapılan iş parçasını atmosferin zararlı etkilerinden korur. Gazlar ve karışım gazlar kaynak bölgesini tam olarak korumalıdır. Aksi halde kaynak bölgesine giren hava girişleri kaynak metali üzerinde çeşitli hatalara sebep olur [9,11]. Gazaltı kaynağı yönteminde ark kaynağı akımı, ark gerilimi, kaynak hızı, torç açısı, serbest tel uzunluğu, gaz akış hızı gibi parametreler uygunsa kaynak verimliliği için mükemmel bir sonuç elde edilir [12]. Gaz altı kaynağı yöntemi sektör

içerisinde MIG kaynağı olarak ta bilinmektedir. Ancak bu kaynak yönteminde kullanılan bütün gazlar inert olmadığından bu tabir yanlıştır [13].



Şekil 2.2 Gazaltı kaynağı yöntemi şematik gösterimi [14]



Şekil 2.3 Gazaltı kaynağı komponentleri şematik gösterimi [14]

Gaz altı kaynağında, kaynak dumanı ark bölgesindeki buhar ve koruyucu gaz karışımından meydana gelen heterojen iyon kaynaklı çekirdekleşme ile oluşur [15].

Avantajları

- Elektrod ark kaynağı ile karşılaştırıldığında, gaz altı kaynağı daha hızlı bir kaynak yöntemidir.

- Elektrod teli sürekli makine ile sağlandığından dolayı elektrod değiştirmek zorunda kalınmaz ve bu da kesintisiz kaynak yapma imkanı sağlar.
- Örtülü elektordlu ark kaynağı yönteminde oluşan cüruf bu yöntemde oluşmaz ve temizlemeye gerek yoktur. Bu sayede daha kaliteli kaynak dikişleri oluşur.
- Bu kaynak yöntemi ile oluşan kaynak metali düşük miktarda hidrojen miktarına sahiptir. Bu sebeple sertleşme niteliğine sahip çelikler için önem arz eder.
- Derin nüfuziyet sağlanabilen bir kaynak yöntemidir. Bu sebeple küçük köşe kaynakları yapılmasına müsaade eder. Örtülü elektrod kaynağı ile karşılaştırıldığında düzgün bir kök nüfuziyeti sağlanır.
- İnce malzemelerin kaynağında genellikle tungsten kaynağı yöntemi kullanılsa da, örtülü elektrod kaynağı ile karşılaştırıldığında ince malzemelerin kaynağı gazlatı kaynak yönteminde daha iyi sonuçlar almamızı sağlar.
- Tam otomatik ve yarı otomatik kaynak makinalarında kullanılması uygun bir kaynak yöntemidir.

Dezavantajları

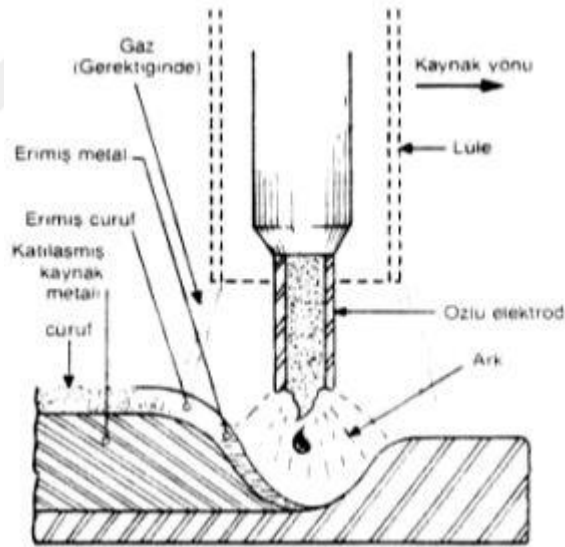
- Örtülü elektrod kaynağı ile karşılaştırıldığında daha kaynak ekipmanları daha pahalı, daha komplike ve taşıma bakımından daha zordur.
- Makineden sürekli tel elektrod beslendiği için, elektrod ark kaynağı gibi uzun mesafelerde kaynak yapma imkanı vermez. Kaynak torcu makineye yakın olmak zorundadır.
- Kaynak metalinin soğumasına yardım eden bir cüruf tabakası oluşmadığı için sertleşme niteliği taşıyan çeliklerde kaynak birleştirmelerinde metal çatlama eğilimi vardır.
- Gazaltı kaynağı yönteminde, kaynak bölgesi gazla korunduğu için açık alanlarda yapılmasına elverişli değildir. Açık havalarda yapılacak kaynaklar için ek bir koruma yöntemi geliştirilmelidir [9].

2.2.3. Özlü Telle Ark Kaynağı

Özlü telle ark kaynağı yöntemi için gerekli olan ısı girdisinin, tükenebilen bir özlü elektrod yardımıyla kaynak yapılan iş parçası arasında oluşan ark sayesinde oluşan bir kaynak arkı yöntemidir. Gazaltı kaynak yöntemi gibi dıştan beslenen

koruma gazı veya karışım gazlarına ilaveten özlü telin içeriğinde yer alan öz maddesinin ergimesi ve ayrışması ile ark ve kaynak bölgesinde koruma sağlanır. Örtülü elektrod ark kaynağı yöntemi ile karşılaştırıldığında kendinden korumalı olarak benzerlik gösterir. Örtülü elektrodta örtü malzemesi, özlü telde örtü maddesi koruma gösterir. Örtülü elektrodlarda örtü maddesi düz çubuklar şeklinde olup, boyları kısadır. Özlü tellerde ise öz kısmı boru şeklinde olan telin içinde gizlidir ve makaralara sarılı haldedir. Bu yüzden sürekli kaynak bölgesine beslenir ve kaynak sürekliliği devam eder. Özlü telle ark kaynağı yöntemi hem otomatik hem de yarı otomatik makinelerinde kullanılabilir.

Özlü telle ark kaynağı yönteminde, tıpkı örtülü elektrod kaynağı yönteminde olduğu gibi cüruf tabakası oluşur ve temizlenmesi gerekmektedir. Ancak bu cüruf tabakası daha ince bir yapıya sahiptir. Ancak gelişen teknoloji sayesinde artık cüruf oluşturmeyen özlü tel elektrodlarıda üretilmektedir [9,16,17].

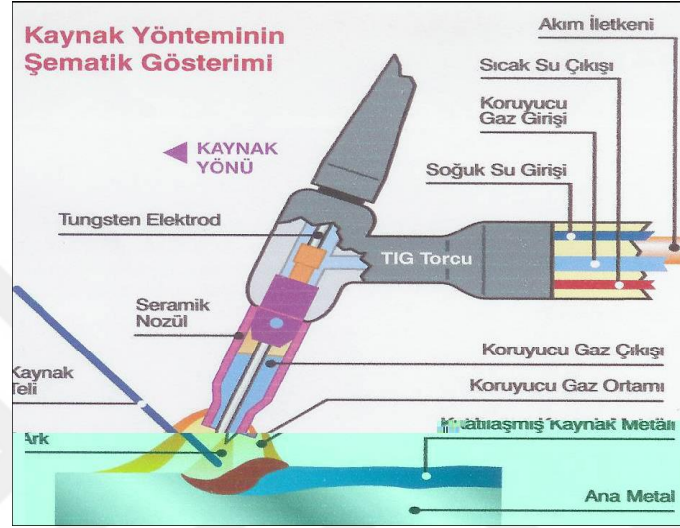


Şekil 2.4 Özlü telle ark kaynağı yöntemi şematik gösterimi

2.2.4. TIG Kaynağı

Tungsten inert gas (TIG) kaynağı yönteminde, kaynak yapılması için gerekli olan ısı girdisi, tungsten elektrod (tükenmeyen bir elektrod) ile kaynak yapılacak olan iş parçası arasında oluşturulan ark ile yapılan bir kaynak ark yöntemidir. Kaynak torcunda bulunan kaynak gaz çıkış noktasına beslenen gaz veya karışım gazlar sayesinde kaynak bölgesi, elektrod, iş parçası ve kaynak arkı korunur. Gaz

bölgesinin diğer gaz kullanılan kaynak yöntemlerinde olduğu gibi korunması gerekir. Hava girişi olmamalı ve kaynak metalinde hatalara sebebiyet verilmemelidir. TIG kaynağı ilk olarak titanyum alaşımlarından uygulanmış olup, en fazla ostenitik paslanmaz çelik, magnezyum ve titanyum alaşımlarından uygulanmıştır [18,19,20]. TIG kaynağının %80'inde koruyucu gaz olarak argon kullanıldığında sektör içerisinde "argon ark kaynağı" olarak ta bilinmektedir [21] .



Şekil 2.5 TIG kaynağı yöntemi şematik gösterimi [14]

Avantajları

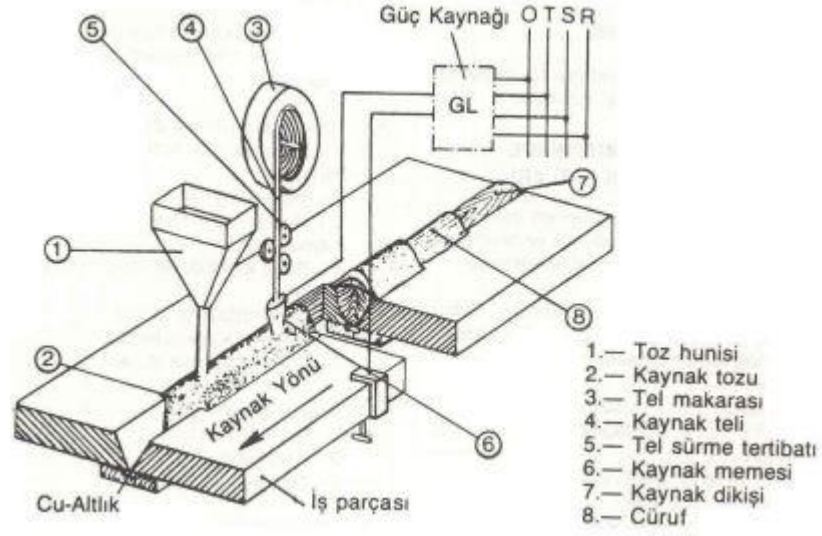
- TIG kaynağında tükenmeyen tungsten elektrod olduğu için kaynak sürekliliği vardır. Punto kaynağı, aralıklarla kaynak yapmak ve düzgün kaynak dikişi oluşturmak için uygulanan bir kaynak yöntemidir.
- TIG kaynağındaki elektrod tükenmediği için ısı girdisiyle metal ergitilir beya ilave metal kullanılır.
- İnce malzemelerin kaynağında en çok tercih edilen kaynak yöntemidir
- Her pozisyonda kaynak yapmaya uygundur.
- Kaynaklar gözeneksizdir ve kök paso uygulamalarında yüksek nüfuziyet söz konusudur.
- Kaynak bölgesindeki ısı girdisi yoğun olduğu için kaynak parçalarında deformasyon oranı düşüktür.
- Verimli kaynak dikişi sağlanır ve temizlemeye gerek yoktur.

Dezavantajları

- Kalın kesitli malzemelerin kaynağının yapılması için ekonomik bir yöntem değildir.
- Diğer ark kaynak yöntemleri ile karşılaştırıldığında metal yığıma hızı düşüktür [9].

2.2.5. Tozaltı Kaynağı

Tozaltı kaynağı yönteminde, kaynak yapılması için gerekli olan ısı girdisi, tükenebilen elektrod yardımıyla oluşturulan arkla yapılan bir kaynak ark yöntemidir. Kaynak dikişi, kaynak yapılan metal ve kaynak bölgesi, kaynak tozu ile korunmaktadır. Tozaltı kaynak yönteminde elektrik arkta ve erimiş olan metal ve cüruftan oluşan kaynak banyosundan geçer. Kaynak tozu ve ana metal eritilerek kaynak ağızı doldurularak kaynak banyosu oluşumu sağlanır. Kaynak tozu kaynak bölgesinde koruyucu rol oynar ve kaynak bölgesini absorbe ederek deokside oluşumunu engeller. Kaynak yapılacak olan iş parçası alaşımlı çelikler ise kaynak tozu o alaşımlara göre seçilir çünkü kaynak metalinin kimyasal yapısını dengeleyici rol oynar. Otomatik bir kaynak yöntemidir. Günümüzde çoğunlukla boru kaynatılmasında tercih edilir [22]. Kaynak yapılan bölgeye bazı uygulamalarda birden fazla kaynak elektrodu dırülebilir. Birden fazla kullanılan elektrod uygulamalarında elektrodlar yan yana sürülebilir buna “twin arc” denir. Bazı uygulamalarda ise kaynak elektrodları birbirinden bağımsız olarak katlaşmasını sağlayacak uzaklıkta arka arkaya sürülebilir. Bu da yüksek kaynak hızı ve yüksek metal yığıma hızına ulaşmasını sağlar.



Şekil 2.6 Tozaltı kaynağı şematik gösterim [23]

Avantajları

- Yüksek kaynak hızına sahiptir.
- Yüksek metal yığıma hızına sahiptir.
- Düz ve silindirik parçaların kaynağı yapılabilir.
- Her kalınlıktaki boruların kaynağında uygulanabilir.
- Yüksek mekanik dayanımlara sahip ve hata oranı düşük kaynak dikişleri oluşturulabilir.
- Kaynak sırasında sıçrama olmaz.
- Kaynak esnasında ark ışınları toz ile örtülü olduğundan görülmez. Bu da kaynak operatörü için daha az korumaya olanak sağlar.
- Kaynak ağzı açılına kaynak yapmaya olanak verir.
- Açık ve kapalı ortamlarda kaynak yapmaya izin verir.

Dezavantajları

- Bu yöntemde kullanılan tozlarda nem alabilir. Bu sebeple kaynak gözenekli oluşabilir.
- Kaynak yapılacak metalin yüzeyi temiz ve düz olmalıdır. Kaynak metali üzerindeki yağ, kir ve paslar temizlenmelidir.
- Kaynak dikişi üzerinde cüruf oluşur ve bunun temizlenmesi gerekir.
- 5 mm'den ince malzemelerin kaynağını yapılırken yanma meydana gelebilir. Bu yüzden ince iş parçaları için uygun değildir [9].

2.3. Kaynak Dumanı ve Zararları

Kaynakçılık, iş güvenliği ve işçi sağlığı konusunda birçok problemle karşılaşılabilen bir meslek dalıdır. Kaynak yapılışı esnasında oluşabilecek olan toz duman, toz ve gazlar gerekli görülen iş güvenliği önlemleri alınmadığı takdirde vücudun birçok bölgesinde problemlere, hastalıklara, kısa ve uzun vadede ciddi hasarlara sebep olabilmektedir. Bu sebepten ötürü işin güvenliği, işçi sağlığı ve gerekli olan emniyet koşullarının sağlanması için çeşitli standartların ve yönetmeliklerin yürütülmesi gereklidir. Günümüzde birçok işletmede gerekli iş sağlığı ve güvenliği kültürü oluşturulamadığından ve bu durumun kurallara dayalı olarak cezai işlemler ile giderilmesine çalışılsa da pek başarılı olunamamaktadır.

Tüm kaynaklı imalat yöntemlerinde yangın, yanık, radyasyon gibi tehlikeleri ile birlikte metal dumanlarının ve diğer kimyasalların solunması riski vardır. Kullanılan kaynak yöntemine göre farklılık gösteren riskler bulunmaktadır. Gerekli güvenlik önlemleri alınmadığı takdirde kaynak yapan işçi ile beraber çevresindeki çalışanlarda zarar görebilmektedir. Çalışanların sağlıklarını yitirmesi hem işletme için hem de çalışan için nakit ve zaman kaybı anlamına gelir. Bunun yanı sıra işyerinde gerekli güvenlik önlemleri alınmaması durumunda çalışanın rahatsızlanması yaptığı işe karşı bir ön yargı oluşturacaktır. Bununla birlikte performans düşüklüğü gözlenecektir. İşverene karşı olan güveni kaybolacak ve zamanla oluşan huzursuzluk artış gösterecektir. Bu durum işçinin performansını etkileyen elzem bir kriterdir [24].

Metallerin kaynak, kesme ve diğer yöntemler ile işlenmesi esnasında çalışan sağlık durumunu olumsuz yönde etkileyebilecek çeşitli toz, duman ve gazlar gibi hava kirleticileri ortaya çıkmaktadır. Kaynak işlerinde başlıca risklerin başında kaynak dumanını oluşturan tanecikler, metaller ve diğer oksitlerdir. Kaynak ve kesme işlemlerinde ortaya çıkan kaynak arkı ile metaller çok yüksek sıcaklıklarda buharlaşır ve bu buharlaşan metal buharları ortam ile temas ettiğinde oksitlenir ve yoğunlaşır. Yoğunlaşma sonucu ortaya metal oksit dumanı ve buharına dönüşür [25]. Kaynak yöntemlerinin kullanıldığı işlerde kaynak dumanı oluşumu, metal parçaları, metal tanecikleri ve çeşitli oksitler oluşur. Kaynak dumanı, kaynak yapılan metal üzerindeki kirler, yağlar, paslar, boyalar gibi kaplamalardan tanecikler açığa çıkabilir. Açığa çıkan bu tanecikler, kaynak için hazırlanan kaynak ağız açılması, taşlama,

malzemelerin kesilmesi gibi uygulamalarla da meydana gelmektedir. Metal oksit dumanları uzun vadede havada asılı kalabilirler ve iş yerinin çeşitli yerlerine dağılıbilir ve tozlar ise genelde iş yeri ortamının tabanına çökerek birikirler [26].

Kaynak sonrasında ortaya çıkan dumanın, gazların, tozların ve partiküllerin hangi miktarda ortaya çıkacağı, kaynağın yöntemi ve kullanılan sarf malzemelere göre değişiklik göstermektedir. Genelde bu partiküller 100nm ve 800nm arasındadır [27]. Kaynak esnasında oluşan yüksek miktardaki ısı nedeniyle, arktaki farklı maddelerin buharlaşması ve okside olması ile kaynak dumanı oluşur. Duman içeriğindeki tanecikler, solunum organlarının içerisine rahatlıkla ulaşabilecek kadar küçük boyutlardadır. Bu tanecikler krom, manganez, demir, ve nikel olabilir. Kesme ve kaynak yöntemleri uygulandığında oluşan gazlar, dumanlar, partiküller, metal buharları solunum sistemine çok ciddi hasarlar meydana getirebilir [28]. Kaynak dumanı akciğer fonksiyon bozukluğuna, obstrüktif ve kısıtlayıcı akciğer hastalığına, öksürüğe, astım, pnömoni, pnömokonyoz, akciğer karsinomasına neden olduğu ileri sürülmüştür [29].

| | | |
|--|---|---|
| Gaz | Özellikler | MAK (Günde 8 saat içerisinde solunan havada izin verilen en yüksek konsantrasyon) ve TWA (Günlük 8 saat, haftalık 40 saatlik bir çalışma dönemi için çalışanlar için hiçbir etki yaratmayacağı kabul edilen en yüksek konsantrasyon) değerleri |
| Azot oksitleri (NO, NO ₂) | Kokusuz, rensiz ve tatsız bir gazdır. Alkol ve suda çözünür. Solunum yollarında ve gözde tahrişe sebep olur. Uzun süreli maruziyetlerde dış ve deride sarı renk görülebilir. | MAK: 5 ppm (parts per million veya mm/m ³) TWA: 3 ppm |
| CO | Yeterli havalandırma sağlanmadığı durumlarda kaynak yapılan ortamda CO miktarı yüksek değerlere çıkar. Buna bağlı olarak CO hemoglobin ile birleşerek kanın oksijen taşıma özelliğini ortadan kaldırır. Ortamda yüksek yoğunlukta CO bulunması kaynak işçisinde baş ağrısı, çarpıntı bayılma ve yorgunluk gibi belirtilerin ortaya çıkmasına sebebiyet verebilir. | MAK: 500 ppm TWA: 25 ppm |
| C ₂ H ₂ | Oksi-gaz kaynağı ve kesme işleminde en çok kullanılan gazlardır. Saf halde kokusuz ve rensizdir. Piyasa satışa sunulan asetilen gazında bulunan karpiten dolayı sarımsağa benzer bir kokusu vardır. Boğucu ve yanıcı özelliği olan bir gazdır. | MAK: 10 ppm (15 mg/m ³) |
| CO ₂ | Genellikle koruyucu gaz olarak kullanılır. Kokusuz rensiz ve boğucu bir gazdır. Yeterli havalandırmanın yapılmadığı durumlarda gaz yoğunluğunun %10' un üzerine çıkması sonucunda solunum güçlüğüne, bayınlığa daha yüksek yoğunluklarda ise ölüme sebebiyet verebilmektedir. | MAK: 5000 ppm TWA: 25 ppm |
| C ₂ H ₅ Br | Alevle veya sıcak yüzeyde, toksik ve aşındırıcı buharlar vererek ayrışır. Havada belli bir yoğunluğun üstünde bulunması durumunda patlama riski taşıyan güçlü oksidanlar, metal tozları ve alkaliler ile şiddetle tepki gösterir. Oksi-gaz kaynağı sırasında açığa çıkar. Rensiz bir gazdır. Solunum yolu ile etkileyen boğucu bir gazdır. | MAK: 200 ppm |
| COCl ₂ | Ark kaynağı sırasında çıkan UV ışınları hidrokarbon solventleri ile reaksiyona girerek fosgen gazı açığa çıkarılır. Rensiz, uçucu ve kolay sıvılaşılabilen zehirli bir gazdır. Solunması durumunda ağızda ve boğaz bölgesinde tahriş ve yanıklar görülebilir. Buna ek olarak akciğer ödemi oluşumuna sebep olabilir. | MAK: 0.1 ppm TWA: 0.1 ppm |
| Fosfin (PH ₃) | Pas önleyici kaplanmış metallerin kaynağı sırasında açığa çıkan radyasyon ile pas önleyici tepkimeye girerek fosfin açığa çıkarır. Kendiliğinde parlayabilen zehirli bir gazdır. Burunda, gözlerde ve ciltte tahrişe neden olur. Solunması durumunda bayınlık, ishal, halsizlik ve solunumda güçlük görülebilir. Yoğunluğunun 100 ppm üzerinde bulunduğu ortamda kusma, felç, kan basıncında düşme ve koma ile öldürücü etki yapabilir. Kronik zehirlenme durumunda ise sinir sistemi ve böbrekler üzerinde çeşitli etkileri bulunmaktadır. | MAK: 0.3 ppm TWA: 0.3 ppm |
| H ₂ | Bazı koruyucu gaz kaynağı yöntemlerinde kullanılır. Çabuk yanan rensiz, boğucu bir gazdır. Havadan hafiftir. | - |
| Propan (C ₃ H ₈) | Bütan ile birlikte gaz kaynağında yanıcı olarak kullanılır. Havadan ağır, rensiz, doğal gaz kokusunda, parlayıcı bir gazdır. | - TWA: 1400 mg/m ³ |
| Ar | Gazaltı kaynak yöntemlerinde koruyucu gaz olarak kullanılır. Havadan ağır bir soy gazdır. | - |
| He | Gazaltı kaynak yöntemlerinde koruyucu gaz görevi yapar. | - |

Tablo 2.2 Gazların özellikleri ve insan sağlığına etkileri [24]

| | | |
|--|--|---|
| Gaz | Özellikler | MAK (Günde 8 saat içerisinde solunan havada izin verilen en yüksek konsantrasyon) ve TWA (Günlük 8 saat, haftalık 40 saatlik bir çalışma dönemi için çalışanlar için hiçbir etki yaratmayacağı kabul edilen en yüksek konsantrasyon) değerleri |
| Azot oksitleri (NO, NO ₂) | Kokusuz, renksiz ve tatsız bir gazdır. Alkol ve suda çözünür. Solunum yollarında ve gözde tahrişe sebep olur. Uzun süreli maruziyetlerde diş ve deride sarı renk görülebilir. | MAK: 5 ppm (parts per million veya mm/m ³) TWA: 3 ppm |
| CO | Yeterli havalandırma sağlanmadığı durumlarda kaynak yapılan ortamda CO miktarı yüksek değerlere çıkar. Buna bağlı olarak CO hemoglobinin ile birleşerek kanın oksijen taşıma özelliğini ortadan kaldırır. Ortamda yüksek yoğunlukta CO bulunması kaynak işçisinde baş ağrısı, çarpıntı bayılma ve yorgunluk gibi belirtilerin ortaya çıkmasına sebebiyet verebilir. | MAK: 500 ppm TWA: 25 ppm |
| C ₂ H ₂ | Oksi-gaz kaynağı ve kesme işleminde en çok kullanılan gazlardır. Saf halde kokusuz ve renksizdir. Piyasa satışa sunulan asetilen gazında bulunan karpitlen dolay sarımsağa benzer bir kokusu vardır. Boğucu ve yanıcı özelliği olan bir gazdır. | MAK: 10 ppm (15 mg/m ³) |
| CO ₂ | Genellikle koruyucu gaz olarak kullanılır. Kokusuz renksiz ve boğucu bir gazdır. Yeterli havalandırmanın yapılmadığı durumlarda gaz yoğunluğunun %10' un üzerine çıkması sonucunda solunum güçlüğüne, baygınlığa daha yüksek yoğunluklarda ise ölüme sebebiyet verebilmektedir. | MAK: 5000 ppm TWA: 25 ppm |
| C ₂ H ₃ Br | Alevle veya sıcak yüzeyde, toksik ve aşındırıcı buharlar vererek ayrışır. Havada belli bir yoğunluğun üstünde bulunması durumunda patlama riski taşıyan güçlü oksidanlar, metal tozları ve alkaliler ile şiddetle tepki gösterir. Oksi-gaz kaynağı sırasında açığa çıkar. Renksiz bir gazdır. Solunum yolu ile etkiyen boğucu bir gazdır. | MAK: 200 ppm |
| COCl ₂ | Ark kaynağı sırasında çıkan UV ışınları hidrokarbon solventleri ile reaksiyona girerek fosgen gazı açığa çıkarılır. Renksiz, uçucu ve kolay sıvılaşabilen zehirli bir gazdır. Solunması durumunda ağızda ve boğaz bölgesinde tahriş ve yanıklar görülebilir. Buna ek olarak akciğer ödemi oluşumuna sebep olabilir. | MAK: 0.1 ppm TWA: 0.1 ppm |
| Fosfin (PH ₃) | Pas önleyici kaplanmış metallerin kaynağı sırasında açığa çıkan radyasyon ile pas önleyici tepkimeye girerek fosfin açığa çıkarır. Kendiliğinde parlayabilen zehirli bir gazdır. Burunda, gözlerde ve ciltte tahrişe neden olur. Solunması durumunda baygınlık, ishal, halsizlik ve solunumda güçlük görülebilir. Yoğunluğunun 100 ppm üzerinde bulunduğu ortamda kusma, felç, kan basıncında düşme ve koma ile öldürücü etki yapabilir. Kronik zehirlenme durumunda ise sinir sistemi ve böbrekler üzerinde çeşitli etkileri bulunmaktadır. | MAK: 0.3 ppm TWA: 0.3 ppm |
| H ₂ | Bazı koruyucu gaz kaynağı yöntemlerinde kullanılır. Çabuk yanan renksiz, boğucu bir gazdır. Havadan hafiftir. | - |
| Propan (C ₃ H ₈) | Bütan ile birlikte gaz kaynağında yanıcı olarak kullanılır. Havadan ağır, renksiz, doğal gaz kokusunda, parlayıcı bir gazdır. | - TWA: 1400 mg/m ³ |
| Ar | Gazaltı kaynak yöntemlerinde koruyucu gaz olarak kullanılır. Havadan ağır bir soy gazdır. | - |
| He | Gazaltı kaynak yöntemlerinde koruyucu gaz görevi yapar. | - |

Tablo 2.3 Dumanların özellikleri ve insan sağlığına etkileri [24]

2.3.1 Kaynak Dumanının Yarattığı Sağlık Problemleri

2.3.1.1 Kaynak Dumanı Ateşi

Kaynak işlemi esnasında metal (örneğin; magnezyum, çinko, bakır ve bakır oksit) buharını (dumanını) soluyanlarda görülen bir rahatsızlıktır. Kalıcı olan bir sorun değildir. Bu dumanı solunduktan 3 ile 10 saat sonrasında ortaya çıkar. Görülen belirtileri 18 saatte maksimuma ulaşır ve 1-2 gün içerisinde ortadan kaybolur. Bu rahatsızlığın gribe benzer belirtileri vardır; ateş, titreme, kas ağrısı, öksürük, kırıklık,

göğüs bölgesinde sıkıntı, hırıltılı soluma, mide bulantısı, susuzluk hissi, yorgunluk gibi [24].

2.3.1.2 Koah

Kaynak işlemi esnasında maruz kalınan kaynak dumanı ve buharların kronik obstrüktif akciğer hastalığına (KOAH) yol açabileceğine kesin olarak saptanmış olup, bu hastalıkla ilgili çalışmalardan birinde; "Kaynak dumanı maruziyetinin solunum sistemi semptomlarında bir artışa neden olduğu ve kronik bronşit gelişiminde rol oynayabileceği ortaya konmuştur". Bir diğer çalışmada; "Belli sürelerle kaynak dumanına maruz kalan kaynak çalışanlarında radyolojik bulguların % 14,6 oranında bulunduğu, kronik bronşit tanısı oranının % 51 olduğu" saptanmıştır [24].

2.3.1.3 Mesleki Astım

Kaynaklı imalat yöntemlerinin kullanıldığı işyerlerinde, kaynak buharının çalışanlar üzerinde meslek astımına yol açabileceği tespit edilmiştir. Mesleki astım, kendiliğinden geçebilir veya ilaçla tedavisi olan hava yollarını etkileyen bir rahatsızlıktır.

2.3.2 Kaynak Dumanı Yoğunluğu

$$\text{Kaynak Dumanı yoğunluğu} = \frac{\text{Her bileşenin ortamdaki yoğunluğu} \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}\right) \times 100}{\text{Kaynak dumanındaki bileşenin yüzdesi}}$$

[28].

2.4. Asenkron Motorlar

Asenkron makineler, makine kullanımı açısından gerek sanayide gerek kişisel kullanım açısından en çok kullanılan elektrik makineleridir. Kullanımda ki tüm elektrik makineleri kıyaslandığında asenkron makineler daha ucuz ve bakım ihtiyaçları diğer makinelere göre belirgin olarak daha azdır. Bu pozitif özellikleri asenkron makinelerin endüstride en çok kullanılan makineler olmasını sağlamıştır. Asenkron makineler endüstride genellikle motor olarak çalıştırılırlar, ancak bazı koşulların sağlanması ve uygun tasarlanması halinde jeneratör olarak da kullanılabilirler. Asenkron makinelerini senkron makinelerden farklı kılan temel özellik dönme hızıdır, dönme hızı değişkendir ve hız motor çalışmada senkron hızdan düşüktür, işte bu yüzden asenkron makineler olarak adlandırılır.

Asenkron motorlar stator ve rotor olmak üzere iki ayrı parça gibi düşünülebilir. Stator, motorun duran (sabit) kısmını ifade ederken, rotor ise hareketli (dönen) kısmını ifade eder. Asenkron motorun sınıflandırılması rotor tipi bakımından, kısa devreli rotor (sincap kafesli rotor) ve sargılı rotor (bilezikli rotor) olarak iki sınıftır.

Sincap kafesli asenkron motor ve bilezikli asenkron motorun her ikisinin de statoru aynı şekildedir yani sınıflandırmayı rotor şekillendirir. Asenkron motorun statoru; gövde, sac plakları ve stator sargılarından oluşmuştur. Bilezikli asenkron motorun rotoru stator içinde yerleştirilmiştir ve rotor mili üzerine rotor sac paketi ve döner bilezikler montelidir. Sac paketi üzerinde açılmış oluklara rotor sargıları yerleştirilmiştir. Sincap kafesli asenkron motorun ise rotor sac paketi oluklarında sargılar yerine alüminyum ya da bakırdan yuvarlak ve kanatçık şeklinde rotor çubukları bulunur. Bu çubuklar her iki ucundan kısa devre halkalarıyla elektriksel olarak kısa devre edilmiştir.

Sanayide ve diğer birçok alanda çoğu zaman kullanılan sincap kafesli asenkron motordur, nedeniye yapımı kolay, ortam koşullarına dayanıklı, bakım gereksiniminin az olmasıdır. Bu sebeplerden ötürü kullanımı yaygın bir elektrik motorudur. Sincap kafesli asenkron motorun sakıncası kalkış momenti nispeten düşük, kalkış akımının büyük olmasıdır. Bu durum bazı koşullarda bu motorun kullanımını güçleştirmektedir ve tercih edilmemesine neden olmaktadır [30].

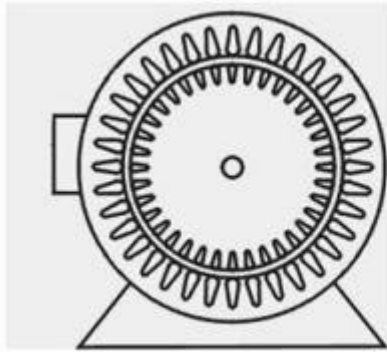


Şekil 2.7 Asenkron motor çeşitleri, stator ve rotor görünüşleri

2.4.1 Asenkron Motorun Çalışma Prensibi

Asenkron motorlarının statorları ile rotorları arasında herhangi bir elektriksel temas yoktur. Stator elektrik enerjisi rotora manyetik yolla, yani Faraday' ın manyetik alan etkisindeki ve içerisinde akım geçen bir iletkende meydana gelen kuvvet prensibiyle aktarılmaktadır. Daha basit olarak bir iletken bobin haline getirilip, düzlem eksenine dik olarak bu eksen etrafında dönebilecek şekilde konumlandırılmıştır. Manyetik alan içinde bu iletkene akım uygulandığında dönme kuvveti meydana gelir, bu kuvvetin oluşma nedeni, bobinin içinde bulunduğu manyetik alan ile bobinden geçen akımın bobin etrafında meydana getirdiği manyetik alanın birbirine etkisidir. Bu döndürme kuvvetinin değeri rotorun ve statorun manyetik alanına ve bunlar arasındaki açının sinüsüne bağlıdır. Döner manyetik alan oluşturmak için 120 derece faz farklı akımlar üç fazlı motor sargılarına uygulanmalıdır. Stator sargılarından geçen akımlardan stator manyetik akı meydana gelir, akımın bir kısmı kaçak olarak havadan devresini tamamlarken büyük kısmı stator nüvesi, stator ve rotor arasındaki hava boşluğu ve rotor nüvesi üzerinden devresini tamamlar.

Bu yüzden, hem stator hem de rotor sargılarında Faraday yasasına göre gerilim indüklenir. Rotor sargıları kısa devre olduğundan, rotor devresinden kısa devre akımı dolaşır. Bunun sonucu rotor akı yoğunluğu oluşur. Oluşan stator ve rotor döner alanlarının etkileşimi sonucu motorda bir döndürme momenti oluşur. Döner alanın devir sayısı ile rotor devir sayısı arasında gerçekte bir fark vardır ve bu farka “kayma” denir. Diğer bir ifade ile rotor devrinin senkron devirden geri kalmasına kayma denilir [30].

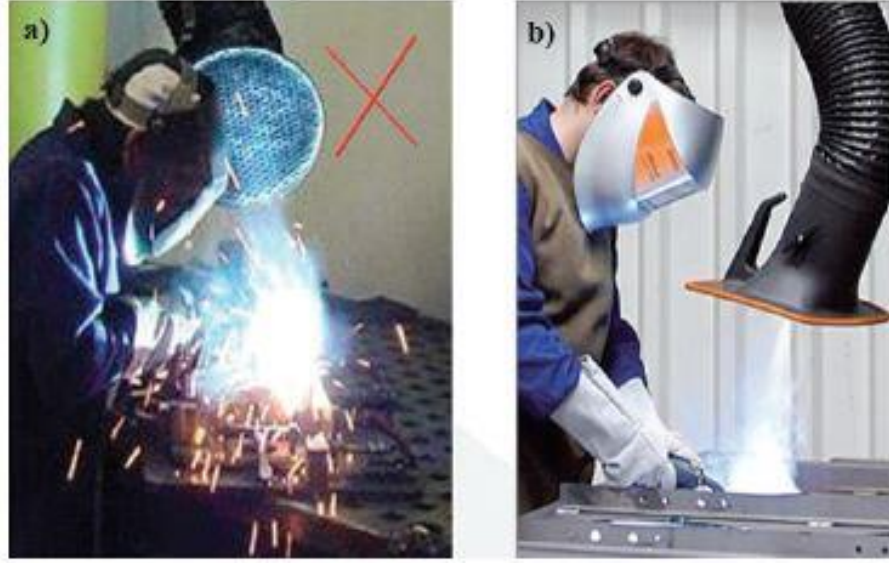


Şekil 2.8 Asenkron motorun kesiti

3. LİTERATÜR TARAMASI

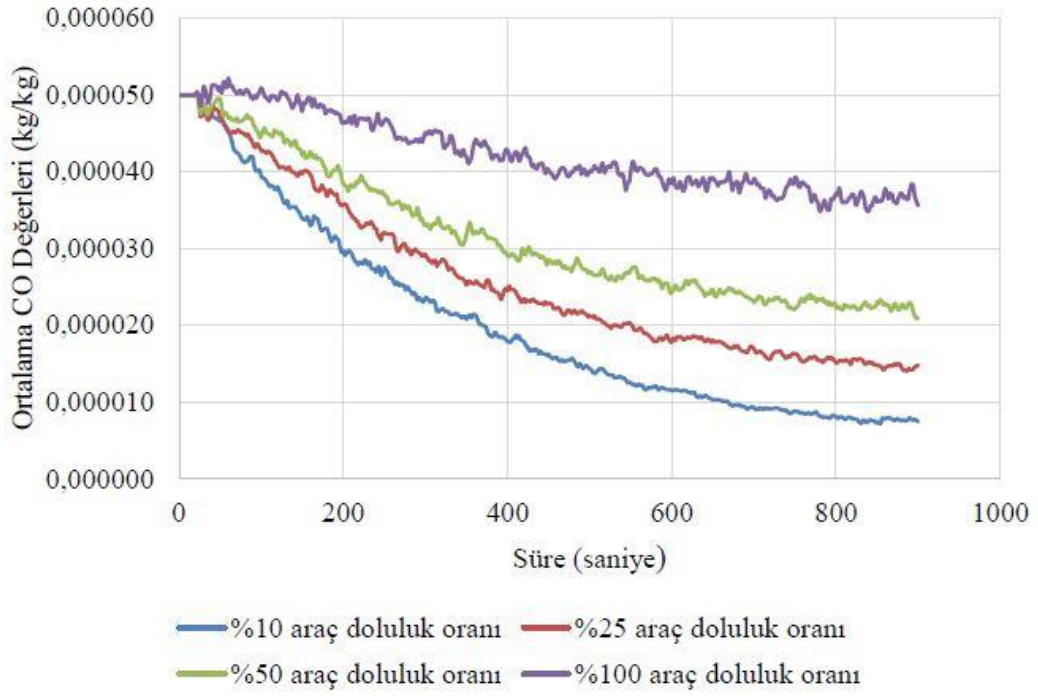
Duman filtreleme sistemi tasarımı ile farklı tip motor seçimi ve kanat tasarımına göre akışın numerik analizi çalışmasına benzer bir çalışma bulunmamasına karşılık, kısmi olarak benzerlik içeren çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Bozkurt ve Keleş'in [24] çalışmasında, ergitmeli kaynak yöntemlerinde açığa çıkan gaz ve dumanın çalışan sağlığına etkileri incelenmiştir. Kaynak yöntemi metallerin ergitilmesi ile yapılan bir imalat yöntemidir. Bu ergitme esnasında kaynak elektrotunda bulunan bazı maddeler kaynakçının sağlığının olumsuz yönde etkileyen gaz ve dumana dönüşmektedir. Gerekli önlemler alınmazsa kaynakçı bu zararlı gazlara ve dumana maruz kalacak ve pek çok hastalığa sebebiyet verecektir. Kaynak sırasında açığa çıkan duman içerisinde bulunan demir, alüminyum, berilyum, kurşun, mangan ve nikel tozları gibi metaller zehirlenmelere, solunum yolları hastalıklarına ve kansere sebebiyet vermektedir. Kaynak sırasında açığa çıkan gaz kullanılan kaynak yöntemine göre farklılık gösterebilir. Bu gazlar gözle görülemez ve kokusuz olabilirler. Karbondioksit ve argon gazına aşırı derecede maruz kalınmadığı sürece, relatif olarak zararsızdır. Ancak ozon, karbonmonoksit ve nitrojen dioksit gibi gazlar son derece zehirlidir. Çalışmada bu bahsedilen zararlı gazlardan ve kaynak dumanından korunmanın en etkili yolu lokal aspirasyon yöntemi olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda bu tip gazların bertarafı için kişisel koruyucu donanımların en son çare olarak kullanılması, öncelik olarak sorunu kaynağında çözmeye yönelik olduğu vurgulanmıştır. Bu güvenlik önlemlerinin uygulanabilmesi için hem çalışanların hem de işverenlerin bilinçlenip, iş güvenliği kültürünün aşılması ve denetimlerin artırılması sonucuna varılmıştır.



Şekil 3.1 Lokal kaynak dumanı emiş örneği a) yanlış kullanım b) doğru kullanım

Sultansu [31] kapalı bir otoparkın jet fanlı havalandırma ve duman kontrol sisteminin CFD analizi adlı çalışmasında, günümüz binalarının çoğunun bodrum katlarında kapalı otopark olduğu ve bu otoparklarda bulunan araçlardan yayılan egzozun içerisinde insan sağlığına ekti edecek gazlar olduğundan bahsetmiştir. Genellikle yer altında bulunan otoparkların, fiziki açıdan incelendiğinde doğal yollar ile havalandırma mümkün olmadığı ve bu gazları belirli bir sınırın altında tutabilmek için, geleneksel havalandırma kanallarına ihtiyaç duymadan tasarlanan ve havayı sistemdeki fanların itme gücünün etkisi ile hareketlendiren jet fan sistemlerinden bahsetmiştir. Tez çalışmasından alanı 2033 m² olan kapalı bir otopark için jet fan sistemi tasarlanmış olup, bu sistemi CFD analiz ile simüle etmiştir. Tez çalışmasının simülasyonunda otoparkın %10, %25, %50 ve %100 olarak doluluk oranı parametresi belirlenmiş olup, araçların çalışır konumdaki yayılan emisyonunun havalandırma performansına etkisi incelenmiştir. Simülasyon süresi boyunca otoparkına 13 farklı noktasından CO konsantrasyonları ölçülmüş ve ölçülen değerlerin araç yoğunluğunun artması ile arttığı gözlemlenmiştir. Tavana monte edilen jet fanların oluşturduğu hava akışı sebebi ile döşemeden tavana doğru gidildikçe CO değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir.



Şekil 3.2 Ortalama CO değerleri [31]

Tezin sonucunda, jet fanlarının asma yükseklikleri belirlenirken, fanların mahalde oluşturduğu hava hızları göz önünde bulundurulmalı ve hava hızlarının yükselmesi sistem performansını olumlu etkilerken, belirli bir hız seviyesi aşıldığında sistemin performansını olumsuz yönde etkilediği ortaya çıkmıştır. İçerideki hava hızları artmaya devam ederken, jet fanlar ile hareketlendirilen hava miktarı egzoz edilen hava miktarından fazlaysa bunun sonucunda egzoz fanları içeriden atılması gereken havayı yeterince ememeyecek, duman ve gaz iç ortamda birikmeye başlayacaktır. Bu nedenle hesaplara dayalı kurulan jet fan sistemlerinin modellenmesinin yapılarak, CFD çalışması ile hız profillerinin incelenmesi ve sistemdeki fan kapasitelerinin bu CFD çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır [31].

Müezzinoğlu'nun [28] kaynak alanında tehlike değerlendirmesi çalışmasında, kaynak tehlikelerinin tanımlanıp, risklerin değerlendirilmesine göre önceliklendirilmesi ve risklerin yönetilip birbirleriyle eşgüdüm halinde yürütülmesi gereken iki bölümlü bir çalışma gerektiğinden bahsedilmiştir. Bu çalışmalar; tehlikelerin ortam ölçüm yönteminin ve sıklığının belirlendiği bir maruziyet öncesi aşamayı içermesi gerektiğine değinilmiştir. Aynı zamanda kaynak dumanının kaynak yapılan metal ve dolgu malzemesinden, metal üzerindeki kaplama ve

boyalardan, elektrod ve üzerindeki örtüden, tüplerden sağlanan koruyucu gazlardan oluşabileceği belirtilmiştir.

| Ortamdaki zararlılar | İşe giriş muayenesi | Patoloji | Biyolojik moniterizasyon | Periyodik muayene (En az yılda bir) | Akut etki/ müdahale |
|----------------------|--|--|---|--|--|
| Nikel | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi | Böbrek hasarı | Kan, kan gazı, Biyopsi, EKG, SFT, idrar | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi, GFR, üre, kreatinin | Metal dumanı ateşi/ortamdan uzaklaştırın |
| Krom | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi | Mukozolar, solunum yolu ve akc. hasarı | Kan, kan gazı, Biyopsi, SFT, idrar | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi, GFR, üre, kreatinin | Metal dumanı ateşi/ortamdan uzaklaştırın |
| Kadmiyum | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi | KC, böbrek hasarı, anoksi, anemi | Kan, kan gazı, Biyopsi, EKG, SFT, idrar, balgam | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi, GFR, üre, kreatinin, ALT, AST, GGT | Metal dumanı ateşi/ortamdan uzaklaştırın |
| Demir | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi | Siderosis, siderosilikosis | Kan, Biyopsi, SFT, idrar | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi | Metal dumanı ateşi/ortamdan uzaklaştırın |
| Mangan | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi | Böbrek hasarı, santral sinir sistemi etkilenmesi | Kan, Biyopsi, SFT, idrar | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi, GFR, üre, kreatinin | Metal dumanı ateşi/ortamdan uzaklaştırın |
| Molibden | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi | KC hasarı | Kan, Biyopsi, idrar | Akc. graf, SFT, Hemogram, İşitme testi, GFR, üre, kreatinin, ALT, AST, GGT | Metal dumanı ateşi/ortamdan uzaklaştırın |

Tablo 3.1 Ortamdaki zararlılar ve etkileri [28]

Durman [32], kaynak işlemleri esnasında oluşan kaynak dumanı içerisinde bulunan ağır metallerin tayini çalışmasında, tüm sanayi dallarında en çok kullanılan kaynak yöntemleri esnasında oluşan kaynak dumanı içerisindeki ağır metallerin tespitini gerçekleştirmiştir. Çalışma sırasında kaynak metali, kullanılan kaynak elektrodu, havalandırma, çevre şartları gibi etkenleri dikkate almış olup, değişken durumlar için örneklemeler yapılmıştır. Kaynak noktasına en yakın noktadan örneklemeler yapılarak, taramalı elektron mikroskopunda kaynak dumanı incelenip, içerisindeki ağır metaller tespit edilmiştir. Çalışma ile farklı kaynak yöntemleri sırasında ortaya çıkan kaynak dumanının hangi oranda ve hangi metalleri içerdiği ve kaynak dumanının çalışma ortamına hangi oranda yayıldığı incelenmiştir. İncelemeler atomik absorpsiyon spektrometre cihazı ile ölçülmüştür.

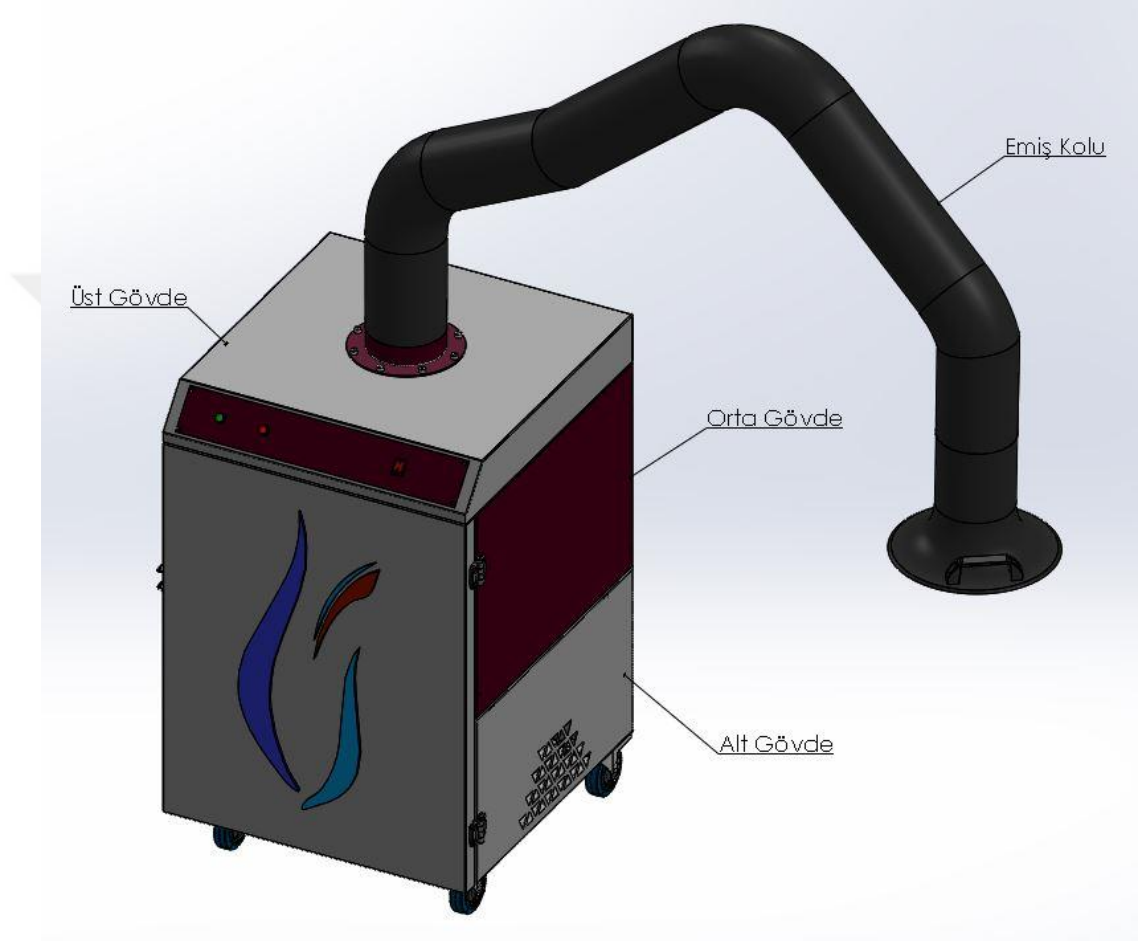
| | Fe | Zn | Mn | Pb | Al | Cu | Cd |
|----------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Elektrik Ark Kaynağı | %92,96 | %3,30 | %1,08 | %1,05 | %0,73 | %0,69 | %0,08 |
| MIG Kaynağı | %76,33 | %12,24 | %4,51 | %1,81 | %3,60 | %0,62 | X |
| MAG Kaynağı | %61,18 | %21,39 | %12,01 | X | %0,04 | %0,45 | %0,49 |
| TIG Kaynağı | %82,66 | %5,55 | %8,87 | X | %0,38 | %0,90 | %0,56 |

Tablo 3.2. Kaynak yöntemine bağlı, kaynak dumanı içerisindeki ağır metal oranları [32]

Kaymaz [33], Kaynak işlerinde iş kazası ve işe bağlı sağlık problemlerine neden olan faktörler ve KKD kullanımının bu faktörlere etkileri üzerine çevresel ve teknik araştırmasında, kaynak işleri sırasında ortaya çıkan iş kazaları ve bu işlere bağlı olarak oluşan sağlık problemlerine neden olan faktörlerin ne olduğunu incelemiştir. Bu faktörlere karşı alınabilecek önlemleri tespit etmiş olup, kaynak işlerinde çalışanların yaşı, eğitim durumu, ne kadar süredir çalıştığı, iş yükü, mesleki eğitim durumları, kişisel koruyucu donanım kullanımı gibi özelliklerin, işe bağlı sağlık problemleri oluşumuna etkisini incelemiştir. Çalışma sonunda kaynakçının sağlığına en etkili hastalık yapıcı faktörün kaynak dumanı ve gazları olduğu tespit edilmiştir. En çok yaşanan sağlık probleminin akciğer hastalıkları olduğu gözlemlenmiş olup, vücut üzerinde açık olan bölgelerde yanıklar olduğu vurgulanmıştır. Bel, boyun gibi bölgelerde ise ergonomik zorlamalara bağlı omurga rahatsızlıkları görülmüştür. Ayrıca kaynak tipine bağlı olarak ortaya çıkan kirliliklere de değinilmiştir. Örtülü metal kaynağında, ana metal olarak hafif çelikler kullanıldığında toz, demir oksit, mangan gibi kirlilikler ortaya çıkarken, paslanmaz çelik ile kaynak yapıldığında krom, nikel, mangan, flor gibi kirlilikler ortaya çıkmaktadır.

4. TASARIM

Duman filtreleme sistemi daha öncede bahsedildiği gibi kaynak anından ortaya çıkan zararlı gazların ortamda bertaraf edilip, filtrelenerek, ortama temiz hava olarak geri kazandıran bir sistemdir. Bu sistemin tasarımı SOLIDWORKS (CAD) programında yapılmıştır.

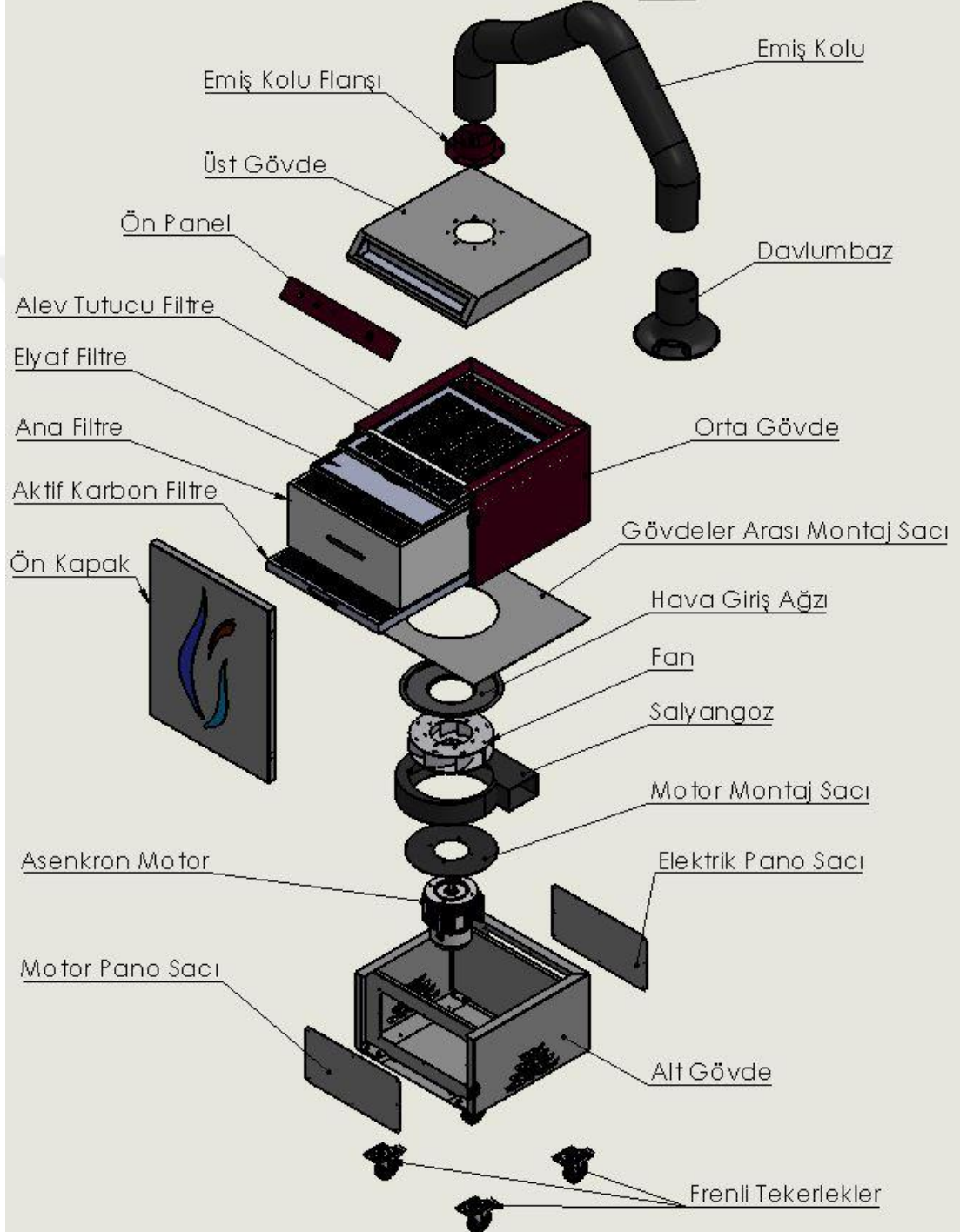


Şekil 4.1 Duman filtreleme sistemi trimetrik görünümü

Duman filtreleme sistemi tasarımı genel hatlarıyla 4 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar; emiş kolu, üst gövde, orta gövde ve alt gövdedir.

- Emiş kolu; kaynak esnasında oluşan dumanı, orta gövdede bulunan filtrelelere ileten parçadır.
- Üst gövde; orta gövde ve emiş kolu arasında bulunan kısımdır. Emiş kolunun montajı üst gövdeye yapılır. Aynı zamanda ön panel göstergeleri ve açma/kapama kısmı bu bölgededir.

- Orta gövde; filtrelerin olduğu kısımdır. Kaynak dumanı emiş kolu ve üst gövdeden geçtikten sonra bu bölümde filtrelenir.
- Alt gövde, motor, fan, salyangoz ve elektrik aksamın bulunduğu kısım olarak tasarlanmıştır. Aynı zamanda filtrelerden geçen kaynak dumanı, bu bölgeden temiz hava olarak dışarı atılır. Bir nevi egzoz görevi görmektedir.



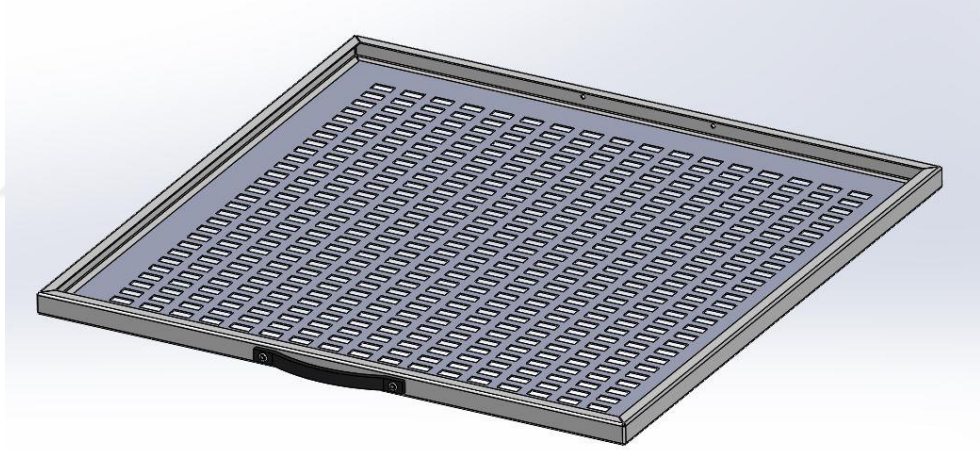
Şekil 4.2. Duman filtreleme sistemi demontaj görünümü

4.1 Filtreler

4.1.1 Alev Tutucu Filtre

Alev tutucu filtre; tasarım sırasında karşımıza çıkan ilk filtredir. Kaynak esnasında ortaya çıkan duman, emiş hortumundan geçtikten sonra ilk olarak ön filtre olan alev tutucu filtre ile karşılaşır. Bu filtrenin görevi dumanı tutmak için değil, kaynak esnasında oluşan sıcak alevi, kıvılcımları ve kaba parçaları ana filtreye ulaşmasını engellemektir. Bu da makinenin daha uzun ömürlü olmasına ve olası yangın çıkma ihtimaline karşı önleyici bir rol oynar.

Filtrenin malzemesi DKP sac'tır. Malzemenin ortasında yer alan delikli ızgara sayesinde, dumanın bir alttaki filtreye geçmesine kolaylık sağlar. Çekmeceli tasarımı sayesinde ön kapak açıldıktan sonra filtre çıkarılır ve belirli periyotlarla temizlenmesi gerekir.

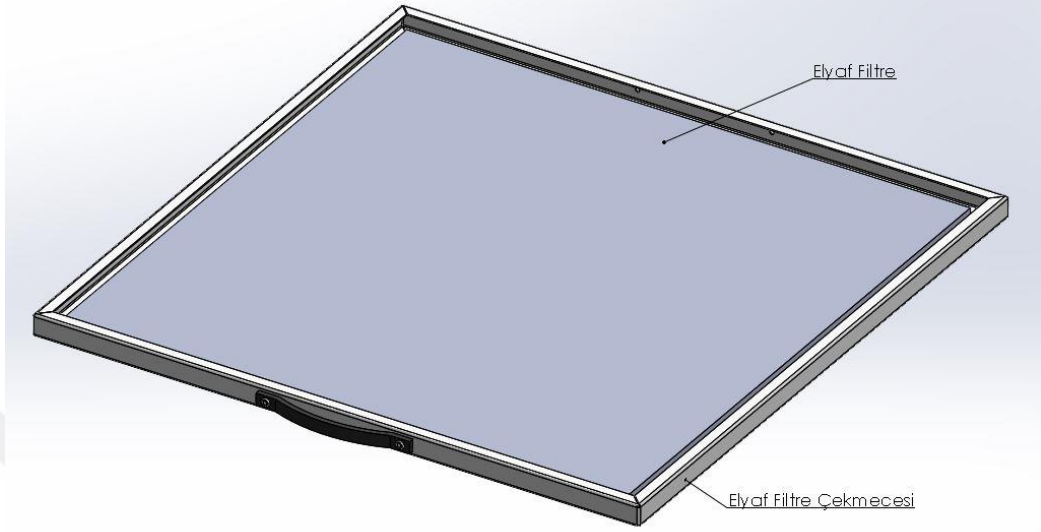


Şekil 4.3 Alev tutucu filtre

4.1.2 Elyaf Filtre

Elyaf filtre endüstriyel havalandırma sistemlerinde ve boyahanelerde çoğunda tercih edilen bir filtredir. Toz ve kendi sınıfına göre kaba partikülleri tutma özelliğine sahiptir. Tasarım sıralamasında ikinci sırasında yer alan bu filtre, alev tutucu filtre ve ana filtre arasındadır. Filtre, ana filtreye kaba parçaların girmesini engelleyen bir ara filtre forumundadır.

Filtre, alev tutucu filtreye benzer bir çekmece içerisinde, çekmece boyutlarında kesilip yerleştirilir. Bu filtre tekrar kullanılmaz. Filtrenin sınıfına göre belirli periyotlarda değiştirilip, yerine temiz bir elyaf filtre kullanılmalıdır.



Şekil 4.4 Elyaf filtre ve çekmecesi

4.1.3 Ana Filtre

Tasarımda ana filtre için HEPA filtre tercih edilmiştir. HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) yüksek verimli partikül yakalayıcı filtreler %85 ve üzerinde, 0,3 mikrona kadar havada bulunan partikülleri havadan arındırabilen filtrelerdir. %99,97 oranına sahip olan filtrelere True Hepa (Gerçek Hepa) filtre denir. Bu oranın biraz altında kalanlarına ise Hepa filtre denir. %99,99 oranına sahip olan filtrelere ise ULPA filtre denir.

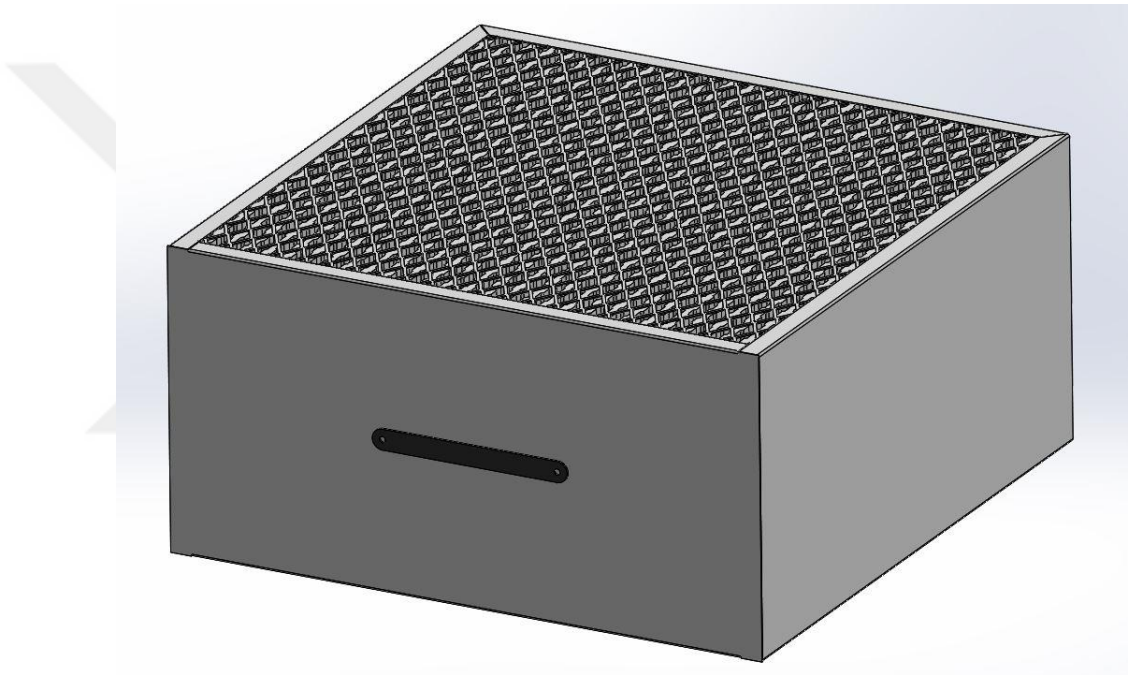
Hepa filtreler kendi içlerinde kategorilere ayrılırlar, HEPA10, HEPA11, HEPA12, HEPA13 ve HEPA14'tür. Hepa'nın önündeki rakamsal değer artıka toz – partikül tutma değeri de artar. Buna göre;

- HEPA10 Filtre, 100000 adet partikülün 15000 adetini geçirir.
- HEPA11 Filtre, 100000 adet partikülün 5000 adetini geçirir.
- HEPA12 Filtre, 100000 adet partikülün 500 adetini geçirir.
- HEPA13 Filtre, 100000 adet partikülün 50 adetini geçirir.
- HEPA14 Filtre, 100000 adet partikülün 5 adetini geçirir.

Hepa filtreler genel olarak 2 tipte üretilir.

- 1- Kullan at hepa filtreler
- 2- Temizlenebilen hepa filtreler'dir.

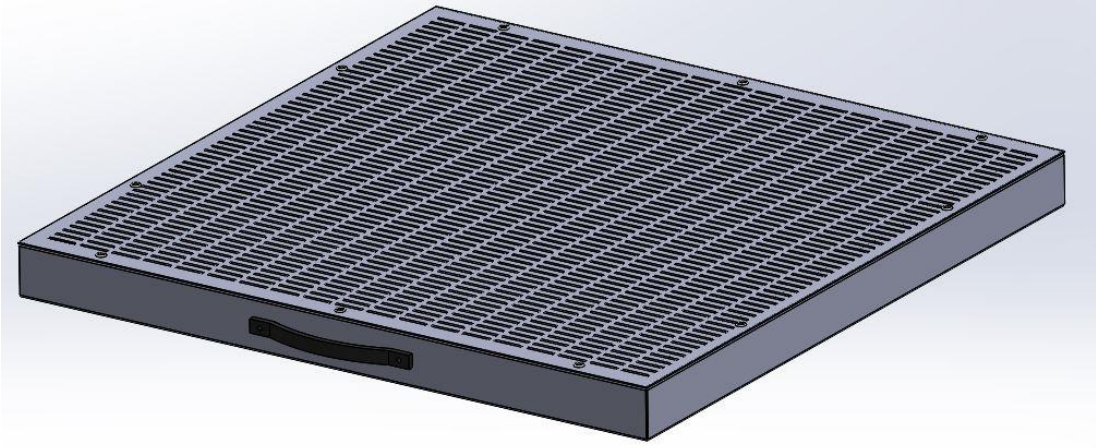
Kullan at hepa filtreler kullanıldığı ortam havası kirliliğine ve kullanım sıklığına bağlı olarak genelde 1 ila 1,5 sene içerisinde değiştirilmelidir. Toz Torbası şeklinde olanlar ise dolduğunda veya dolmaya yakın değiştirilmelidir. HEPA filtreler EN 1822 standardına göre sızıntı ve yerleşim kontrolü yapılmalıdır [34]. Ön filtrelerle beraber kullanılırsa kullanım ömürleri uzamaktadır [35].



Şekil 4.5 Ana filtre

4.1.4 Aktif Karbon Filtre

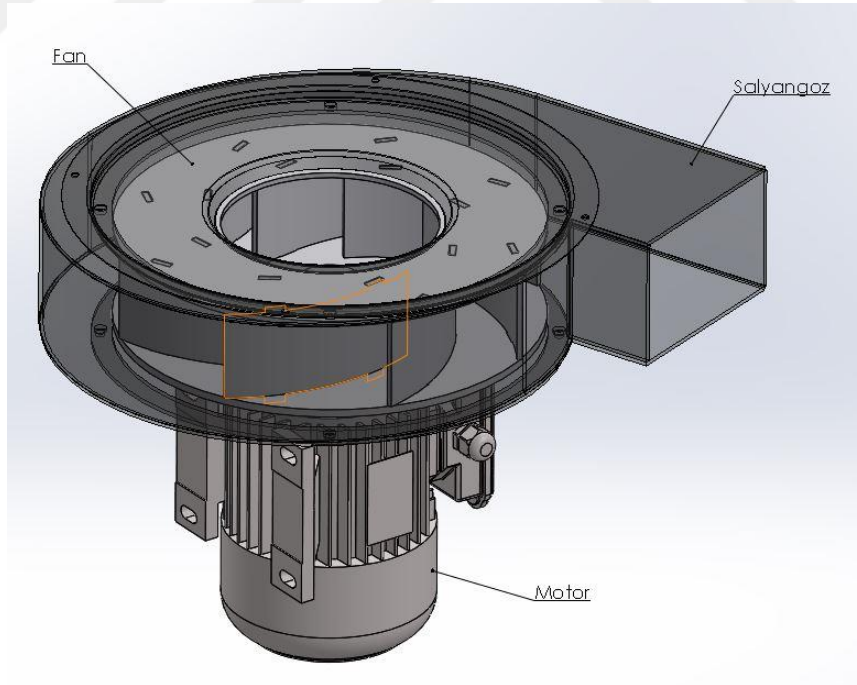
Kaynak esnasında dumanın yanı sıra kötü koku da oluşur. Ufak granüller halinde bulunan karbonlar, aktif karbon filtresinin içerisine dökülür. Ufak oldukları için yüzey alanları fazladır. Aktif karbon filtre kaynak dumanının oluşturmuş olduğu kötü kokuyu absorbe eder.



Şekil 4.6 Aktif karbon filtre

4.2 Fan ve Salyangoz

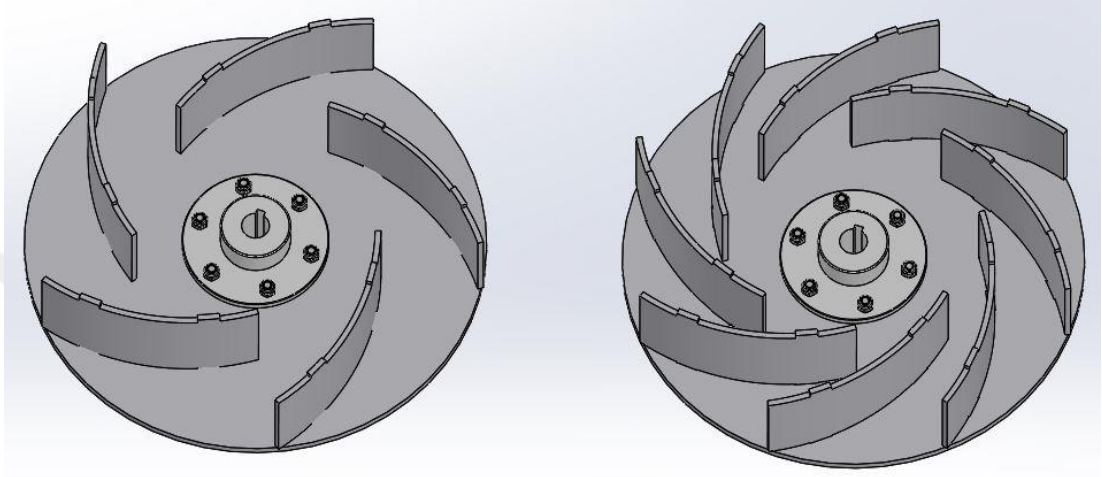
Alt gövde de bulunan motor, fan ve salyangoz, duman filtreleme sisteminin en önemli unsurlarıdır. Motordan aldığı enerji ile devrini yakalayan fan emişi sağlar. Salyangoz ise fana yataklama sağlar. Fan sayesinde emilen kaynak dumanı filtrelerden geçtikten sonra egzoz görevi görerek, temiz havayı dışarı atar.



Şekil 4.7 Fan – Salyangoz – Motor

4.3 Kanat Yapısı

Duman filtreleme sisteminde, fanı verimli kullanabilmek adına sektörde en çok kullanılan 5 kanatlı ve 8 kanatlı olmak üzere iki tip fan tasarlanmıştır. Hafif olması açısından fanın malzemesi alüminyum seçilmiştir. Numerik analiz için kanat açıları 40° , 50° ve 60° olmak üzere 3 çeşit kanat yapısı oluşturulmuştur.



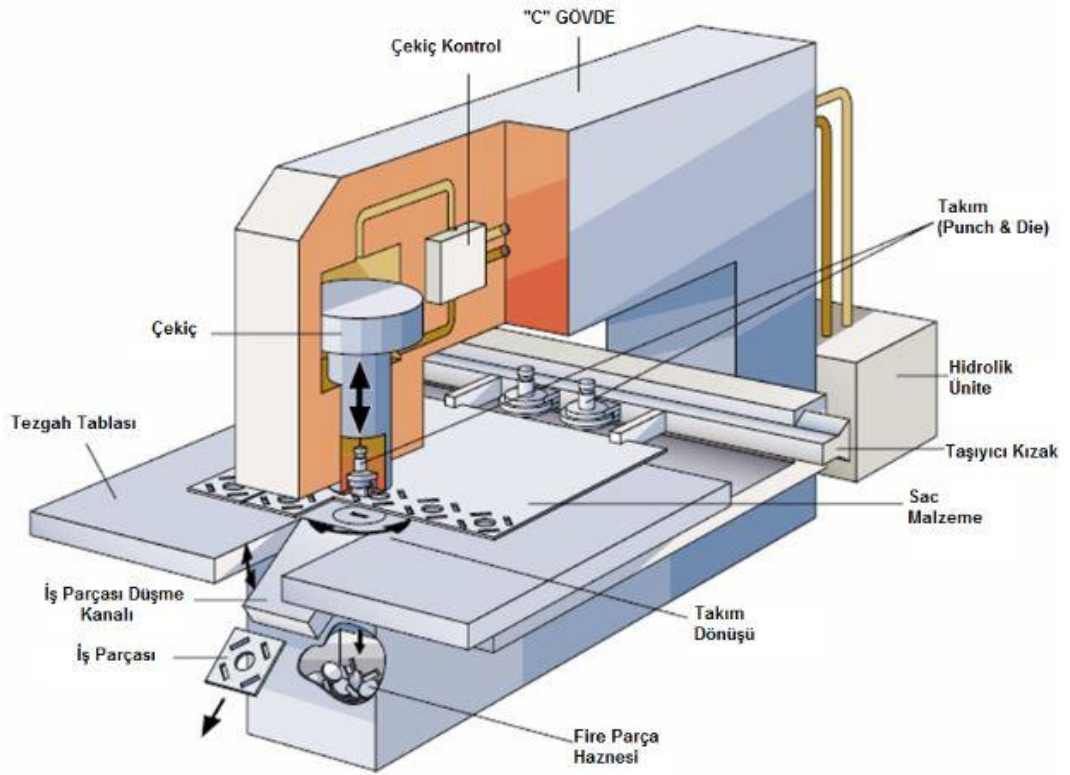
Şekil 4.8. 5 ve 8 kanatlı fan tasarımları

5. MATERYAL VE YÖNTEMLER

5.1 Üretim Yöntemleri

5.1.1 Punch

Punch; belirli ebatlarda ve kalınlıklarda olan sac levhayı, çevre kesimini, deliklerini ve boşaltmalarını yapan bir takım tezgahıdır. Tasarımı CAD programlarıyla yapılan sac parça, iki boyuta indirgenerek, kesilecek kısımları tanımlanır. Program sayesinde bu kesilecek kısımlara uygun takım seçimi gerçekleştirilir. Sac levha tutucular ile tezgaha bağlanır. Takım tezgahında dişi kalıp ve zımba mevcuttur. Sac parça bu ikisi arasında servo motorlar ile hareket ettirilir. Dişi kalıp sabittir. Zımba, sac levhanın üzerine kuvvet uygulayarak kesim ve boşaltmaları gerçekleştirilir.

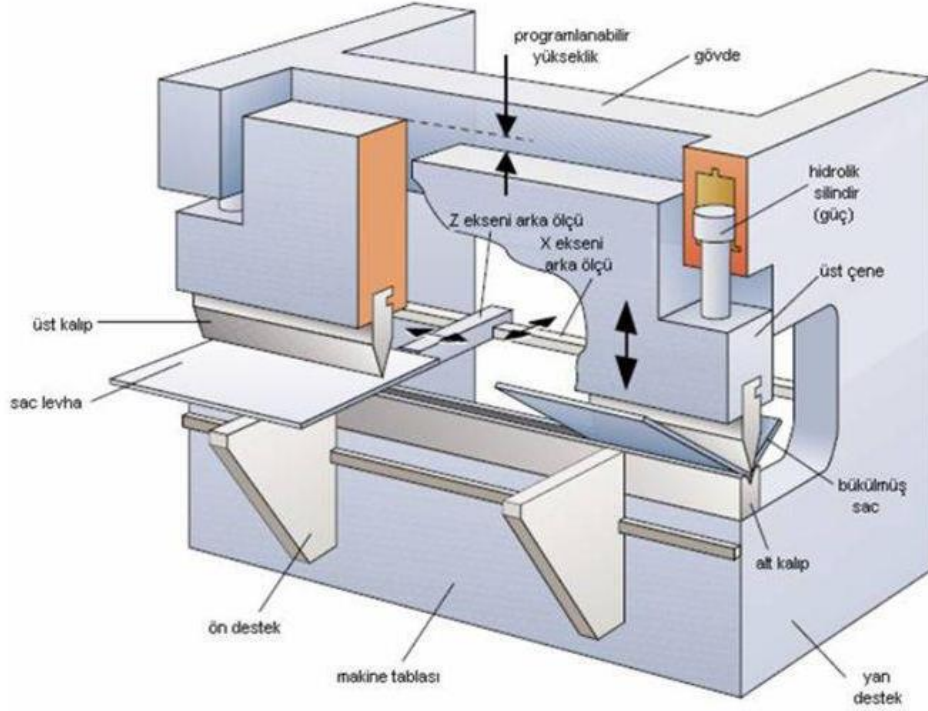


Şekil 5.1 Punch şematik gösterim

5.1.2 Abkant

Sac metal büküm işlemlerini gerçekleştiren abkant presler endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemiz abkant pres üretiminde dünya piyasalarında oldukça önemli bir konumdadır [36]. Abkant sac levhayı istenilen forma şekillendiren bir büküm makinesidir. Kontrolü CNC ile yapılan bu tezgahın dişi ve erkek kalıbı vardır. Üst kısmı erkek kalıp, alt kısmı dişi kalıptır. İki kalıp türü de “V” şeklindedir.

CAD programında tasarımı yapılan sac parça, yine program üzerinde düzleştirilerek 2 boyuta indirgenir. Parça abkanta gelmeden önce gerekli çevre kesimleri ve boşaltmaları yapılmış olmalıdır. CNC kontrolü ile malzemenin türü, kalınlığı, hidrolik kuvvet uygulayacağı tonaj gibi parametreler makinenin panelinden girilir. Bu parametreler eşliğinde makine üzerinde sac levhanın kıvrımı ile ilgili bir ön izleme oluşur. Oluşan ön izlemeye göre kıvrım sırası oluşur ve bu sıra referans alınarak bükme yapılmalıdır. Dişi ve erkek kalıp arasına yerleştirilen sac büyük bir hidrolik kuvvet uygulanarak istenilen bükme işlemi gerçekleştirilir. Bükme kuvveti, parçanın plastik şekil değiştirme ve son biçimi almasına kadar uygulanır [37].



Şekil 5.2 Abkant şematik gösterim

5.2. Analiz

Analiz için seçilen elektrik motoru için 1500 rpm ve 3000 rpm’lik iki farklı devirde motor belirlenmiştir. Analiz için belirlenen bir diğer parametre ise fan tasarımındaki kanat sayılarıdır. Bunlardan biri 5 kanatlı tasarım, diğeri 8 kanatlı tasarımdır. Kanat tasarımlarındaki diğeri bir parametre ise kanat açılarıdır. 40 derece, 50 derece ve 60 derece olmak üzere, üç farklı kanat tasarımı seçilmiştir. Tasarımın numerik analizi 2 boyutlu olarak ANSYS fluent modülünde gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar “hıza (velocity)” göre değer değerlendirilmiştir.

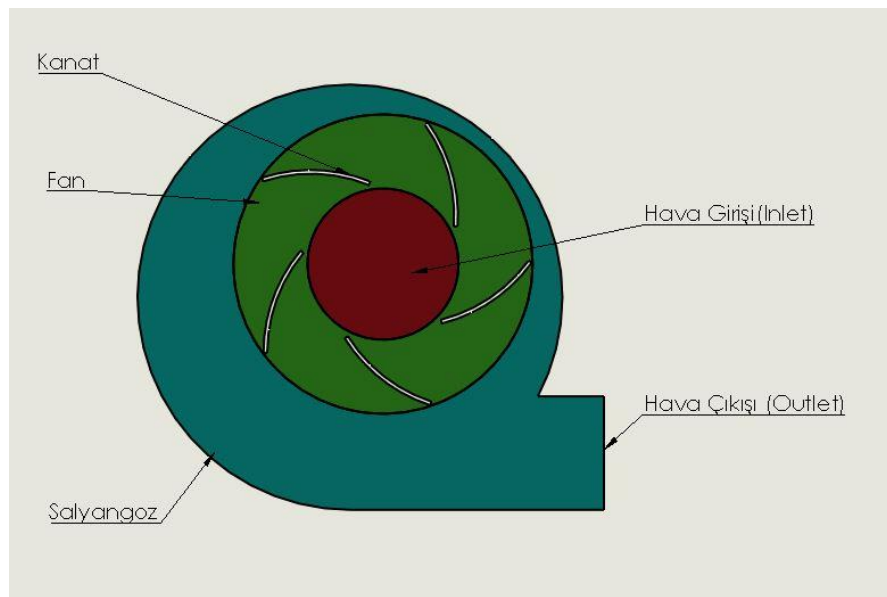
| 1500 rpm | | | | | | 3000 rpm | | | | | |
|----------|-----|-----|---------|-----|-----|----------|-----|-----|---------|-----|-----|
| 5 Kanat | | | 8 Kanat | | | 5 Kanat | | | 8 Kanat | | |
| 40° | 50° | 60° | 40° | 50° | 60° | 40° | 50° | 60° | 40° | 50° | 60° |

Tablo 5.1 Analiz parametre tablosu

5.2.1 Geometri Tanımlamaları

Analiz modeli,

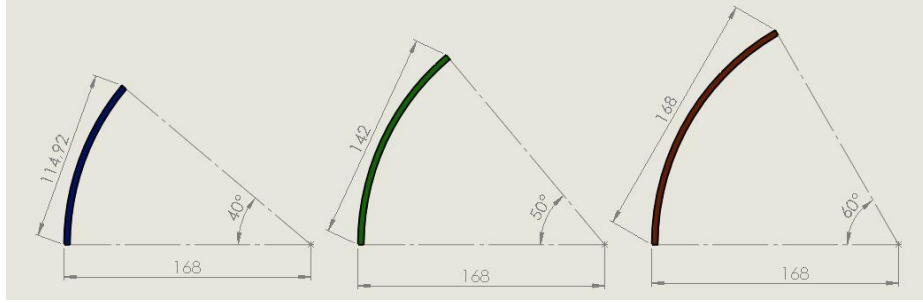
- Hava girişi (Inlet)
- Hava çıkışı (Outlet)
- Fan
- Kanatlar
- Salyangoz’dan oluşmaktadır.



Şekil 5.3 Numerik analiz modeli

5.2.1.1 Kanat Yapısı

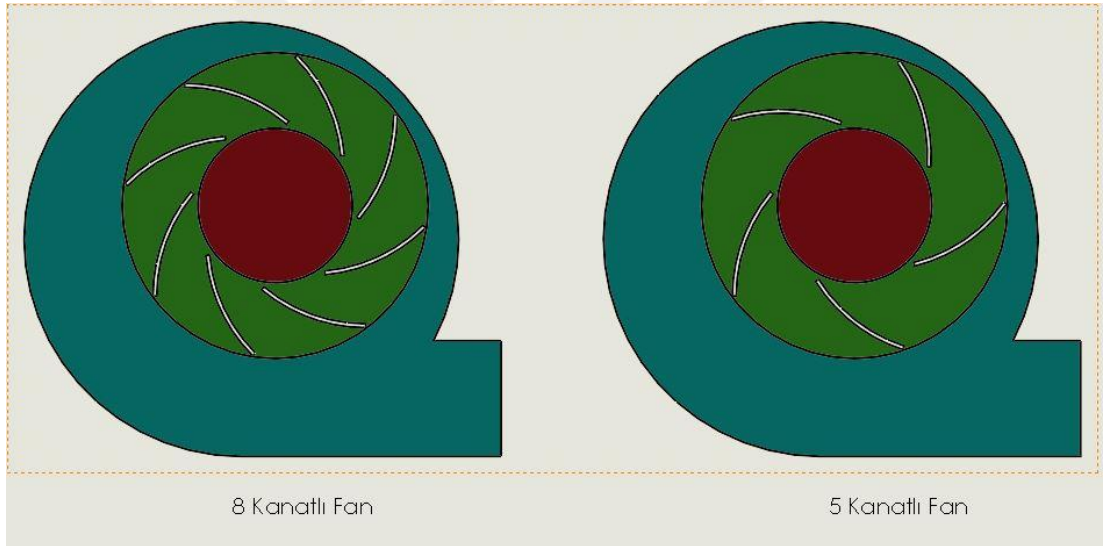
Analizde 40°, 50°, 60° olmak üzere 3 tip kanat açısı kullanılmıştır.



Şekil 5.4 Kanat yapısı

5.2.1.2 Fan Yapısı

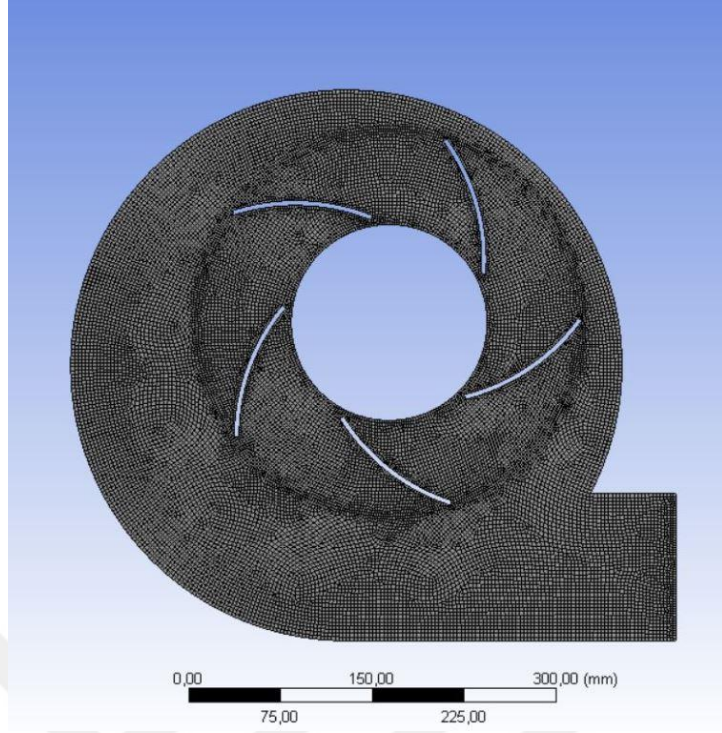
Analizde 5 kanatlı ve 8 kanatlı olmak üzere iki farklı fan kullanılmıştır.



Şekil 5.5 Fan yapısı

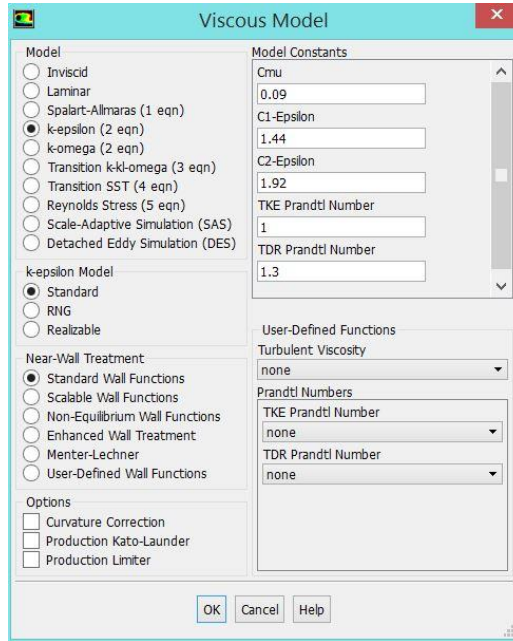
5.2.2 Analiz Adımları

Öncelikle ANSYS'in fluent modülünde geometri tanımlaması yapılır. Inlet (hava girişi), outlet (hava çıkışı), wall (salyangoz duvarı), interior (fan çevresi), fluid-1 (fan üzerinden geçecek olan havanın yüzeyi), fluid-2 (salyangoz üzerinden geçecek olan havanın yüzeyi) ve wall-fan (kanat çevresi) tanımlamaları yapılır. Daha sonra bu tanımlamalara mesh yapısı atanır.



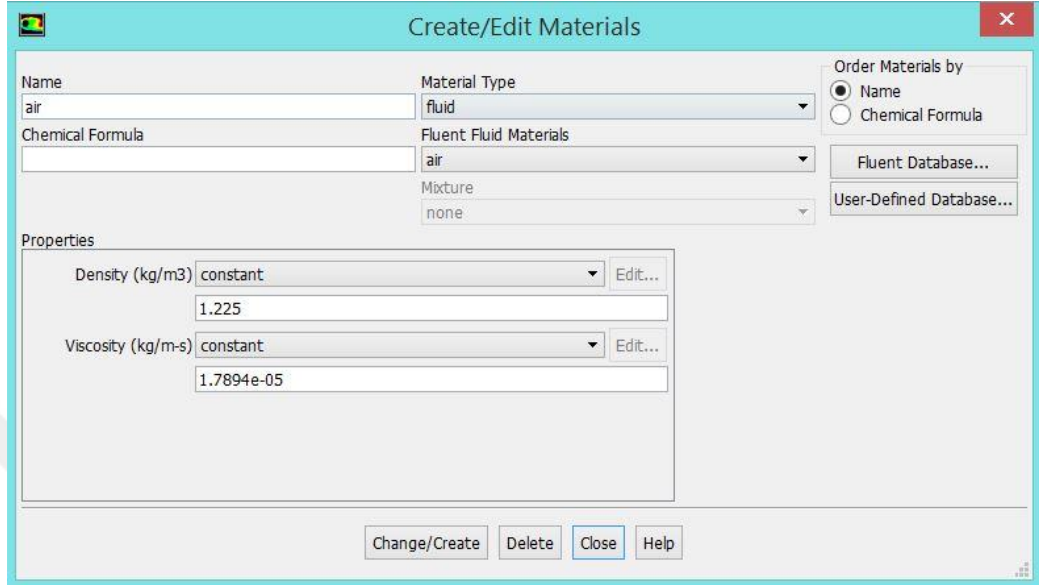
Şekil 5.6 Mesh yapısı

Mesh tanımlaması yapıldıktan sonra viskoz model tanımlaması olarak k-epsilon türbülans modeli seçilir. Bu modelin seçilmesindeki amaç, duvar sınırlı iç akışlar için basınç ortalamalarının düşük olduğu koşullarda iyi sonuç vermesidir [38,39,40].



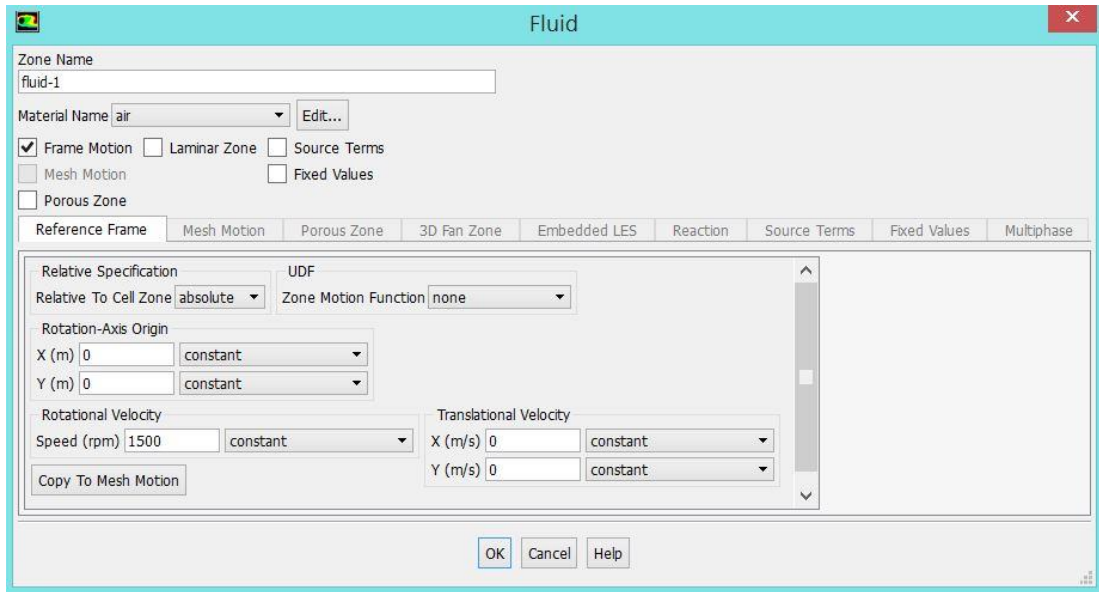
Şekil 5.7 Viskoz model tanımlaması

Kaynak dumanının içeriği, kaynak yöntemine göre değişiklik gösterdiği için içeriği tespit etmek oldukça güçtür. Bu yüzden akış tanımlaması olarak “air (hava)” tanımlanmıştır.



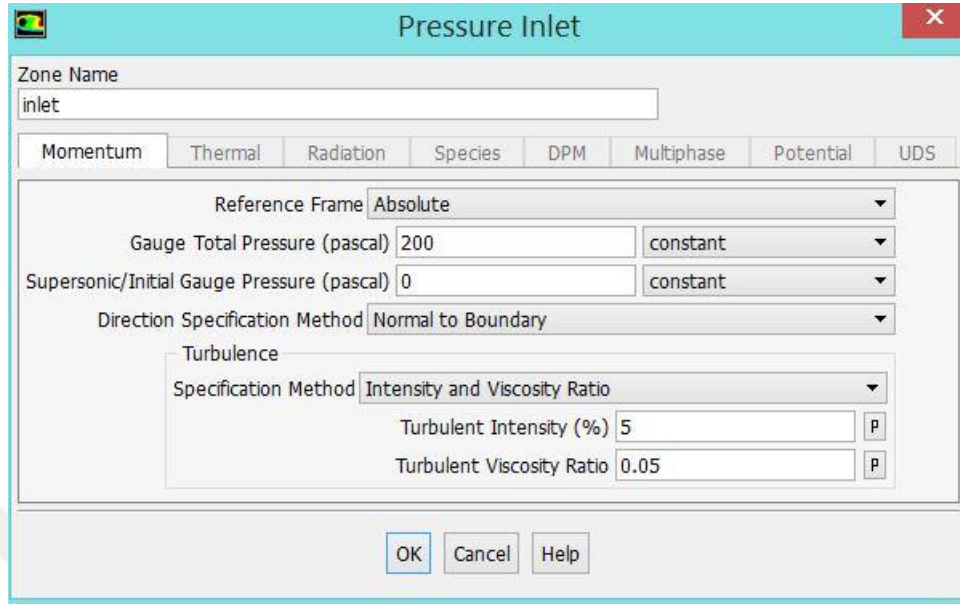
Şekil 5.8 Materyal tanımı

Analizde fluid-1 ve fluid-2 olmak üzere iki akış bölgesi vardır. Fluid-1’e fan tanımlandığı için, dönen referans bölgesi olarak frame motion sekmesi işaretlenir ve speed kısmına 1500 rpm, diğer analizde ise 3000 rpm olarak tanımlanır.



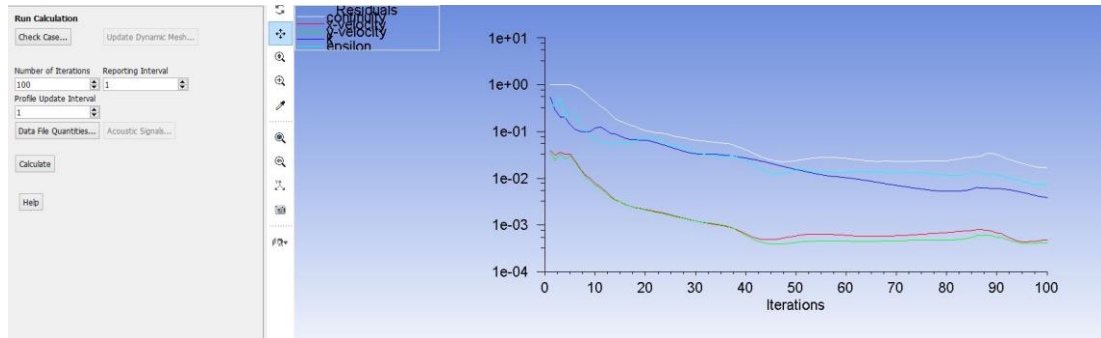
Şekil 5.9 Motor devrinin tanımlanması

Akış için sınır koşulları 200 pascal, türbülans yoğunluğu %5 ve türbülans viskozite oranı 0.05 olarak girilir.



Şekil 5.10 Akış sınır koşulları

Daha sonra çözüm adım sayısı olan iterasyon değeri girilir. İterasyon sayısı ne kadar çok olursa gerçek sonuca yakınsamamız o kadar doğru olacaktır. İterasyon sayısı 100 olarak tercih edilmiştir.



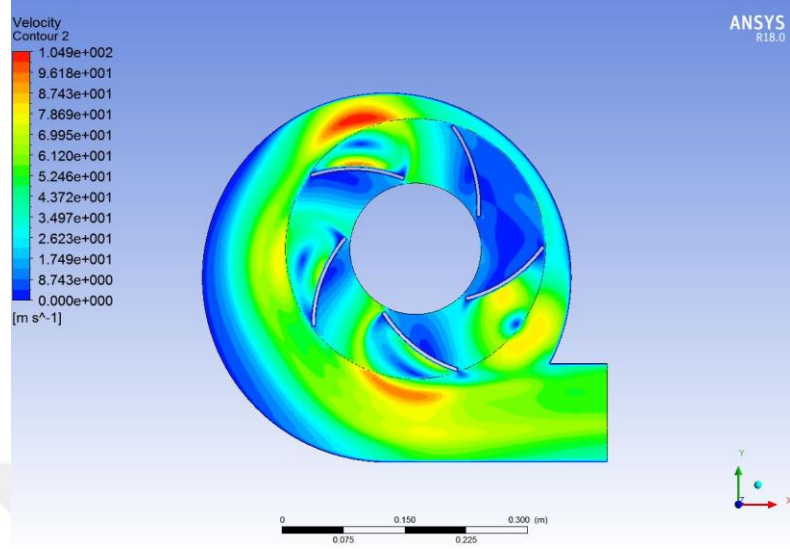
Şekil 5.11 Analiz çözümü

5.2.3 Analiz Sonuçları

- 1. Analiz

40 derece açılı kanatlara sahip, 5 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 1500 rpm girilmiş olup, analizin sonucuna göre akışın en hızlı olduğu

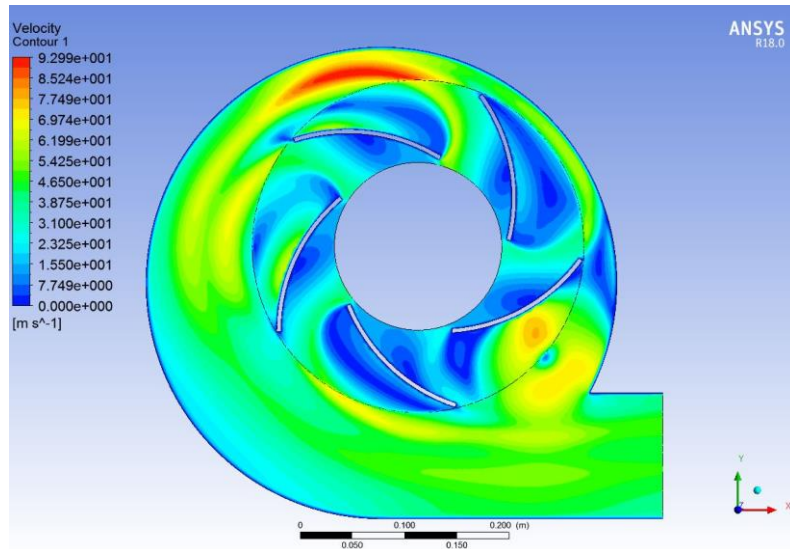
nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 104,9 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 52,46 m/s'dir.



Şekil 5.12 1.Analizin hız sonucu

- 2.Analiz

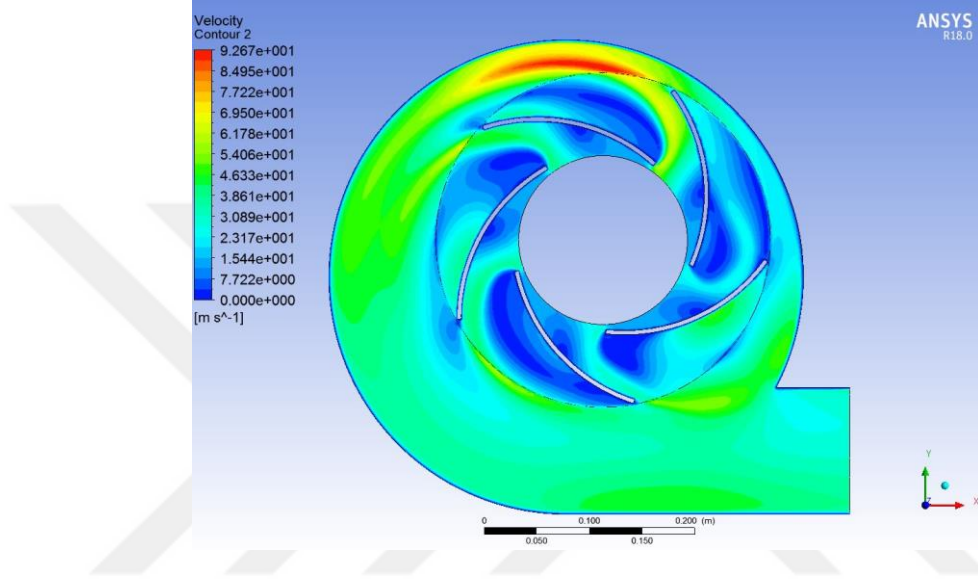
50 derece açılı kanatlara sahip, 5 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 1500 rpm girilmiş olup, analizin sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 92,99 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 46,5 m/s'dir.



Şekil 5.13 2.Analizin hız sonucu

- 3. Analiz

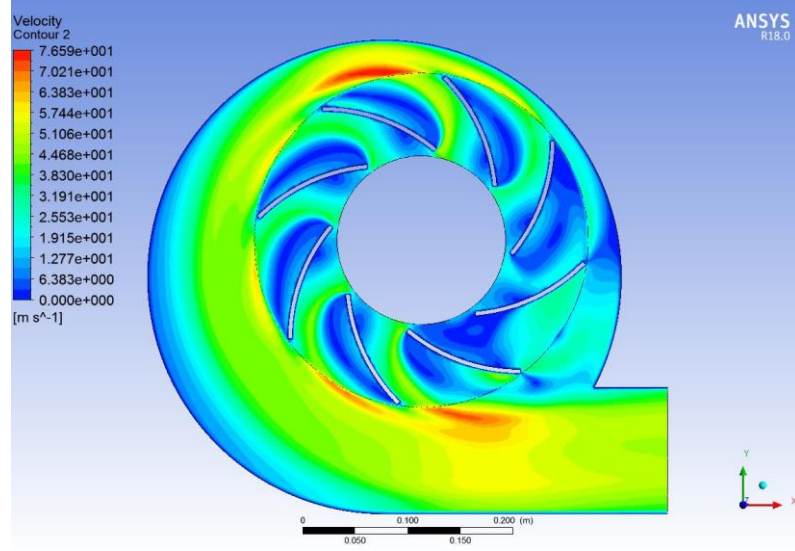
60 derece açılı kanatlara sahip, 5 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 1500 rpm girilmiş olup, analizin sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 92,67 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 38,61 m/s'dir.



Şekil 5.14 3.Analizin hız sonucu

- 4. Analiz

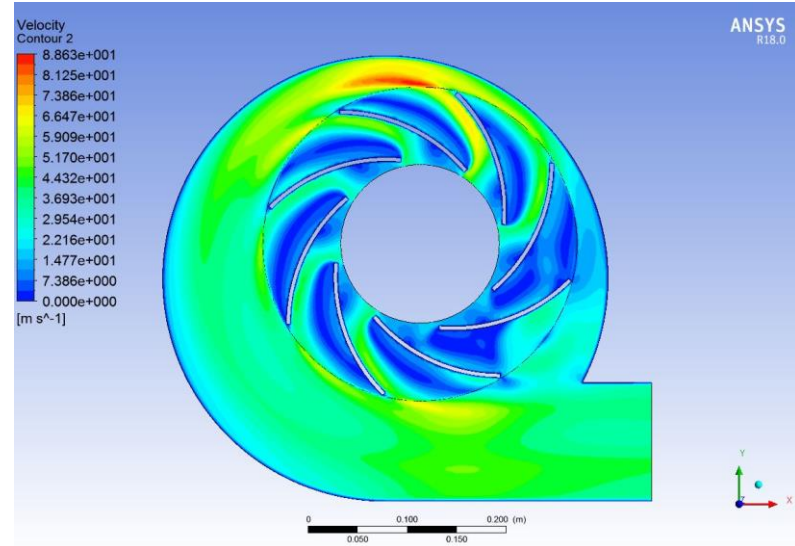
40 derece açılı kanatlara sahip, 8 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 1500 rpm girilmiş olup, analizin sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 76,59 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 44,68 m/s'dir.



Şekil 5.15 4.Analizin hız sonucu

- 5.Analiz

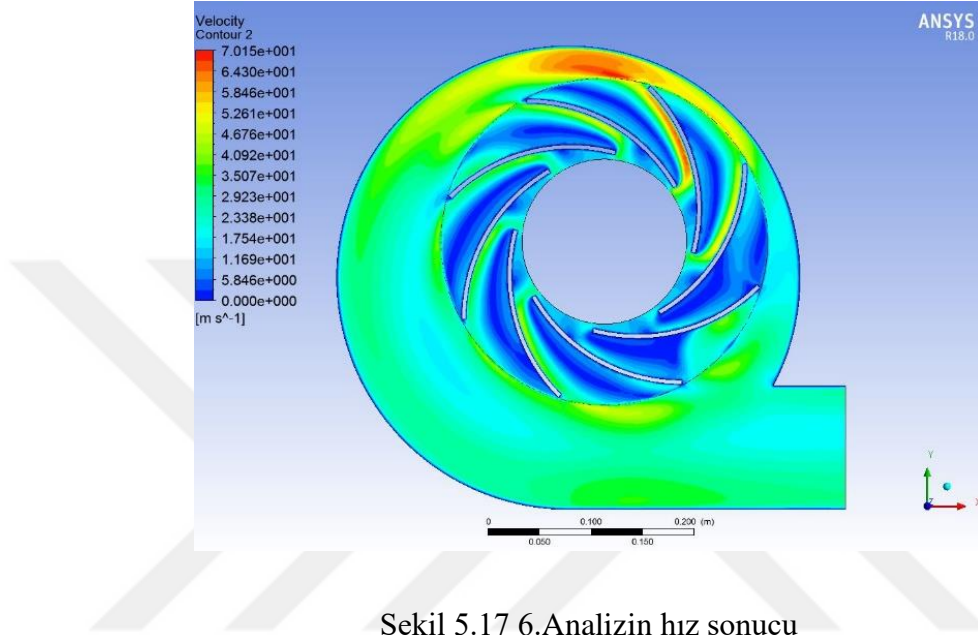
50 derece açılı kanatlara sahip, 8 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 1500 rpm girilmiş olup, analizin sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 88,63 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 36,93 m/s'dir.



Şekil 5.16 5.Analizin hız sonucu

- 6.Analiz

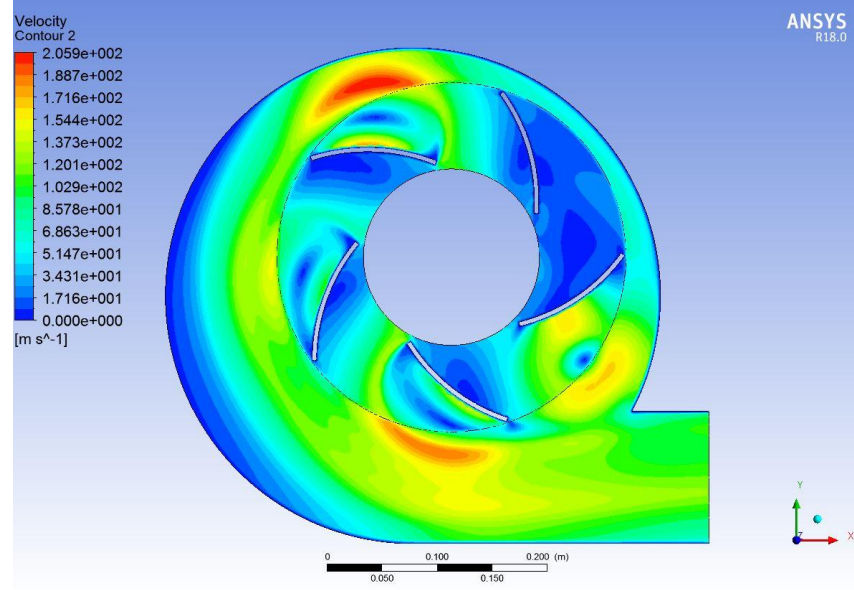
60 derece açılı kanatlara sahip, 8 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 1500 rpm girilmiş olup, analiz sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 70,15 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 29,23 m/s'dir.



Şekil 5.17 6.Analizin hız sonucu

- 7.Analiz

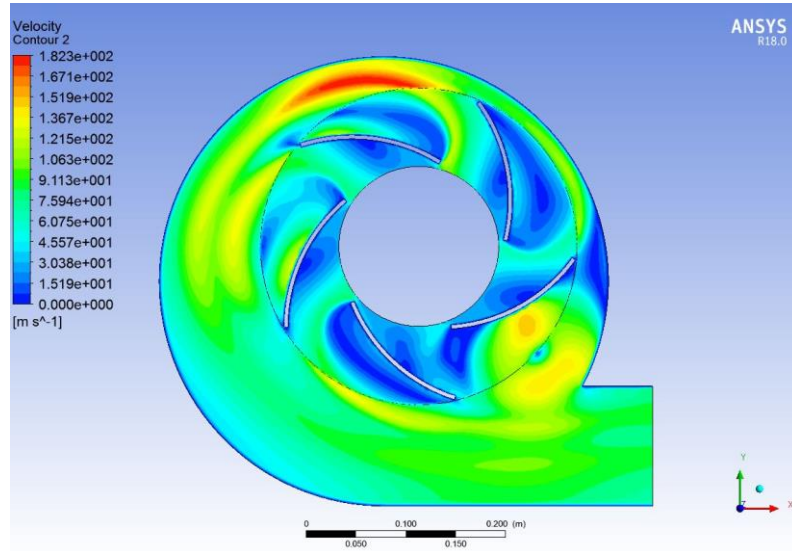
40 derece açılı kanatlara sahip, 5 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 3000 rpm girilmiş olup, analiz sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 205,9 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 102,9 m/s'dir.



Şekil 5.18 7.Analizin hız sonucu

- 8.Analiz

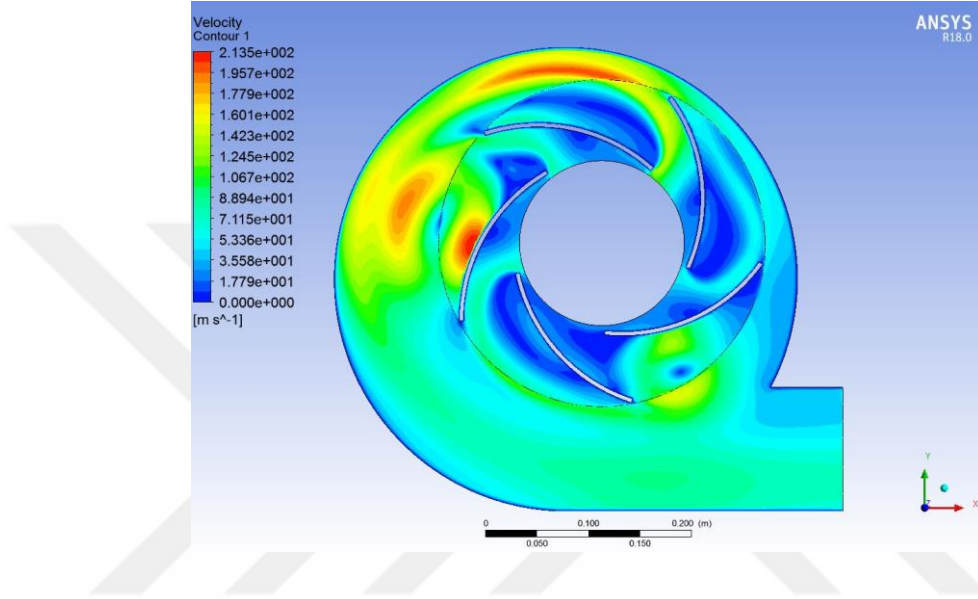
50 derece açılı kanatlara sahip, 5 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 3000 rpm girilmiş olup, analizin sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 182,3 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 91,13 m/s'dir.



Şekil 5.19 8.Analizin hız sonucu

- 9.Analiz

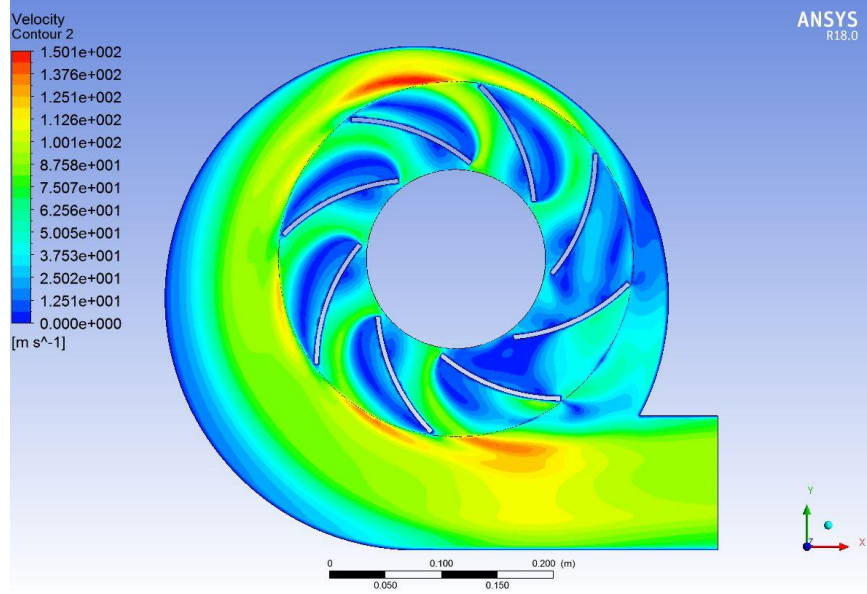
60 derece açılı kanatlara sahip, 5 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 3000 rpm girilmiş olup, analizin sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 213,5 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 88,94 m/s'dir.



Şekil 5.20 9.Analizin hız sonucu

- 10.Analiz

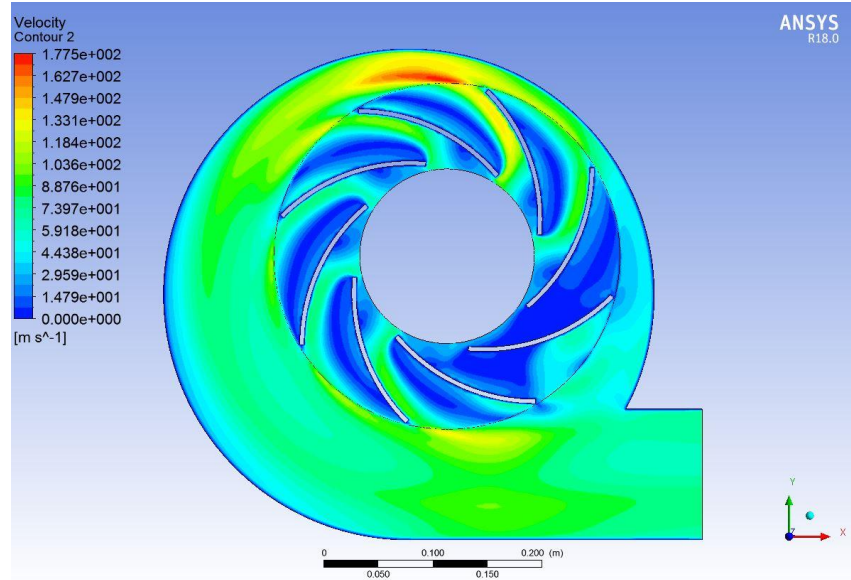
40 derece açılı kanatlara sahip, 8 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 3000 rpm girilmiş olup, analizin sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 150,1 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 75,07 m/s'dir.



Şekil 5.21 10.Analizin hız sonucu

- 11.Analiz

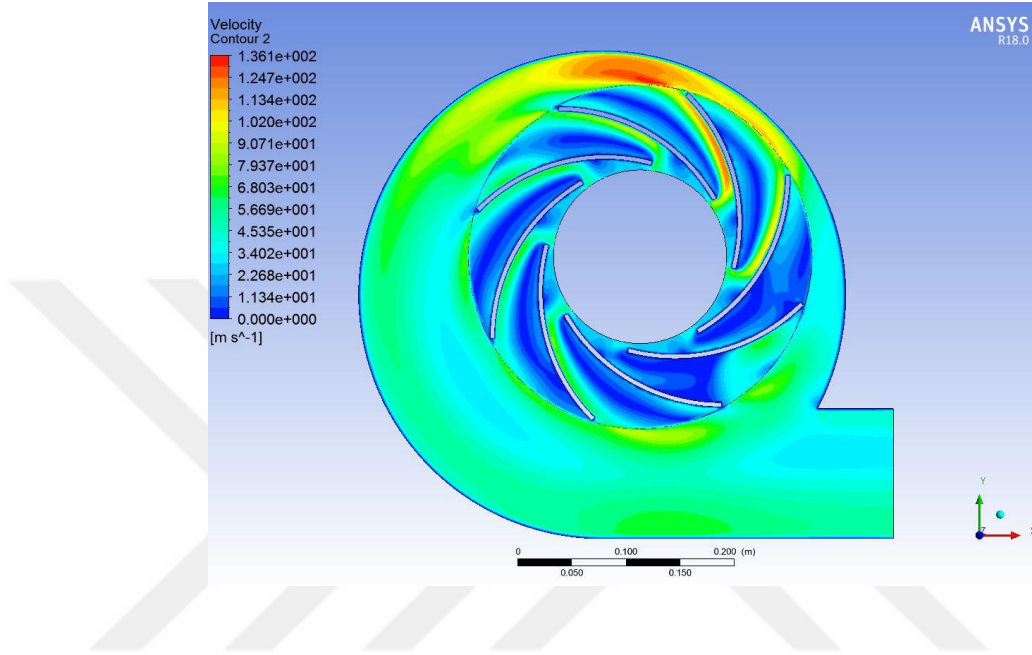
50 derece açılı kanatlara sahip, 8 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 3000 rpm girilmiş olup, analizin sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 177,5 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 73,97 m/s'dir.



Şekil 5.22 11.Analizin hız sonucu

- 12.Analiz

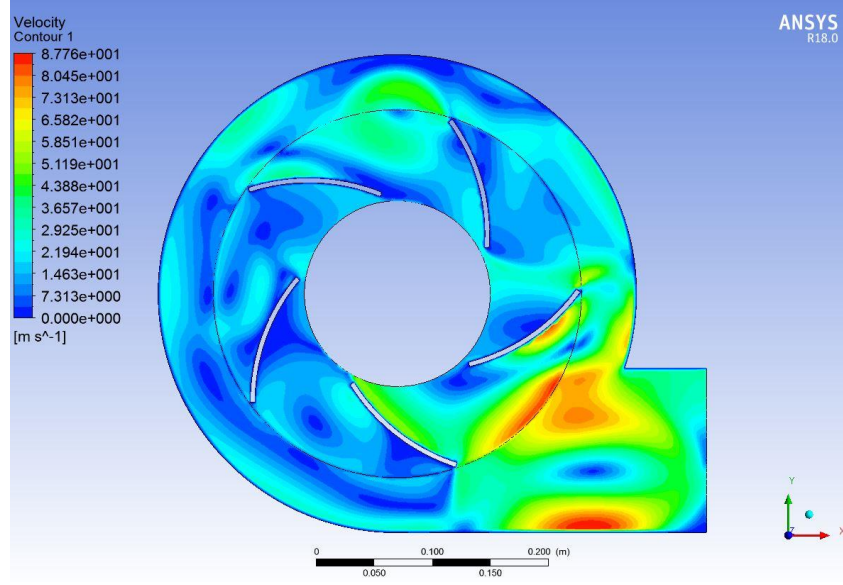
60 derece açılı kanatlara sahip, 8 kanattan oluşan fan ile yapılan analizde motorun devri 3000 rpm girilmiş olup, analiz sonucuna göre akışın en hızlı olduğu nokta kırmızı bölgedir. Bu analiz sonucuna göre akışın maksimum hızı 136,1 m/s'dir. Çıkış hızı outlet kısmında yaklaşık 56,69 m/s'dir.



Şekil 5.23 12.Analizin hız sonucu

- 13.Analiz

Bütün analizler yapılmadan önce fan ve salyangoz tasarımı montajlanırken eş merkezli tasarlanmıştır. Ancak analiz sonuçlarına göre akışın düzensiz olduğu, içerideki havanın türbülansa girdiği ve çıkış hızlarının çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. 13.Analiz diğer 12 analiz ile karşılaştırma yapılması açısından önem arz etmektedir. 5 kanatlı 40 derece açılıya sahip 1500 devirlik motor ile yapılan analize göre sonuçlar çıkış hızı yaklaşık 10 m/s'dir. Hem çıkış hızının düşüklüğü hem de akışın salyangoz içerisinde türbülansa girmesinden dolayı kabul edilir nitelik taşımamaktadır.



Şekil 5.24. 13.Analizin hız sonucu

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada gerçekleştirilen 12 analizin sonucuna göre, seçilen kanat sayısı referans alanıdırında 5 kanatlı fan tasarımı, 8 kanatlı fan tasarımına göre akış hızını outlet kısmında daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir. 5 kanatlı tasarım ayrıca maliyet ve montaj işçiliği bakımında zaman kazandıracaktır. Analiz sonuçlarına göre kanat açıları karşılaştırıldığında kanat açısı arttıkça, çıkış hızları düştüğü gözlemlenmiştir. Bu yüzden tasarımda 40°'lik kanatlara sahip tasarımlar daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır. Motorun devri arttırıldıkça fan çıkış hızlarının arttığı gözlemlenmiştir. Bütün analiz sonuçları karşılaştırıldığında en verimli fan tasarımının 5 kanatlı ve 40°'lik kanata sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Seçilecek olan motorun devri ise yapılan kaynağın yoğunluğuna göre tercih edilmelidir.

| Kanat Sayısı | Kanat açıları | 1500 rpm devir | 3000 rpm devir |
|--------------|---------------|----------------|----------------|
| 5 Kanat | 40°'lik kanat | 52,46 m/s | 102,9 m/s |
| | 50°'lik kanat | 46,5 m/s | 91,13 m/s |
| | 60°'lik kanat | 38,61 m/s | 88,94 m/s |
| 8 Kanat | 40°'lik kanat | 38,3 m/s | 75,07 m/s |
| | 50°'lik kanat | 36,93 m/s | 73,97 m/s |
| | 60°'lik kanat | 29,23 m/s | 56,69 m/s |

Tablo 6.1 Analiz Sonuçları

13. Analiz sonucuna göre ise fan ve salyangoz tasarımı ve montajı yapılırken birbiri arasındaki ilişki eşmerkezli olmamalıdır. Olduğu takdirde akışta düzensizlik ve türbülansa gözlemlenmiştir. Bunun önüne geçilmesi için fan ve salyangozun birbirinin merkezinden kaçık montajlanmalıdır.

Duman filtreleme sistemlerinin kaynak yapılan bütün işletmelerde kullanılması gerektiği kültürü bu tarz çalışmalarla ve yönetmeliklerle oluşturulmalıdır. Bu hem kaynak çalışanlarını sağlığını hem de işvereni ileride doğabilecek problemlerden koruma niteliği taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Turan, A., Kaynak Kongresi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı. Ankara, Türkiye, 2015, 512 s.
- [2] Vishnyakov, V., Kiro, S., Oprya, M., Ennan, A. Effects of Shielding Gas Temperature on the Welding Fume Particle Formation: Theoretical Model. *Journal of Aerosol Science*. 2018, 124, 112-121.
- [3] Vishnyakov, V., Kiro, S., Ennan, A. Formation of Primary Particles in Welding Fume. *Journal of Aerosol Science*. 2013, 9-16.
- [4] Yu, K., Topham, N., Wang, J., Kalivoda, M., Tseng, Y., Wu, C., Lee, W., Cho, K. Decreasing Biotoxicity of Fume Particles Produced in Welding Process. *Journal of Hazardous Materials*. 2011, 185, 1587-1591.
- [5] Antonini, J. Health Effects Associated with Welding. *Comprehensive Materials Processing*. 2014, 8, 49-70.
- [6] Altuntaş, O. Farklı Kaynak Yöntemleri ile Kaynaklanan X60 Çeliğinin Mekanik ve İyapı Özelliklerinin İncelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği, Osmaniye, 2018, 123s. (Yüksek Lisans Tezi).*
- [7] Oğuz, B., Ark Kaynağı, Oerlikon Yayını, 1989.
- [8] Oğur, A., Karakaya, Ç. Üniversite Düzeyindeki Kaynak Teknolojisi Eğitiminin Dünyadaki ve Ülkemizdeki Durumu. *Mühendis ve Makine*, 2009, 50(599), 2-7.
- [9] Magmaweld Ark Kaynağı Yöntemleri
- [10] Sangwan, K., Herrmann, Cç, Egede, P., Bhakar, V., Singer, J. Life Cycle Assessment of Arc Welding and Gas Welding Processes. *Procedia CIRP*. 2016, 48, 62-67.
- [11] Vishnyakov, V., Kiro, S., Oprya, M., Ennan, A. Effects of Shielding Gas Temperature and Flow Rate on the Welding Fume Particle Size Distribution. *Journal of Aerosol Science*. 2017, 114, 55-61.
- [12] Ibrahim, I., Mohamat, S., Amir, A., Ghalib, A. the Effect of Gas Metal Arc Welding (GMAW) Processes on Different Welding Parameters. *Procedia Engineering*. 2012, 41, 1502-1506.
- [13] Erener, Y. Analysis of Welding Parameters in Gas Metal Arc Welding by a Welding Robot. Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Mechanical Engineering. Ankara, 2006, Pg. 144. (The Degree of Master of Science).
- [14] Şahin, S. Kaynak Yöntemleri Ders Notları, 2012.
- [15] Kozytski, A., Ennan, A., Vishnyakov, V. Features of Nucleation in Welding Fumes from Gas Metal Arc Welding. *Journal of Aerosol Science*. 2019, 137.
- [16] Saraçoğlu, E., Gençkan, D. Özlü Tel Kaynak Teknolojisi. *Mühendis ve Makine*. 2009, 50 (599), 74-77.
- [17] Yılmaz, S. Sert Dolgu Kaynağında Elektrot Kimyasal Bileşiminin ve Kaynak Yönteminin Sertleşme Kabiliyetine Etkisi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği. Manisa, 2018, 49s. (Yüksek lisans tezi)*

- [18] Choudhary, S., Duhan, R. Effect of Activated Flux on Properties of SS 304 Using TIG Welding. *International Journal of Engineering*. 2015, 28(2), 290-295.
- [19] Xie, X., Shen, J., Cheng, L., Li, Y., Pu, Y. Effects of Nano-Particles Strengthening Activating Flux on the Microstructures and Mechanical Properties of TIG Welded AZ31 Magnesium Alloy Joints. *Materials & Design*. 2015, 81, 31-38.
- [20] Niagaj, J. Peculiarities of A-TIG Welding of Titanium and its Alloys. *Archives of Metallurgy and Materials*. 2012, 57, 39-44.
- [21] Seyitoğlu, M. TIG Kaynağı ile Kaynatılmış Otomotiv Saclarının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi. Ankara, 2013, Sy.126.
- [22] Gunaraj, V., Murugan, N. Prediction and Control of Weld Bead Geometry and Shape Relationships in Submerged Arc Welding of Pipes. *Journal of Materials Processing Technology*. 2005, 168(3), 478-487.
- [23] Külahlı, E., Kaynak Bilimi, Oerlikon Yayını, 1988
- [24] Bozkurt, Y., Keleş, D. Ergitmeli Kaynak Yöntemlerinde Açığa Çıkan Gaz ve Dumanın Çalışan Sağlığına Etkisi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*. 2017, 4, 144-150 s.
- [25] Yılmaz, G. Kaynak Atölyelerinde Çalışanların Etkilendiği Riskler. *Çalışma Ortamı Dergisi*. 2000, 4-6.
- [26] Avşaroğlu, A. Boru Hatlarındaki Kaynaklı İmalat Çalışmalarında İş Güvenliği Risk Analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 2011, 78 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [27] Zhao, J., Feng, Y., Bezerra, M., Wang, J., Sperry, T. Numerical Simulation of Welding Fume Lung Dosimetry. *Journal of Aerosol Science*. 2019, 135, 113-129.
- [28] Müezzinoğlu, A., Kaynak Alanında Tehlike Değerlendirmesi. Kaynak Kongresi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi, 20-21 Kasım, 2015, Ankara (Kaynak Kongresi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı, 405-410 s.)
- [29] Al-Khlaiwi, T., Meo, S. Health Hazards of Welding Fumes. *Saudi Medical Journal*. 2003, 24(11), 1176-1182.
- [30] Temel, O., Asenkron Motorların Sayısal İşaret İşlemci Kullanarak Hız Kontrolü. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya, 2011, 75s (Yüksek Lisans Tezi)
- [31] Sultansu, S., Kapalı Bir Otoparkın Jet Fanlı Havalandırma ve Duman Kontrol Sisteminin CFD Analizi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2019, 52s.
- [32] Durman, N. Kaynak İşlemleri Esnasında Oluşan Kaynak Dumanı İçerisinde Bulunan Ağır Metallerin Tayini. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı. Kayseri, 2018, Sy 91.
- [33] Kaymaz, Ö. Kaynak İşlerinde İş Kazası ve İşe Bağlı Sağlık Problemlerine Neden Olan Faktörler ve KKD Kullanımının Bu Faktörlere Etkileri Üzerine Çevresel ve Teknik Araştırma. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. Ankara, 2014, Sy.84.
- [34] Schweinheim, C. Setting Standards for HEPA Filter Efficiency. *Filtration&Separation*. 2015, 52(3), 13-15.

- [35] Davis, W., Kim, G. Effect of Prefilters on the Performance of HEPA Filters. *Filtration & Separation*. 1999, 36(3), 51-56.
- [36] Akova, U., Çalışkan, H., Balkan, T., Platin, B., Demirer, S. Abkant Presler için Enerji Verimli Hidrolik Tahrik Sistemi ve Kontrolü. Uluslararası Katılımlı VII. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, 2014, İstanbul, 359-376.
- [37] Efendioğlu, Ş. Sac Metal Kalıpcılığında Bilgisayar Destekli Kalıp Maliyeti Hesabı. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi. Ankara, 2012, Sy 106.
- [38] Kumawat, H. Modeling and Simulation of Axial Fan Using CFD. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*. 2014, 8(11), 1892-1896.
- [39] Sahili, A., Zogheib, B., Barron, R. 3-D Modeling of Axial Fans. *Scientific Research*. 2013, 4, 632-651.
- [40] Zhang, D., Shi, W., Chen, B., Guan, X. Unsteady Flow Analysis and Experimental Investigation of Axial-Flow Pump. *Journal of Hydrodynamics*. 2010, 22(1), 35-43.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şükrü ŞENTÜRK

Doğum Yeri ve Yılı : Manisa, 1990

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : senturk.sukru@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Mehmet Akif Ersoy Lisesi MANİSA, 2008

Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Makine Müh. Bölümü, 2013

Lisans : Anadolu Üniversitesi, İşletme, 2015

Mesleki Deneyim

İşkoğlu Mühendislik 2014-2015

Magma Mekatronik 2017-... (Halen)