

**LASERLE KAPLAMA KESİMİ
VE AĞAÇ KAKMACILIĞI ÜZERİNE
BİR ARAŞTIRMA**

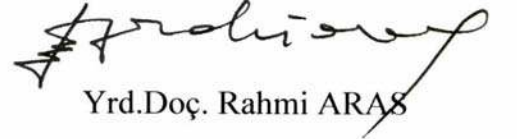
Fatih ALICI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

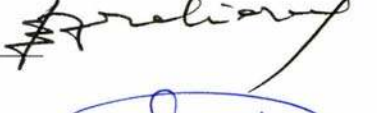
**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2006
ANKARA**

Fatih ALICI tarafından hazırlanan **LASERLE KAPLAMA KESİMİ VE AĞAÇ KAKMACILIĞI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA** adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Yrd.Doç. Rahmi ARAS
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28.04.2006

Başkan : Doç. Dr. Erol BURDURLU 
Üye : Yrd. Doç. Rahmi ARAS 
Üye : Yrd. Doç. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ 
Üye : _____
Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



**LASERLE KAPLAMA KESİMİ VE
AĞAÇ KAKMACILIĞI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
(Yüksek Lisans Tezi)**

Fatih ALICI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Nisan 2006

ÖZET

Bu çalışmada, ağaç kakmacılığında laser kullanım imkânları ile laser teknolojisinin ağaç kakmacılığına sağladığı avantajların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla kakma tekniğinde üretim yapan işletmelerde gözlemler yapmak sureti ile gelişmiş ülkelerde yaygın kullanım alanı bulan, ülkemizde ise kısmen kullanılan laser teknolojisi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, gerek malzemede firenin azaltılması gerekse kakma tekniğinin seri üretimde de uygulanmasını sağlayabilmek için laserli kesim yapan makinelerin kullanılmasının faydalı olacağı kanaatine varılmıştır. Sonuç olarak, laser teknolojisinin ağaç kakmacılığında etkin olarak kullanılabilmesi için makineyi kullanan operatörün laserli kesim yapan makineler hakkında eğitim almış olması, bu makinelerin kullanımı esnasında, makineyle birlikte gelen kullanım kılavuzunun çok iyi incelenerek tavsiye edilen bilgiler uyulması, insan sağlığına ve etrafındaki fiziki ortama zarar verebilen bu tip makinelerle çalışırken emniyet tedbirlerine uyması gerektiği, TSE'nin ve makine satıcısının tavsiyelerine dikkat edilmesi gerektiği de belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 711.1.013
Anahtar Kelimeler : Ağaç kaplama, Ağaç kakmacılığı, Laser, CO₂ Laser
Sayfa Adedi : 173
Tez Yöneticisi : Yrd.Doç. Rahmi ARAS

**WOOD-VENEER CUTTING WITH LASER AND
A RESEARCH ABOUT WOOD ORNAMENTAL INLAYING**

(M.Sc. Thesis)

Fatih ALICI

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

April 2006

ABSTRACT

In this study, it aimed to use possibilities of wood ornamental inlaying and determine to obtain advantages of laser technology wood ornamental inlaying possibilities. By this intention in the enterprises where is done the wood inlaying technique production aim to make the observation and laser technology which invented to use well-known in developed countries but in our country the used laser technology is partly. According to the research results, whether reducing to become less or using of the ornamental inlaying to supply applying in series production it has satisfied to be using of machines as useful which are cutting with laser. As a result to use the laser technology as ethnic the operator who is uses the machine should have education about them, during using of these machines, agree to the usage guide adviced informations which is coming with machine, while working with this kind of machines which are damage to the people health and to the environment necessity to apply safety precautions, it also determines to be careful the necessity of advice the machine seller and TSE's. (Turkish Standart Institute)

Science Code	: 711.1.013
Key Words	: Laser, CO ₂ Laser, Marquetry, Wood-Veneer Cutting,
Page Number	: 173
Adviser	: Yrd.Doç. Rahmi ARAS

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Rahmi ARAS'a, her konuda yardımcı olarak çalışmamı bitirmeme büyük destek olan Yrd. Doç. Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ'ye, makinelerinde uygulamalar yapmama müsaade eden Topaloğlu Mobilya sahiplerine ve Flomar çalışanlarına, Fatma ÖZTAŞ'a, araştırmalarım boyunca bana teknik doküman konusunda yardımcı olan değişik firmalarda bu konuyla alakalı çalışan teknisyenlere ve çalışmalarım boyunca bana her konuda destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ... ..	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Kakma	5
2.1.1. Kakma yapım teknikleri	8
2.2. Laserin Tanımı ve Yapısı	19
2.3. Laserin Çalışma Prensibi.....	22
2.4. Laser Işınının Özellikleri.....	26
2.5. Laser Türleri.....	27
2.5.1. Katı laserler	27
2.5.2. Sıvı laserler (Rhodamine 6G, 4-methylum belliferone, vb,).....	28
2.5.3. Gaz laserler.....	28
2.5.4. Endüstriyel alanda kullanılan laserler	29
2.6. Laser Uygulamaları.....	31
2.7. Laser Işınıyla Kesme Teknolojisi.....	34

Sayfa

2.7.1. Karbon di oksit laseri ile kesim.....	35
2.7.2. Süblimleşme kesimi	35
2.7.3. Laser ışını ile ergiterek kesme.....	35
2.7.4. Laser ışını ile yakarak kesme	36
2.7.5. Laser yöntemi ile işlenebilen malzemeler	36
2.8. Laser Tezgâhlarının Yapısı ve Laser Işını Üreteçleri	36
2.8.1. Laser tezgâhlarının genel yapısı	36
2.8.2. Laser ışınıni yönlendirme sistemleri	38
2.8.3. Laser ışını üreteçleri	39
2.8.4. CO ₂ laser üreteçleri.....	40
2.8.5. Nd - YAG laser üreteçleri	42
2.8.6. Excimer laser üretici	43
2.9. Laser Işını ile Kesim Parametreleri.....	43
2.9.1. Laser parametreleri.....	45
2.9.2. Proses parametreleri	48
2.9.3. İş Parçası parametreleri	50
2.9.4. Makine parametreleri	51
2.10. Laser Işını ile Kesimde Sonuçları Değerlendirme	54
2.10.1. Kesim yarığının genişliği	54
2.10.2. Ortalama pürüzlülük.....	55
2.10.3. Diklik.....	56
2.10.4. Kesim hattı çizgileri	56
3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	58

Sayfa

4. ARAŞTIRMA BULGULARI	60
4.1. Laserlerin Sınıflandırılmaları ve Laser Kullanımında Emniyet.....	60
4.1.1. Laser karakteristikleri.....	60
4.1.2. Laserlerin sınıflandırılması	61
4.1.3. Laser sistemleri ile ilgili tehlikeler ve emniyet tedbirleri	64
4.1.4. İnsan gözünün anatomisi	69
4.1.5. Laser emniyet uygulamaları	71
4.1.6. Laser kullanım gereklilikleri (Laserin kullanılma şartları)	73
4.1.7. Personeli koruyucu ekipmanlar	78
4.1.8. İkaz (Uyarı) etiket ve levhaları.....	80
4.1.9. Laser çalıştırma işlemlerinde standart emniyet tedbirleri	84
4.1.10. Laser emniyet eğitimi	85
4.2. Kaplamalı Kakma İşlemine Uygun Laser ve Kaplama Seçim Kriterleri.....	86
4.2.1. Laser ışını ile kesmenin prensibi.....	86
4.2.2. CO ₂ laser ile kesme	86
4.2.3. Ahşap kaplama kesimine uygun laser seçimi.....	88
4.2.4. CO ₂ laseri ile ahşap kaplama kesimi.....	90
4.3. CO ₂ Laser Kullanan Makine ve Özellikleri, CO ₂ Laser KullanarakKaplama Kesimi	95
4.3.1. Verimli çalışma/çalışma ortamı ve güvenlik.....	96
4.3.2. Makinenin temel kısımları ve özellikleri	99
4.3.3. Laser ışınının makinede izlediği yol	107
4.3.4. Lens ve lens seçimi	108

Sayfa

4.3.5. Hava tahliye sisteminin ve kompresör sisteminin bağlanması	108
4.3.6. Makinenin temel kullanım bilgileri.....	111
4.3.7. Makinenin işleme hazırlanması ve işe başlama	115
4.3.8. Makinenin temel bakımları	116
4.3.9. Makineyle ilgili bazı sorunlar ve çözüm yolları.....	133
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	136
KAYNAKLAR	142
EKLER	145
EK -1 Terimlerin açıklamaları	146
EK -2 Örnek işler	161
EK -3 100 Wattlık bir laser sisteminin teknik özellikleri ve içerikleri	165
EK -4 Makine örnekleri	167
ÖZGEÇMİŞ	173

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Dalga boyları ve özellikleri.....	21
Çizelge 2.2. Laserlerde kullanılan gazlar	49
Çizelge 4.1. Laser türlerinin karşılaştırılması	89
Çizelge 4.2. Kesim hızının, kaplama kalınlığı ve laser gücüyle bağlantısı	92
Çizelge 4.3. Kesim hızının, kaplama kalınlığı ve laser gücüyle bağlantısı	92
Çizelge 4.4. Odaklama uzunluğu çözünürlüğü kesim kapasiteleri	108

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Dalga boyları ve özellikleri	20
Şekil 2.2. Laser temel şeması	23
Şekil 2.3. Enerji seviyesi diyagramı	24
Şekil 2.4. Laser tezgâhının ana yapısı	37
Şekil 2.5. Laser ışını yönlendirme sistemleri	38
Şekil 2.6. Laserin ana yapısı	39
Şekil 2.7. Boyuna tahrikli laser üretici	40
Şekil 2.8. Enine tahrikli laser üretici	41
Şekil 2.9. Nd - YAG çubuk laseri prensip yapısı	43
Şekil 2.10. TEM 00 Modu	45
Şekil 2.11. Odaklama çapının değişimi	46
Şekil 2.12. Sapma açısı	47
Şekil 2.13. Polarizasyonu bozuk laser ışını ile kesimin sonucu	47
Şekil 2.14. Odaklama noktası pozisyonu	50
Şekil 2.15. Laser ışının soğuk/sıcak durumu	51
Şekil 2.16. Merceklerin doğru/yanlış takılması	53
Şekil 2.17. Ağız (nozzle)	53
Şekil 2.18. Merkezlenmiş ve merkezlenmemiş ışın	54
Şekil 2.19. Kesim yarığı	54
Şekil 2.20. Yarık genişliğinin saptanması.....	55
Şekil 2.21. Pürüzlülüğün tespiti	56

Şekil	Sayfa
Şekil 2.22. Kesim hattı çizgileri	57
Şekil 4.1. İnsan gözünün anatomisi	69
Şekil 4.2. Esas (yansımamış) birincil laser ışınına gözün doğrudan maruz kalması.	69
Şekil 4.3. Düzgün bir yüzeyden yansıyan (ikincil) laser ışığına gözün maruz kalması.	70
Şekil 4.4. Eğimli bir yüzeyden yayılmayan (ikincil) laser ışığına gözün maruz kalması	70
Şekil 4.5. Yayılmış (genişlemiş) bir laser huzmesinin, yayılmış bir şekilde yansımış şekline gözün maruz kalması	70
Şekil 4.6. 1 Sınıfı laser etiketi	81
Şekil 4.7. 2 Sınıfı laser etiketi	81
Şekil 4.8. 3a Sınıfı laser etiketi	82
Şekil 4.9. 3b Sınıfı laser etiketi	82
Şekil 4.10. 4 Sınıfı laser etiketi	83
Şekil 4.11. CAUTION (Dikkat) : Sınıf 2, Sınıf 3a için örnek ikaz levhası	83
Şekil 4.12. NOTICE (Duyuru) : Geçici laser kontrol bölgesinin dışarısında kullanılan örnek duyuru levhası	83
Şekil 4.13. DANGER (Tehlike) : Sınıf 3a, 3b ve 4 laserler için ikaz levhası	84
Şekil 4.14. Laser ışını ile kesmenin prensibi	86
Şekil 4.15. Bir CO ₂ laserinin diyagramı	87
Şekil 4.16. Spooky Plus ön görünüşü	100
Şekil 4.17. Spooky Plus motor ve elektronik bölümleri	101
Şekil 4.18. Bağlantı panosunun tanımları	102
Şekil 4.19. Spooky Plus Odaklama merceği taşıyıcı arabası görüntüsü	106

Şekil	Sayfa
Şekil 4.20. LaserPro Explorer odaklama merceği taşıyıcı arabası görüntüsü	107
Şekil 4.21. Laser ışınının izlediği yol	107
Şekil 4.22. Spooky Plus hava tahliye ve kompresör bağlantıları	111
Şekil 4.23. LaserPro Explorer durum ekranı	114
Şekil 4.24. Spooky Plus kontrol paneli	114
Şekil 4.25. Optik bileşenlerin makinedeki yerleri	128
Şekil 4.26. Makinede yansıtıcı aynalar ulaşma	129
Şekil 4.27. Odaklama merceğine ulaşma	130
Şekil 4.28. Yansıtıcı ayna temizliği	131
Şekil 4.29. Odaklama merceğini temizleme	132

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. X-actro bıçak setleri	10
Resim 2.2. #111 ağız no'lu X-actro bıçağı	10
Resim 2.3. Kıl testere aleti	11
Resim 2.4. Çeşitli kıl testereler	12
Resim 2.5. Kuş ağız isimli aparat	13
Resim 2.6. Elektrik motorlu kıl testere makinesi	14
Resim 2.7. Pencere yöntemi ile kakma hazırlama	16
Resim 2.8. İcini doldurma yöntemi ile kakma hazırlama	17
Resim 2.9. İki kaplamanın eğimli kesim yöntemi ile kakma hazırlama	18
Resim 2.10. Ayarlanabilir elektrik motorlu kıl testere makine tablası	19
Resim 4.1. Koruyucu gözlükler	78
Resim 4.2. Bir CO ₂ laserinin yapısı	87
Resim 4.3. Makine teraziye alınarak yerleştirilmeli	95
Resim 4.4. Ayaklar yerlerinden oynamamalı	95
Resim 4.5. Spooky Plus genel görünüşü	100
Resim 4.6. LaserPro Explorer genel görüntüsü	103
Resim 4.7. LaserPro Explorer ön görüntüsü	104
Resim 4.8. LaserPro Explorer sağ yan görüntüsü	104
Resim 4.9. LaserPro Explorer sağ yan anahtar ve giriş görünüşleri	104
Resim 4.10. LaserPro Explorer sol yan görüntüsü	105
Resim 4.11. LaserPro Explorer arka görüntüsü	105
Resim 4.12. LaserPro Explorer odaklama merceği taşıyıcı arabası genel görüntüsü.....	106

Resim	Sayfa
Resim 4.13. LaserPro Explorer egzoz çıkış bölümü	110
Resim 4.14. LaserPro Explorer hava hortumu bağlantısı	110
Resim 4.15. LaserPro Explorer hava hortumunun makineye bağlantısı	111
Resim 4.16. LaserPro Explorer kontrol paneli	112
Resim 4.17. 1 numaralı aynanın makinedeki yeri.	118
Resim 4.18. 1 numaralı aynanın koruyucu kapağının sökülmesi.	119
Resim 4.19. 1 numaralı aynanın koruyucu kapaksız görüntüsü.	119
Resim 4.20. 1 numaralı aynanın vidasının sökülerek yerinden çıkarılması	119
Resim 4.21. 2 ve 3 numaralı aynanın makinenin sol yanındaki yerleri	120
Resim 4.22. 2, 3 ve 4 numaralı aynalar	120
Resim 4.23. 2 numaralı aynanın koruyucu kapağı	121
Resim 4.24. 2 numaralı aynanın yerinden çıkarılması	121
Resim 4.25. 4 numaralı aynanın hareketli kesici kafadaki yeri.	122
Resim 4.26. 4 numaralı aynanın yerinden çıkarılması.	122
Resim 4.27. Kesici kafa üzerindeki odaklama merceğinin yerinden çıkarılması	123
Resim 4.28. Temizlik sıvısının damlatılması	124
Resim 4.29. Bezin bir yönde çekilmesi	124
Resim 4.30. Odaklama merceğinin temizliği	125
Resim 4.31. Bal peteği şeklindeki çalışma tablası	125
Resim 4.32. PS2 yağı	127
Resim 4.33. Rayların bakımı	127
Resim 4.34. Millerin yağlanması	127
Resim 4.35. Rayların özellikle tozunun alınması gereken yerler	128

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
°C	Celsius. Santigrat. Sıcaklık ölçü birimi.
µm	micrometre. 1µm = 0.001 mm
Kısaltmalar	Açıklama
ANSI	American National Standards Institute
Ar	Argon
CENELEC	European Elektronik Standardization Committee (Avrupa Elektroteknik Standartlar Komitesi)
Cd	Cadmium
CO ₂	Carbon Di Oksid
CO	Carbon monoxide
EYS	Erişilebilir Yayın Seviyesi
feet	İngiliz ölçü birimi. “foot”un çoğul biçimi 1 feet = 0.3048 m
frekans	frequence, frequency. Birimi: sn
Ga:As	Gallium:Arсенic
GMKS	Güdümlü Mermi Karşıt Tedbir Sistemi
He	Helyum
hertz	Saniyede bir titreşime eşit frekans birimi Birimi : 1/sn
HPO	Health Protection Office (Sağlık Koruma Ofisi)
IR	Enfraruj (Kızılötesi)
inch	İngiliz ölçü birimi. 2.54 cm

Kısaltmalar	Açıklama
J	joule: Enerji birimi.
Kr	Krypton
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. (Uyarılmış Işın Yayınımıyla Işık Kuvvetlendirilmesi.)
LGAC	Laser Generated Airbone Contaminants (Laserin Ürettiği Havayı Kirleten Maddeler)
MASER	Microwave (Molecular) Amplification by Stimulated Emission of Radiation. (Uyarılmış Işın Yayınımıyla Mikrodalga Kuvvetlendirilmesi.)
MPE	Maxsimum Permissible Expose (Maksimum Maruz Kalma Müddeti)
MSDS	Material Safety Data Sheet (Materyal Emniyet Bilgisi Notları)
Nd-YAG	Yitrium Aluminyum Granet
Ne	Neon
NHZ	Nominal Hazard Zone (Mutlak Nominal Tehlike Bölgesi)
nm	nanometre: 1 nm = 0,000000001 mm
Pb	Kurşun
RF	Radyo Frekansı
Sn	Kalay
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UV	Ultra Viole (Morötesi)
w	watt: Güç birimi.
Xe	Xenon
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Bir süreç olan insanoğlunun hayatında her zaman daha iyinin arayışı sürmüştür. Tarihin her devrinde, olduğundan daha rahat yaşamayı isteyen insanlar, yaşam tarzına bağlı olarak en basit eşyalarda bile belirli bir estetik anlayışı aramışlardır. İnsanın yaratılışı gereği içerisinde bulunan güzelliği, ilk doğduğunda yattığı yataktan/beşikten, öldükten sonra konulacağı mezar yerine kadar etrafında bulunan her şeye, kullandığı eşyalarda ve mobilyalarda da görmek istemiştir.

İnsanoğlunun bu güzellik arayışı içerisinde, ahşap malzemeden hazırlanan eşyaların estetik değerlerinin arttırılması veya bu tip uğraşlarla kişisel estetik anlayışlarını sergilemekten zevk alan kişilerin ortaya koyduğu Fransızca “*marqueterie*”, İngilizce “*marquetry*” ve Türkçede “*kakma*” diye isimlendirilen sanat ortaya çıkmıştır.

Masif ya da kaplamalı yüzeylere değişik renk ve özellikte, masif ahşap veya kaplama, sedef, fildişi, kemik, bağa, hindistan cevizi kabuğu, altın, gümüş vb. malzemelerin bir kompozisyon oluşturacak şekilde gömülmesi ile yapılan süsleme tekniğine “*kakma*”, bu işi yapana ise “*kakmacı*” denilmektedir (1).

Ahşap kakma işleminde tasarım, bir materyal kalıbıyla takip edilir ve farklı-zıt parçalar çukurlara yerleştirilir. Kaplamalı kakma işleminde yapılan ise bir tasarım ya da resim oluşturmak için birçok kaplama parçasının uygun olacak şekilde eşlenmesidir (2).

Kakma işleminde kullanılan araç-gereçler uzun yıllardan beri teknolojik olarak pek fazla ilerleme kaydedemediğinden günümüz seri üretim anlayışında, kakma işi zor olarak kabul edilmektedir. Ve bu sebeple de çok yaygın olarak uygulanmamaktadır. Bugün, modern teknolojinin kullanımı ile çok eski sanat eserlerinin yapılmasına dahi olanak sağlandığı için kakma işleri tekrar popüler olmaya başlamıştır.

Modern teknolojinin çağıma kazandırdığı birçok yenilikten biri olan laserler günümüzde ahşap sektöründe de kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknoloji sayesinde

klasik üretim tekniklerinin olumsuz yönleri giderilerek, seri üretime uygun şekilde estetik yapısından ödün verilmeden kakma işleri yapılabilir. (1).

Genel manasıyla laser, tek bir dalga boyunda, tek renkli, oldukça düz, yoğun ve aynı fazlı, paralel dalgalar halinde genliği yüksek güçlü ışık demeti üreten bir cihazdır (3).

Laser kelimesi İngilizce; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (uyarılmış ışın yayınımla ışık kuvvetlendirilmesi) cümlesindeki kelimelerin baş harflerinin alınmasıyla üretilmiş bir kelimedir (4).

1960 yılında ABD’de Theodore H. Maiman tarafından keşfedilmiştir (1). Güneş ışınları veya aydınlatma maksatlı kullanılan ışık kaynakları, dalga boyları değişik uzunluklarda, rengârenk, yani farklı faz ve frekansa sahip dalgalardan meydana gelir. Laser ışığı ise yüksek genlikli, aynı fazda, birbirine paralel, tek renkli, hemen hemen aynı frekanslı dalgalardan ibarettir. Optik frekans bölgesi yaklaşık olarak bir trilyon hertz ile üç bin trilyon hertz arasında yer alır. Bu bölge, kırmızı ötesi ışınları, görülebilen ışınları ve elektromanyetik spektrumun morötesi ışınlarını kapsar. Buna karşılık mikro dalga frekans bölgesi yaklaşık olarak 300 milyon hertzden 300 milyar hertze kadar uzanan çok yüksek frekanslarda çalışmaktadır (5).

Laserin önemi, uygulamasının yaygın olmasında ve onun daha da genişlemesinin beklenmesinde yatmaktadır. Özellikle uygulamanın genişliği, ışınların frekansların hassas bir şekilde kontrolünden, yayılan ışının yayılma düzeninden veya ışınların olağanüstü yoğunluğundan kaynaklanmaktadır (6).

Yarım asır önce keşfedilen ilk laser icadından bu yana birçok yeni bilimsel buluşu mümkün kıldığı gibi günlük hayatımıza da girmiş ve birçok endüstri kolunda da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Laserin yeni ve üstün tiplerinin geliştirilmesine devam edilirken uygulama alanları da hızla genişlemektedir.

Laserle yapılan üretim hem otomasyonu sağlamakta hem de üretim hatasını azaltmaktadır. Laserin çeşitli tezgâhlarda uygulanmasıyla üretim 24 saat

yapılabilmekte, seri üretim sağlanmasıyla maliyet de azalmaktadır. Bununla birlikte birçok makine kullanılmamakta, insan faktöründen kaynaklanan hatalarda azalmaktadır (6).

Laser endüstride en yaygın olarak ısısından istifade edildiği alanlarda kullanılır. Laser ışığının çok güçlü ve küçük bir alanda yoğunlaşması hemen hemen her maddeyi kısa sürede eriterek kesilmesine olanak sağlar. Örneğin, normal güçte ($1 \text{ mW} / \text{cm}^2$) sürekli çalışan bir CO₂ laseri 3 mm kalınlığında çeliği saniyede 2 cm lik bir hızla, 5 cm kalınlığındaki çam kerestesini ise saniyede 4 cm lik bir hızla kesebilir. Üstelik bu kesme işlemi, diğer yöntemlerle gerçekleştirilenlere oranla çok daha düzgün olur. Laser kullanılarak iki metali hızlı ve çok sağlam bir şekilde kaynak yapmak da yaygın bir uygulamadır. Laserin kesme kabiliyeti ameliyatlarda da kullanılmaktadır. Keserken kanın pıhtılaşmasını da sağladığı için, laserle yapılan ameliyatlara kansız olmaktadır. Bunun dışında, uzay haberleşmesinde, holografi cisimlerin üç boyutlu olarak gerçeğe çok yakın görüntülerini yaratma tekniği, laser ile çok hassas olarak mesafe ve hız ölçmek de yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Laserin askeri amaçla kullanımı için de yoğun araştırmalar yapılmaktadır (7).

Yurtdışında özellikle otomotiv, elektrik, havacılık ve metal endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılan laser teknolojisinin kullanımı özellikle son yıllarda ülkemizde de yaygınlaşmaya başlamıştır. Daha çok kesme ve kaynak işlemlerinde kullanılan laserin endüstride kullanılan türleri CO₂ (Carbon Di Oxide) ve Nd-YAG (Yitrium-Alüminyum-Granet) laserdir. Bu iki tip laser geleneksel üretim metotları ile karşılaştırıldığında teknik ve ekonomik açıdan üstünlükler sağlar (7).

Ülkemizde ağırlıklı olarak metal, otomotiv ve tekstil sektöründe kullanılan laser sistemleri; mobilya sektöründe, tanınmamasından dolayı, pek fazla kullanım imkânı bulamamaktadır. Ayrıca, Avrupa ve ABD’de bilinçli olarak kullanılan laser sistemleri ülkemizde diğer konveksiyonel makineler gibi kullanılmaktadır (7).

Bu araştırma ile mobilya sektöründe pek fazla tanınmayan laser sistemlerinin tanınmasına yardımcı olunulmaya çalışılmıştır. Ayrıca, bu sistemlerin ekonomik,

kaliteli ve insan sağlığına herhangi bir zarar vermeden nasıl kullanılabileceği anlatılmaya çalışılmıştır.

Mobilya sektöründe birçok amacı gerçekleştirmek için kullanılabilecek olan laser sistemleri, bu araştırmada; ağaç kakmacılığı (marketri) yapımında kullanılmak için kaplama kesimine uygun laser sisteminin seçilmesi, yapımında kullanımı, laser makinesinin seçim kriterleri, kalite değerlendirmeleri, kaplama kesimi, sağlıklı bir şekilde makine kullanımı, temel bakım ve basit hataların giderilmesi başlıkları altında incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kakma

Masif ya da kaplamalı yüzeylere değişik renk ve özellikte, masif ahşap veya kaplama, sedef, fildişi, kemik, bağa, hindistan cevizi kabuğu, altın, gümüş vb. malzemelerin bir kompozisyon oluşturacak şekilde gömülmesi ile yapılan süsleme tekniğine “*kakma*”, bu işi yapana ise “*kakmacı*” denilmektedir (1). Fransızca “*marqueterie*”, İngilizce “*marquetry*” diye isimlendirilmektedir.

Ahşap kakma işleminde kompozisyon, bir materyal kalıbıyla takip edilir ve farklı-zıt parçalar, oyularak hazırlanan yuvalara yerleştirilir. Kaplamalı kakma işleminde yapılan ise bir resim oluşturmak için birçok kaplama parçasının uygun olacak şekilde eşlenmesidir (2).

Kakma işleminde kullanılan araç ve gereçler uzun yıllardan beri teknolojik olarak pek fazla ilerleme kaydedemediğinden günümüz seri üretim anlayışında, kakma işi zor olarak kabul edilmektedir. Bu sebeple, uygulama alanı sınırlı kalmıştır. Ancak günümüzde modern teknolojinin kullanımı; eski sanat eserlerinin yapılmasına dahi olanak sağlandığı için kakma işleri tekrar yaygınlaşmaya başlamıştır

Mobilya yüzeylerinin renkli şekillerle süslenmesi ilk olarak M.Ö. 3000 yıllarında Mısırlılar tarafından yapılmıştır. Kakmacılığın ilk örnekleri, renkli deniz kabukları, taşlar ve kemikler ağaç malzemeye oyulan yuvalarına oturtularak meydana getirilmiştir (8).

Yunanistan’da M.Ö. VI. ve V. yüzyıllarda çok ince gravürlerle süslenmiş plaketerler hazırlanarak mobilyaların üzerine tutkalanmıştır. Bugün anlaşıldığı biçimde kakmacılığın yapılışı M.Ö. 2000–800 yıllarına rastlar. M.Ö. 1350 yılında ölen Tutankamon’un mezarındaki sıralar, sandalyeler ve karyolaların üzerinde fildişi, kehribar altın gibi gereçler kullanılarak değişik oyma şekiller işlenmiştir (8).

Kakmacılık hakkında ilk yazılı belge M.S. 79 yılında ölen Romalı tarihçi Plinius'a aittir. Bu eserde kakmacılığın nasıl yapılacağı da açıklanmaktadır (8).

Eski çağlarda kakma işleri, üç köşe veya dört köşe parçalar halinde yapılmıştır. Kakmacılıkta 1550 yılına kadar kesici alet olarak yalnız bıçak ve düz kalem kullanılmıştır (8).

Rönesans devrinin ünlü sanatçıları kıl testeresi ile değil kunduracı bıçağı ile çalışmışlardır. Bu devirlerde İtalya'da kakmacılığın çok ileri olduğu bilinmektedir. Sadece Floransa'da 8 tane oyma ve kakma atölyesinin bulunduğu ele geçen belgelerden anlaşılmaktadır (8).

Eski sanatkârlar yapacakları süslemeleri kendileri çizerler bazen de ünlü ressamların eserlerinden yararlanırlardı. Bu sanatkârların ünlü ressamların eserlerini konu olarak seçilmesi kopya değildir. Bu eserler ile örnek alınarak stilize edilen kakma eserler arasında belirli renk ve çizgi farklılıkları vardır. Resim ve kakmacılığın yapılışında kullanılan gereç ve teknikler farklıdır. Bu nedenle kuvvetli sanatkârların yapmış oldukları kakma eserler birer kopya olmaktan daha çok, ustalıkla ve büyük beceri ile stilize edilmiş yepyeni eserler olarak karşımıza çıkar (8).

Bıçakla yapılan kakma işlerinde fon (zemin) olarak kullanılan ağaç bıçakla oyulur ve inceltilerek şekillendirilmiş ağaç veya renkli şekiller bu yuvalara tutkallanırdı. 1462 yılına kadar yapılan işlerde doğal renkli ağaçlar kullanılırdı. Daha sonra küçük ağaç parçalarını kaynar yağda boyayarak ilk kez boyanmış ağaç ile kakmacılık yapıldı. Yine bu sıralarda kaplamaları kızdırmış kum ile kısmen yakarak gölge verme tekniği bulundu (8).

1560 yılında saat zembereğinden ege ile hazırlanan ince kıl testereler kullanıldı ve kakmacılıkta seçilen konulara yeni boyutlar kazandırdı. Bıçak ile işlenmesi çok güç olan karmaşık ve kıvrımlı şekiller kesilebildiği gibi değişik renkte kaplamaları üst üste koyarak bir defada kesmek mümkün oldu (8).

Aynı tarihlerde Anadolu, İran ve Arabistan'da çizgi süslemeleri ile üsluplaştırılmış çiçek ve yapraklardan yararlanıldı (8).

Boyanmış ağaçların kullanılması 1570 yılına kadar devam etti. Renk bakımından zengin olan sıcak iklim ağaçları bu tarihten sonra Avrupa'da tanınmaya ve kakmacılıkta kullanılmaya başlandı (8).

Rönesans'ın güzel sanatlar üzerindeki etkisi kakmacılıkta da kendini gösterdi. 1600–1750 yılları arasında Avrupa'nın en iyi kakmacıları Fransa'da yetişti. Paris'te Louvre, Versailles sarayları için yapılan mobilyalarda kakma süslemelere geniş yer verilmiştir (8).

Çiçek motiflerini işleyen Fransızlar, Türk halı ve çiçeklerinden de yararlanmışlardır. Kakma kompozisyonlarının daha çok sade işlerde kullanılması bugünün anlayışına da uygundur. Eskiden çok süslü ve ayrıntılı işler kakma için seçilirdi (8).

1795 yılında David Rontgen isimli sanatkâr kraliçe Marie Antoinette'in sarayına yaptığı mobilyalarda kakmacılığın altın devrini yaşatmıştır (8).

XX. yüzyılın başlarında bütün güzel sanatları etkisi altında bulunduran izlenimcilik akımı mobilya ve kakmacılıkta da kendini göstermiştir. 30 yıl kadar etkisini sürdüren bu dönemde mobilyalarda hiç kakma kullanılmadı. 25–30 yıldan beri özellikle Almanya'da kakmacılık yeniden değer kazandı, önceleri sade ve basit örneklerle işe başlandı. Bugün ise sanatkârane çalışmalar yapılmakta ve güzel eserler verilmektedir (8).

Türklerde kakmacılık batıda olduğu gibi genellikle mobilya üzerine kakma işlemekten daha çok ev eşyası üzerinde uygulandı (8).

Selçuk Türkleri, İranlılar ve Hintliler kamacılıkta çoğunlukla geometrik şekillerden yararlanmışlardır. Daha sonra Avrupalılarında kullandıkları bu süslemelere ait pek çok örneği yurdumuzda camii, müze, türbe gibi yerlerde görmek mümkündür (8).

Osmanlı mimarları özellikle Mimar Sinan ve öğrencileri Davud, Mehmet, Dalgıç Ahmet gibi ustalar süsleme sanatları içinde kakmacılığa önem vermişlerdir. Bunlar, Topkapı Sarayı bahçesinde bulunan atölyede devrin seçkin öğrencileri, yapı sanatının bir kolu olarak taş ve ahşap üzerine kakmacılık metotlarını geliştirmişlerdir (8).

2.1.1. Kakma yapım teknikleri

Günümüzde ağaç kakmacılığında daha çok masif ağaç ve kaplama ile yapılan kakma uygulama alanı bulmaktadır. Bu iki kakma tekniğinden en çok uygulananı kaplama ile yapılan kakmadır (8).

Masif kakma tekniği

Masif ağaç üzerine, değişik renkli ağaçlarla, sedef, fildişi, bağa, metal v.b. gereçlerle yapılan kakma tekniğidir. Masif ağaç kakmacılığı, kaplamalarla yapılan kakmadan daha zor ve zaman alıcıdır. Masif kakma yapılırken önce kakma parçalarının 1/1 ölçekli iş resimleri çizilmektedir (8).

Kakma için seçilen ağaç cinsinden parçalar 4–5 mm veya daha kalın plaka haline getirilmektedir. Kakması yapılacak motifler hazırlanan bu plakalar üzerine yapıştırılmakta veya çizilmektedir. (8).

Üzerine resim yapıştırılmış veya çizilmiş masif levhalar kıl testere veya dekupaj makinesi ile çizgilere teğet olarak kesilmektedir. Sonra kesilen kakma parçaları yerleştirileceği masif ağaç üzerine konularak sert ve sivri uçlu bir kalemle kakma parçalarının yeri çizilmektedir (8).

Parçanın yeri budak matkapları ile çürütülür. Daha sonra düz kalem ve oyma kalemleri ile kenarları düzeltilir (8).

Oyulan kısmın tabanı da bir düz kalem veya özel kanal rendesi ile düzgün hale getirilir. Oyulan kısmın derinliği buraya gelecek masif kakma parçasının

kalınlığından 1–2 mm. daha az olmalıdır. Tutkal sürölüp yerine oturtulan kakma parçası üzerine bir kâğıt ve takoz konularak işkence ile sıkılır. Tutkal kuruduktan sonra yüzeydeki fazlalık rende ile alınır (8).

Kaplamalı kakma tekniği

Klasik yöntemlerle kakma hazırlama işinde, kişinin sabrına ve elinin yatkınlığına bağlı olarak bazı kimseler diğerlerinden daha iyi işler ortaya çıkarmaktadır. Şüphesiz ki ana gaye, istenilen estetik görüntüyü vermenin dışında hiçbir ilave ağaç dolgu maddesi veya macun kullanmadan, ince hassas bağlantı kıvrımlarını elde edebilmektir (2). Sanatsal açıdan çok değerli olan bu özellikler seri üretim açısından büyük olumsuzluklar oluşturmaktadır.

Temel olarak, kaplamalı kakma işlerinin kesim işlerinde temelde iki çeşit alet kullanılmaktadır. Bunlar: *Bıçak* ve *testere*dir.

Bıçak; birçok düz kesimleri, geometrik desenleri, kıyı kesimlerini ve gönyeli kesimleri içeren resimlerde çok iyi sonuçlar verir. Fakat sert olan kaplamalarda, keskin dönüşlü kesimleri yapmak zordur. Aynı zamanda, üst üste sabitlenmiş birden çok kaplamayı, düzgün ve uygun şekilde kesilmesi de zor olmaktadır (2).

Testere; ince, hassasiyet gerektiren dönüş kesimlerine izin vererek ve her bir seferinde, birden fazla kalınlığın kesimine izin vermek suretiyle, bıçağın kullanılmasın dezavantajlarını giderir. Fakat testereyi tutup, kullanmakta çok zor olabilir. Testerenin ebat ile ilgili limiti vardır. Eğer elektrikle çalışan testere kullanılacaksa daha fazla maliyet getirebilir (2).

Kaplamalı kakma işleminde kesici seçimi

Kaplamalı kakma işlerinde en çok, son derece keskin kesme ucuna sahip, #11 (11 nolu) ağza sahip X-acto bıçakları kullanılır. Bu bıçaklar, tutması gayet rahat, kesme ağzı sağlam ve dayanıklı bir bıçaktır. Fakat çok sık bilenmesi gerekir. X-acto

bıçağının temel dezavantajı, kesme ağzının kalınlığı olup, “V” şeklinde yapılan kesimlerde, kaplamayı yüzey tarafından parçalar. Bu problemi ortadan kaldırmak için, yapılacak olan resimlerin (şekillerin) kaplamanın arka yüzeyine yapıştırılarak, arka taraftan ters kesim tarzı sistemiyle kesim yapılmasıyla aşılabılır. Kesime ön taraftan bakıldığında, kesimlerin çok ince ve güzel olduğu görülür (2).



Resim 2.1. X-actro bıçak setleri (9)



Resim 2.2. #11 ağız no'lu X-actro bıçağı (10)

Diğer bir seçenekte; bisturi (neşter) veya ameliyatlarda kullanılan ameliyat bıçağını kullanmaktır. Önemli olan her iki halde de bıçaklar #11 no'lu kesme ağzına sahip olmalıdır. Bu düz ve ince bir bıçak olup, aşağı yukarı tıraş bıçakları (jilet) ile aynı kalınlığa ve keskinliğe sahip kesme ağzını kullanır. Kesme ağzlarının daha ince ve daha keskin olması sebebi ile bisturi (neşter), kaplamayı X-actro bıçağından daha kolay keser. Bununla beraber, kesme ağzları kırılgan olduğundan, kolayca kırılabilir. Ve bunlar bilemek yerine, yeni olanlar ile değiştirilir (2).

Tek yönü keskin olan bıçaklar düz kesimler için kullanışlıdır. Keskin dönüşü olan kesimlerde iki tarafı da keskin, kesme noktaları çok olan bıçaklar gerekmektedir. Bu

sebepten, tek taraflı kesme yüzüne sahip bıçaklar, keskin dönüşü olan kesimler için iyi değildir (2).

Kaplamalı kakma işleminde testere seçimi

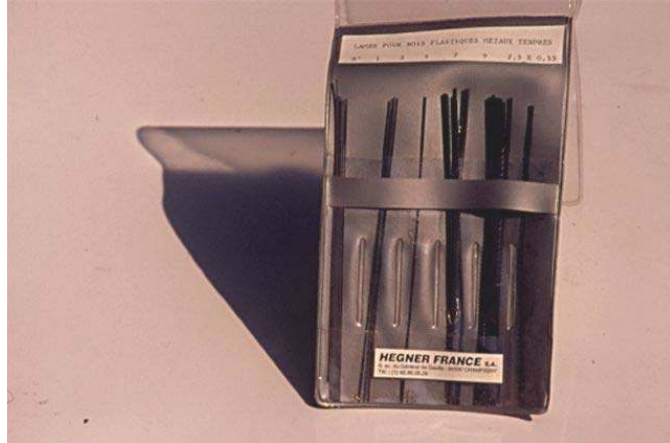
Kaplamalı kakma işlerinin hazırlanmasında kullanılan testerelede bilinmesi gereken en önemli nokta, “kesme ucu ne kadar kalın olursa kesim o kadar kaba olur ve kesilen parçalar arasındaki boşlukta o kadar geniş olur”.

Kakma işlerinde en çok kullanılan testere kıl testeredir. Bu testere bıçakları koyup takıp, sıkıştırarak, düzeneğe sahip aletlerle kullanılır.



Resim 2.3. Kıl testere aleti (11)

İdeal olan mücevherci kıl testereleri 127 mm uzunluğunda olup, çeşitli ebatlardadırlar. 6/0 numaralı kıl testere, en ince testere olup kalınlığı 0,20 mm. ve 1/0 numaralı kıl testerede en kalın olup kalınlığı 0,28 mm’dir (2). Genel de piyasada daha kalın olan J serisi testereler vardır (2). Bunların da kalınlıkları 0,28 mm ile 1,1 mm arasında değişmektedirler.

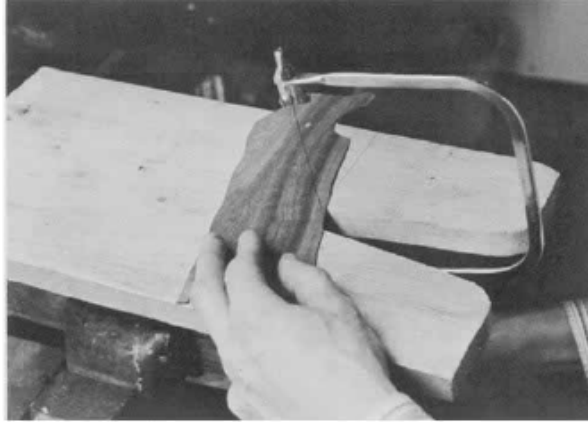


Resim 2.4. Çeşitli kıl testereler (11)

0,23 mm kalınlığında ve 0,46 mm genişliğinde olan 4/0 numaralı mücevherci kıl testeresi hassas kesim yapmak için iyi bir testeredir. Fakat çok ince olduğundan daima kırılır. Fakat bazen, son derece detaylı hassas bir kesim için en ince uçlu testereye ihtiyaç duyulabilir ve daha kalın uca sahip testereler de anormal derecede sertliğe sahip olan ağaç kaplamaların kesilmesinde muhakkak kullanılmalıdır. Her ne olursa olsun, bu tür testereler oldukça küçüktür. Ve bu testereler, normal dikiş makine iğnesinin açtığı bir deliğe bile girerler, böyle olunca da onlar, kullanıcıyı daima kırılma problemi ile karşı karşıya bırakırlar. Kırılmadan kullanabilmek için çok pratik yapmak gerekmektedir (2).

Mücevher imalatçıları bu kırılma problemini, kırılan en küçük testere bıçaklarını dahi takabilecekleri ayarlanabilir kıl testere aletleri kullanarak gidermeye çalışırlar. Mücevher imalatçılarının kullandığı bu testereler kakma işlerinde de kullanılabilir, fakat bu kıl testere aletlerinin sınırlandırılması boğaz uzunlukları ileldir. Orta boy bir kıl testere aleti, 30,48 cm uzunluğunda bir boğaza sahiptir. Yani, bu kıl testere aleti kullanılarak da en fazla 60 cm çapında bir parça üzerinde çalışılabilir. Mücevher imalatçılarının kullandıkları testereler genellikle çok daha küçük boğaz uzunluğu olan testerelerdir. (5,08—1,27 cm uzunluk, popüler bir ebattır) Küçük resimler (şekiller) üzerinde yapılacak kakma işlerinde bu ölçülerdeki kıl testere aletleri kullanılabilir (2).

Ne şekilde bir testere kullanılır ise kullanılsın “kuş ağız” diye isimlendirilen bir (master) ağız muhakkak kullanılmalıdır. Kuş ağız dar “V” şeklinde düz levha şeklinde olup (yaklaşık 21 cm uzunluğunda ve 8 cm genişliğindedir) bir uçtan kesilmiştir (2).



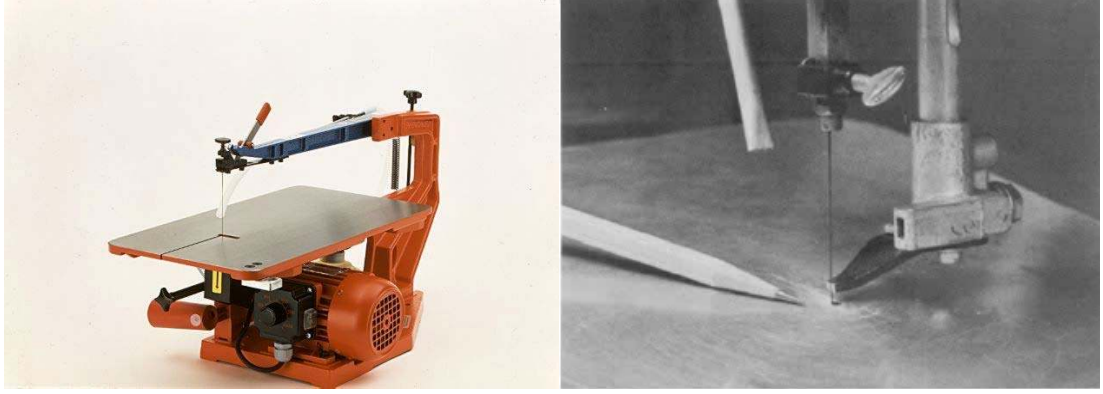
Resim 2.5. Kuş ağız isimli aparat (2)

Testerinin kesici ucu (ki bu testerenin kesici ucunun dişi aşağıya doğrudur) V şeklinde levhanın alt ucuna yakın olarak yerleştirilir. Testere dik olarak bir aşağıya ve bir yukarıya hareket ettirilirken kaplama, kesici testere ucuna doğru beslenir (ittirilir) (2).

El testeresi kullanma tekniğinin en büyük dezavantajı, kesim hattında, hassas bir kesim yapabilmek için testereyi bir el ile tutarken, diğer el ile de kaplamanın hareket ettirilmesidir. Böyle bir kesim yapmak için çok çalışarak, pratik yapmak gerekmektedir (2).

Bu dezavantaj elektrik gücü ile çalışan motorlu bir kıl testere makinesi kullanarak giderilebilir. Kaplamalı kakma işleminde kullanılacak olan bu tip bir makinede tercih sebebi olacak unsurlar şunlardır; mücevherci bıçaklarının oturtulabileceği özel bir oyuğa sahip olması, eğrilebilir hareketli bir çalışma tezgâhının olması ve her iki eli serbest bırakan, ayak ile kumanda edilen, kıl testereyi hareket ettiren anahtarın bulunmasıdır. Diğer arzu edilen bir özellikte, germe ayarının olmasıdır. Fakat eğer bu germe ayarı yoksa bıçak takıldığında bıçağı yukarıdan tutan uca zayıf bir yay

takılarak bıçağın kolayca kırılması önlenir. Ortalama boğaz uzunluğu 40 ile 60 cm'dir (2).



Resim 2.6. Elektrik motorlu kıl testere makinesi (12)

Kaplama kesim yöntemleri

Hangi kesim yönteminin kullanılacağı elde bulunan araç ve gereç, yapılacak olan çalışma tarafından belirlenir. Eğer elektrik gücü ile çalışan motorlu kıl testere makinesi mevcut ise temel 4 kesim metodundan herhangi bir tanesi kullanılabilir. Fakat alet olarak yalnızca bıçak varsa o zaman çift kesim metodu uygulanır (2).

Tek parça yöntemi

Yöntemler içinde en basit olanı (fakat mükemmel bir uygunluk elde etmek içinde en zor olan) tek parça metodudur. Temel olarak resimde (şekilde) kullanılacak olan her bir parçanın karbon kâğıdı ile kopyası yapılır. Resim (veya resmin parçaları) seçilmiş olan kaplamanın üzerine tutkal ile veya bant ile yapıştırılır. Eğer tutkallanacak ise, resmi (veya resmin parçasını) arkasından kesilmelidir. Eğer arkasından kesilmez ise, tutkal kaplamaya nüfuz eder ve işin neticesinde elde edilen resimde, lekeler ve kusurlar görülür. Her bir parça kesildikçe, ana şekilde yerine konulur ve bu parçalar geçici olarak bir arada bütün olarak, bant tarafından maskelenerek tutturulur (2).

Bu yöntem için kıl testere veya elektrik ile çalışan kıl testere makinesi önerilir. Fakat bıçakta kullanılabilir. Bu metodun dezavantajı, kesilmesi gereken hatları tam gerektiği gibi düzgün kesebilmek ve kesimi yapılan parçaların birleştirildiğinde kesimlerin birbirine bağlantı yaptığı, birleştiği noktalarda uyumun sağlanması zorluğudur. Her bir parça diğerlerinden bağımsız olarak kesildiğinden parçaların birleştikleri noktalarda uyumun sağlanması ihtimali zordur (2).

Pencere yöntemi

Tek parça yönteminin dezavantajını kısmen de olsa gidermek için kullanılan metod *pencere yöntemi* diye adlandırılır. Her bir parçayı, ayrı ayrı kesmek yerine, bir desenin birçok kopyalarını kullanarak, onların hepsini beraberce koyarak ana desen (tüm desen) elde edilir. Parçalar bir desenden ardışık olarak kesilir. Daha sonra desen kopya kâğıdı kullanılarak altına konulmuş olan kaplamanın üzerine çizilerek geçilir. Çizilecek olan parça bir tane veya birbiri ile birleştirilmiş daha fazla parçadan oluşmuş olabilir. Eğer parçalar kaplamanın üzerine bant ile tutturulursa veya kaplamanın üzerine dizilirse bu desenler çizilerek ilave desenlerde kaplama üzerine çizilebilir. Kaplama üzerindeki desenlerden önce büyük olan parçalar kesilir. Her bir kaplama parçası kesilip çıkarılacağından, o desen parçası için seçilmiş olan kaplama, kesilen boşluğun altına yerleştirilir. Kesilerek bantla tesbit edilen kaplamalar, kaba hatlarıyla yapılacak olan ana temanın görüntüsünü oluşturur. Parçaların yapıştırılma işlemi tamamlandıktan sonra kaplama ters çevrilir ve desen esas kullanılacak kaplamanın üzerine konularak, keskin uçlu bir kalem ile veya bıçak ile çizilerek çıkarılmaktadır. (2).



Resim 2.7. Pencere yöntemi ile kakma hazırlama (2)

Kesilerek elde edilen parçalar bant yardımı ile birbirlerine tutturularak kompozisyon tamamlanır (2).

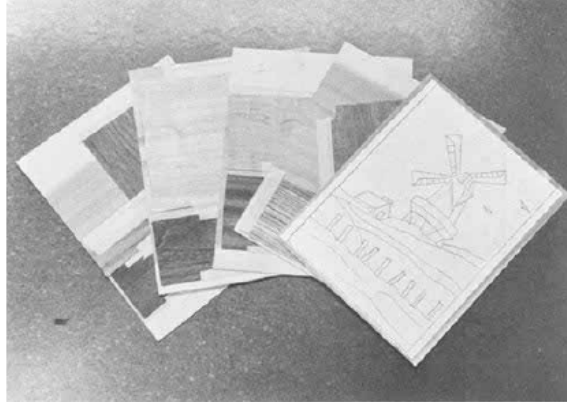
Bu yöntemin avantajı, her bir kaplama, kesilmeden önce kendi pozisyonunda görülebilir. Kesimde hem bıçak, hem de kıl testere kullanılabilir. Fakat daha önceki yöntemde de olduğu gibi dezavantajı, tam hassas olarak parçaların bir araya getirilip uyumunun sağlanamamasıdır. Bu uyumun sağlanması çok zordur. Çünkü parçaların hepsi aynı anda kesilmemektedir (2).

İçini doldurma yöntemi

Üçüncü yöntem, *içini doldurma yöntemi*dir. Bu yöntem ile yukarıdaki yöntemlerin dezavantajı tek kesim yaparak giderilmeye çalışılmaktadır (2).

Desenin büyüklüğünde, ebada sahip muhtelif artık kaplama parçaları üst üste dizilir kaplamaların içerisinde iyi olan kaplamaları kesmek için bir araya getirilir. Kesilecek kaplama istifini yapmak için, iyi kaplamalar, ana desendeki yerlerine göre, artık kaplamaların üstüne gelecek şekilde pozisyonlandırılır ve maskeleme bandı ile sarılarak, bağlanıp sıkılır. Yanlarda bulunan bitişikteki kaplamalar, farklı artık kaplamaların üzerine yerleştirilir, böyle yerleştirildiğinde doğrudan üst üste binme olmaz. Bu şekilde olduğunda, kesilecek kaplama topu, artık ve iyi kaplama tabakalarından oluşmuş olur. Bir araya getirilmiş olan kaplamalar, kesme anında, az

bir şekilde sıkıştırılabilir. Kesilecek kaplama katmanının en üst tabakasında artık kaplama bulunur. Kesimi yapılacak olan desen, bu kaplama üzerine tutkalanır. Normal bir desen kesimi için ortalama 6 adet veya bu civarda kaplama tabakasından oluşan bir kaplama katmanına gereksinim vardır (2).



Resim 2.8. İçini doldurma yöntemi ile kakma hazırlama (2)

Kesim esnasında, kaplama katmanı beraberce tutulur. Bu katmanın kenarları bantlanmış, zımbalanmış veya çivi ile tutturulmuş durumdadır. Bu yöntem için elektrik ile çalışan motorlu kıl testere makinesinin kullanılması önerilir ve testerede kullanılan bıçakların, 1/0 veya 2/0 kalınlıkta olanı kalın mücevherci bıçağı olması gerekir. İnce bıçaklar böyle bir kaplama katmanını keserken kolayca kırılabilir (2).

Bıçak kırılması olayı içini doldurma metodunun en önemli dezavantajıdır. Bıçağın kalınlığı da tam düzgün, uyumlu kesime engel olur. Diğer bir dezavantajı da kesimden sonra çok kaplama zayıtının, artığının olmasıdır. Fakat bu metodun en büyük avantajı da, kesilecek kaplamalar, katman haline getirildiği zaman, kesme işlemi çabucak olur ve kesilen kaplamalar aynı eğriye ve hatlara sahip olurlar, çünkü hepsi bir arada ve bir kerede kesilmişlerdir (2).

İki kaplamanın eğimli kesim yöntemi

Mükemmel uyumlu parçaların kesilmesi idealine, bu dördüncü yöntemi ile ulaşılabilir. Fakat bunu yapmak için, her bir seferinde yalnızca iki kaplama parçası

kesilebilir. Parçaları belli açıda kesmek sureti ile bıçak kalınlığının sebep olduğu boşluk, ana desende, parçalar bir araya getirildiğinde giderilmiş olur. Kesme açısı hem bıçağın kalınlığına, hem de kaplamanın kalınlığına, her ikisine birden bağlıdır. Fakat genellikle 12–13 derecelik açı ile kesim iyi netice verir. Eğer açı çok büyükse kaplama, yay şeklinde bükülmeye başlar. Eğer açı yeterince büyük değilse de, kesilen parçalar birleşme noktalarında uyumlu bir kenara sahip olmayacaktır. En iyi yol, en uygun açığı tecrübe ile bulmaktır (2).

Bu yöntem ile hem elektrik ile çalışan kıl testere makinesi, hem de el kıl testere aracı kullanılabilir. Elektrik ile çalışan kıl testerenin eğilen, hareketli bir çalışma tablasına sahip olması gerekir. Eğer el kıl testeresi kullanılır ise, kuş ağızı diye tabir edilen çalışma tablası, kesim yapılırken eğilebilmelidir (2).

Herhangi bir deneme parçası kesmeden önce, kullanılacak olan kaplamalar üst üste uygun şekilde bantlanmalıdır. Kesme bıçağının kalınlığı ile aynı kalınlığa sahip bir dikiş iğnesi mengeneye sıkıştırılır veya el ile sıkıca tutularak, kesme hattında, her iki kaplamanın üzerinde ileriye doğru ittilir. Mücevherci kıl testeresi bu delikten geçer (bıçağın dişleri aşağıya doğru) ve daha sonra kıl testere aletine sabitlenir. Bu işlemden sonra kaplama düzgün bir şekilde kesilir. Bu kesim hem saat yönünde hem de saat yönünün tersi yönde olabilir, bu kesme yönü, testerenin bıçaklarının dişlerinin kesme yönüne bağlıdır. Kesme yönü çok önemlidir. Çünkü kesilen parçalar birbirlerinin yerine kullanılamazlar. En önemli konu şudur ki, bu işte tecrübe en iyi yoldur ve kesim neticesindeki deneme yanılma sonuçları sürekli olarak gözlemlenmelidir. Kesim tamamlandığı zaman, yeni kullanılacak kaplama, kesilip ıskartaya çıkarılan kaplamanın yerine tam olarak uyacaktır (2).



Resim 2.9. İki kaplamanın eğimli kesim yöntemi ile kakma hazırlama (2)



Resim 2.10. Ayarlanabilir elektrik motorlu kıl testere makine tablası (12)

Bu yöntemin en büyük özelliği, yan yana getirilip birleştirilerek desen oluşturulan parçalarının birleşme noktaları birbirlerine çok uyumlu olarak kesilir ve ağaç ile doldurma veya macunlama işlemine gerek kalmamasıdır (2).

2.2. Laserin Tanımı ve Yapısı

Türkçe’de lazer veya laser olarak yazılan kelime aslında İngilizce’de Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation (uyarılmış ışın yayınımla ışık kuvvetlendirilmesi) tanımının baş harflerinin alınmasından türetilmiş bir kelimedir. Uyarılma ile elde edilen radyasyondan kaynaklanan ışık amplifikasyonu anlamını taşımaktadır (4).

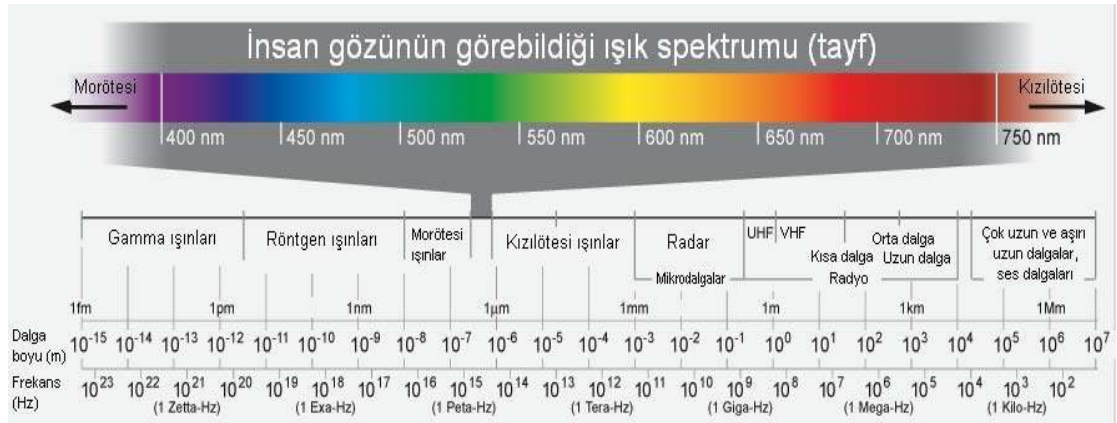
Sözlükte “laser nedir?” diye bakıldığında da, “tek renkli, oldukça düz, yoğun ve aynı fazlı paralel dalgalar halinde genliği yüksek, güçlü ışık demeti üreten alet” açıklaması bulunmaktadır (3).

Einstein’ın 1917 yılında ortaya attığı uyarılmış yayınım ilkesini, 1953’de A.B.D.’li fizikçiler C.H. Towness ve A.L. Schawlow mikrodalga frekansına uyarlamaya çalışarak MASER (Microwave (Molecular) Amplification by Stimulated Emission of Radiation (1))’i gerçekleştirdiler. Adı geçen kişiler mikrodalga şeklinde değil de ışık şeklinde laser kavramını teorik olarak savundular. 1960 yılında yine bir A.B.D.’li fizikçi T.H. Maiman tarafından Ruby kristalinden oluşan çubuk kullanılarak ilk katı

hal laseri yapıldı. 1963 yılında ilk gaz laser (Helyum-Neon) yapıldı. Teknolojinin optik, elektronik, fizik ve kimya alanlarındaki gelişmelerine bağlı olarak çok çeşitli laser türleri ortaya çıkmıştır (13).

Beyaz (normal) ışık, birçok renkten oluşan (rengârenk), dalga boyları çeşitli, yani farklı faz ve frekansa sahip dalgalardan meydana gelmiş Polikromatik bir ışık demetidir. Monokromatik ışık ise tek bir renkten (dalga boyundan) oluşmuştur (13).

Laser ışığı yüksek genlikli, aynı fazda, birbirine paralel, tek renkli, hemen hemen aynı frekanslı dalgalardan oluşmuştur. Laserler kızılötesinden (IR) başlayıp morötesine (UV) kadar uzanan “optik frekans bölgesi”nde, yaklaşık olarak bir trilyon hertz ile üç bin trilyon hertz arasında yer alır. Bu bölge, kırmızı ötesi ışınları, görülebilen ışınları ve elektromanyetik spektrumun morötesi ışınlarını kapsar. Laserler optik frekans bölgesinde, ışık şiddeti artırılmış eşfazlı ışınımlardan oluşan ışın demetleridir. Burada eşfazlı ışınım, laserin aşırı yoğunluğu ve uzun mesafede çok az sapması olan, saf bir renkte (frekansta) olması anlamındadır (13).



Şekil 2.1. Dalga boyları ve özellikleri (14)

Çizelge 2.1. Dalga boyları ve özellikleri (13)

	<i>Radyo Dalgaları</i>	<i>Mikro Dalgaları</i>	<i>Kızılötesi</i>	<i>Görünen Tayf</i>	<i>Morötesi</i>	<i>X Işınları</i>	<i>Gamma Işınları</i>
<i>Dalgaboyu</i>	100 km - 300 mm	300 mm - 0,3 mm	0,3 mm - 0,7 mm	0,7 mm - 0,4 mm	0,4 mm - 0,03 mm	0,03 mm - 0,1 nm	0,1 nm - 1,0 pm
<i>Frekans (Hz)</i>	$3 \times 10^3 - 10^9$	$10^9 - 10^{12}$	$10^{12} -$ $4,3 \times 10^{14}$	$4,3 \times 10^{14} -$ $7,5 \times 10^{14}$	$7,5 \times 10^{14} -$ 10^{16}	$10^{16} -$ 3×10^{18}	$3 \times 10^{18} -$ 10^{20}

Normal ışık yukarıda da belirtildiği gibi tüm renklerin karışımından ibaret beyaz bir ışıktır. Laser ışığı hangi dalga boyunda oluşturulmuşsa o dalga boyuna uygun renktedir. Yani tüm ışık fotonları tek ve aynı dalga boyundadır. Örneğin 632,8 nm laser ışığı demek tüm dalgaları 632,8 nm dalga boyunda olan ışık demektir. Bu ışığın rengi kırmızıdır (5).

Laser ışığı dalgalarında birbirine uygunluk vardır. Laser ışığı çok uzaklara da bu uygunluğunu koruyarak ulaşır. Laser ışığı paralel dalgalar halindedir. Normal ışık insan cildinde kalmakta, laser ışığı insan cildini geçerek daha derinlere varabilmektedir. Laser ışığının foton yoğunluğu gün ışığından daha fazla olduğundan dolayı daha parlaktır (5).

Laserle yapılan uygulamaların genişliği, ışınların frekanslarının hassas bir şekilde kontrolünden, yayılan ışının yayılma düzeninden veya ışınların olağanüstü yoğunluğundan kaynaklanmaktadır (5).

Laser, endüstride en yaygın olarak, ısısından istifade edildiği alanlarda kullanılmaktadır. Laser ışığının çok güçlü ve küçük bir alanda yoğunlaşması, hemen hemen her maddeyi kısa sürede eriterek kesmesine olanak sağlar. Örneğin, normal güçte (1 mW/cm^2) sürekli çalışan bir CO₂ laseri 3 mm kalınlığında çeliği saniyede 2 cm lik bir hızla 5 cm kalınlığındaki çam kerestesini ise saniyede 4 cm lik bir hızla kesebilir. Üstelik bu kesme işlemi, diğer yöntemlerle gerçekleştirilenlere oranla çok daha düzgün olur. Laser kullanılarak iki metali hızlı ve çok sağlam bir şekilde kaynak yapmak da yaygın bir uygulamadır. Laserin kesme kabiliyeti ameliyatlarda da kullanılmaktadır. Keserken kanın pıhtılaşmasını da sağladığı için, laserle yapılan

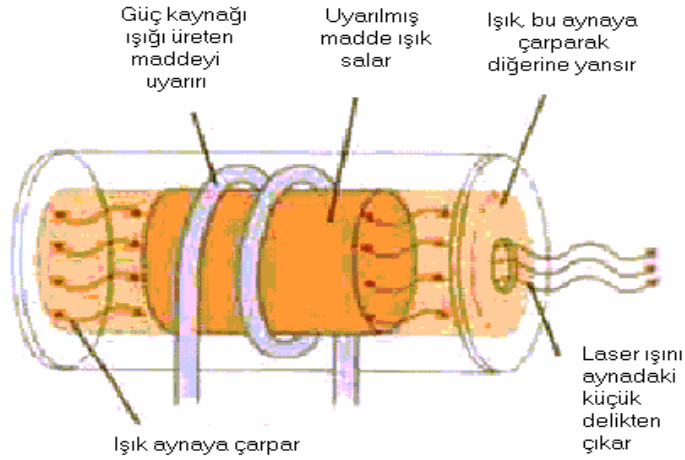
ameliyatlar kansız olmaktadır. Bunun dışında, uzay haberleşmesinde, holografik görüntü oluşturmada (cisimlerin üç boyutlu olarak gerçeğe çok yakın görüntülerini oluşturma tekniği), çok hassas olarak mesafe ve hız ölçmek de yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Laser, askeri alanlarda da yoğun olarak kullanılmakta ve kullanım yerlerinin çeşitliliği ve etkililiği hususunda araştırmalar yapılmaktadır (7).

Yurtdışında özellikle otomotiv, elektrik, havacılık ve metal endüstrisi yaygın bir şekilde kullanılan laser teknolojisinin kullanımı özellikle son yıllarda ülkemizde de yaygınlaşmaya başlamıştır. Daha çok kesme ve kaynak işlemlerinde kullanılan laserin endüstride kullanılan türleri CO₂ ve Nd-YAG (Yitrium-Alüminyum-Granet) laserdir. Bu iki tip laser konvansiyonel üretim metotları ile karşılaştırıldığında teknik ve ekonomik açıdan üstünlükler sağlar. Tıp alanında da Excimer Laseri kullanılmaktadır (7).

2.3. Laserin Çalışma Prensibi

Kuantum fiziğinden biliyoruz ki, bir atom veya molekül ancak enerji seviyeleri belli durumlardan birinde bulunabilir. Madde bir enerji seviyesinden diğerine geçiş sırasında belli bir enerjiyi serbest bırakır veya alır. Bu enerji ‘foton’ denen ışık parçacıkları şeklindedir. Elektronların yüksek enerjili bir yörüngeden düşük enerjili bir yörüngeye atlamaları veya bir molekülün titreşimini değiştirmesi, foton çıkmasına neden olabilir (15).

Her elementin atom yapısında yalnız o elemente özgü olan elektron yerleşim düzeni vardır; yani o elementteki atomların elektronları kararlı yörüngeleri olan belli bir enerji düzeyinde bulunurlar. Yörüngelerinde kararlı olarak bulunan elektronların, dışarıdan gelen bir enerji ile uyarılıp bir üst yörüngeye çıkarak tekrar eski kararlı konumuna dönmesi sırasında aldığı enerjiyi dışarı salma işlemi laserin ana prensibini oluşturmaktadır (13).



Şekil 2.2. Laser temel şeması (16)

Biraz daha açıklanacak olursa: Optik bakımdan saydam, bir ucunda tam sırlı ve yansıtıcı, diğer ucunda yarı sırlı kısmen yansıtıcı iki ayna bulunan bir tüp alınır. Buna gaz, sıvı ve katı bir madde doldurulur. Dışarıdan ışık verme, elektrik akımı geçirme suretiyle veya kimyasal bir yolla elde edilen enerji, ortamdaki atomlara ulaştırılır. Tüp içindeki madde bu enerjiyi emer. Fazla enerji, atomları kararsız hale getirir. Kendisine bir foton çarpan, uyarılmış ve kararsız atom, fazla enerjiyi foton yayarak verir. Fotonlar, benzer şekilde diğer fotonların yayılmasını sağlar. Uçlara ulaşan fotonlar, aynalardan yansiyarak geri dönerler ve olay devam eder. Uyarma ve tahriklerde ortamdaki fotonlar artar. Atomların hemen hemen hepsi, foton yaymaya başlayınca kuvvetlenen ışık, yarı sırlı uçtan dışarı çıkar (16). Bu, laser ışınıdır (Şekil 2.2).

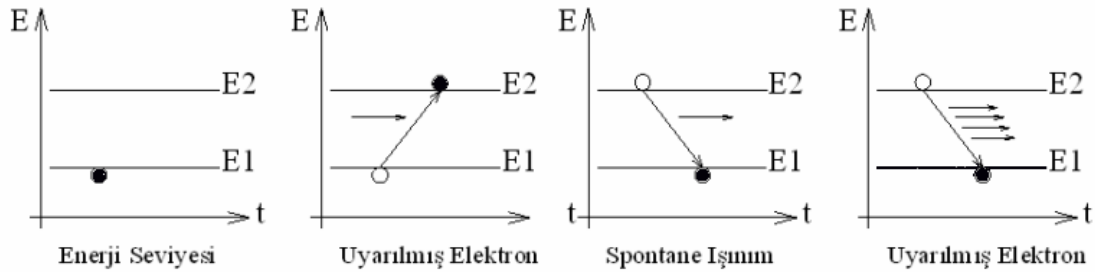
Normal ışıktaki dalgalar, birbirini zayıflatıcı karakterde olmasına rağmen, laserde birbirini kuvvetlendirici olurlar. Laser dalgaları, uygun adım giden aynı üniforma ve şekle sahip askerlere, normal ışık ise rasgele, karakteri bozuk bir orduya benzetilebilir. Laser ışınları yüksek frekanslı olduklarından güneş ışını özelliklerine sahiptir. Ancak güneş ışıklarından farklı olarak laser ışınları tek frekanslı olduğu için kayıpları azdır. Ayrıca laser ışınları aynı fazda yapılan ışık dalgaları olduğu için şiddeti büyük olur. Bu yüzden laser ışınlarının şiddeti, güneş ışınlarının şiddetinin bir milyon katıdır (16).

Acaba optik kazanç nasıl sağlanır? Yani nasıl olur da bir ortamdan çıkan foton sayısı, o ortama giren foton sayısından fazla olabilir?

Bunun için absorbe edilmiş fotonlardan daha fazla sayıda foton oluşturulmalıdır. Bir atomun iki enerji seviyesinde olabildiğini düşünelim: E_1 ve E_2 (17).

Bir fotonun enerjisi $= E_2 - E_1$ 'dir. Burada iki durum olabilir (17):

- 1) Atom E_1 (düşük enerji) seviyesindedir. Böyle bir atom foton absorbe ederek E_2 (yüksek enerji) seviyesine yükselir (17).
- 2) Atom E_2 enerji seviyesindedir. Böyle bir atoma bir foton çarparsa atom bir foton fırlatarak E_1 enerji seviyesine düşer ve atomun fırlattığı bu fotona “endüklenmiş foton” veya “uyarılmış foton” denir (17) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Enerji seviyesi diyagramı (13)

Endüklenmiş fotonun çok ilginç özellikleri vardır: Bu fotonun yönü, fazı ve kutuplaşması (polarizasyon), endükleyici (uyarıcı) fotonun aynısıdır. Öyle ki emisyonundan sonra endükleyici ve endüklenmiş fotonları birbirinden ayırt etmek olanaksızdır. Bunu şöyle de ifade edebiliriz: Fotonlara bir elektrik alanı uygulanırsa, bu alanın gücü iki kat artırılmış gibi bir foton emisyonu oluşur. İşte amplifikasyon olayının temeli budur (18).

Ne var ki, endüklenmiş emisyon ancak E_2 enerji seviyesindeki atomların E_1 atomlarından daha fazla olduğu ortamlarda olasıdır. Böyle bir ortam ise doğada

bulunmamaktadır. Çünkü termodinamik yasalarına göre, ısısal denge halindeki cisimlerde en sık rastlanan durum, en düşük enerji seviyesinde bulunmalarıdır. Yüksek enerjili atomların sayısını artırmak için dışardan enerji vermek gerekir; buna “pompalama” denir (18).

Laserin çalışması için enerji seviyesi düşen atomlarda daha fazla sayıdaki atomun uyarılacak enerji seviyelerine yükseltilmesi gerekir. Bu durum ise normal olarak atomların enerji seviyesi dağılımının tersidir. Bu sebepten laserin çalışması için gerekli durum “tersine çevrilmiş dağılım olarak” isimlendirilir. Tersine çevrilmiş dağılımı ortaya çıkarmak için pompalama işlemi kullanılır. Optik pompalama, yüksek frekanslı yoğun ışınların yayılımıyla yapılabilir. Yarı iletkenli laserlerde pompalama, elektrik akımı yardımı ile gerçekleştirilir ve işlem elektriksel pompalama olarak isimlendirilir. Gaz laserlerinde ise pompalama işlemi, elektron-atom veya atom-atom çarpıştırılmasıyla ortaya çıkarılır ve çarpışma pompalaması olarak bilinir. Kimyasal pompalama işleminde ise kimyasal laserlerde kimyasal reaksiyonlarla atom ve moleküller uyarılır. Gaz-dinamik laserlerde de pompalama ses hızı üstü gaz genişlemesi yoluyla gerçekleştirilir ve gaz genişleme pompalaması olarak isimlendirilir (4).

Çok kısa ve çok güçlü çıkışlar q-anahtarlaması kullanılarak depo edilmiş laser ışınlarından elde edilebilir. Bu tür teknikte yansıtıcılardan biri pompalama aralığının bir kısmında yansıtmayacak şekilde düzenlenir. Daha sonra yansıtıcı hale getirilir. Bu düzenleme sonucu pompalama devresinin bir kısmında depo edilen enerji diğer kısmında büyük bir darbe olarak yayılır. q-anahtarlamasının en kolay şekli bir aynanın çok hızlı dönmesiyle gerçekleştirilebilir. Bu aynanın diğer ayna ile aynı eksene geldiği zaman da laser yayını ortaya çıkar (4).

Mühendislik açısından incelendiğinde; laser, primer bir kaynaktan (elektrik, termik, optik ve nükleer) çıkan enerjiyi özel frekansta bir elektromanyetik ışına dönüştüren bir çeşit enerji dönüştürme cihazıdır (7).

Bu dönüşüm; belirli katı, sıvı veya gaz ortamlarla sağlanır. Bu ortamlar, moleküler veya atomsal ölçekte belirli tekniklerle uyarıldığında tek frekansta bir ışık formu, laser ışını oluşur (13).

2.4. Laser Işınının Özellikleri

1. En büyük özelliği dağılmaz olması ve yön verilebilmesidir. Uyarılan atomlar her yön yerine belli yönlerde hareket ederler. Bu laserin çok parlak olmasını doğurur (19).
2. Laser ışını, dalga boyu tek olduğundan monokromatik özellik taşır. Frekans dağılım aralığı, frekansının bir milyonda biri civarındadır (18).
3. Laser ışını dağılmaz olduğundan kısa darbeler halinde yayınlanması mümkündür. Kayıpsız, yüksek enerji nakli yapılması bu özelliği ile sağlanabilir. Laser kendisinde bulunan yüksek enerji sayesinde kesme, kaynak ve delme endüstrisinde kullanılır (7).
4. Laser ışını temassız olarak çalışır (6).
5. Laser ışını tek dalga boyuna sahip olduğu için laser cinsine göre çeşitli renkte ışınlar elde etmek mümkündür (5).
6. Laser ışını olağanüstü güçlüdür (7).
7. Kontrolü ve otomasyonu kolaydır (7).
8. Takım aşınması yoktur (6).
9. İşleme noktasında lokal enerji yoğunluğu oluşturulduğundan malzemeye ısı geçimi azdır (7).

10. Yüksek üretim hızlarına ulaşabilir (6).
11. Çok sert, gevrek veya sünek malzemeler işleyebilir (7).
12. Çok farklı geometrilerin takım değiştirmeden işlenmesi mümkün kılmaktadır (7).
13. Çok küçük çaplara odaklanabilmektedir (7).

2.5. Laser Türleri

1. Katı laserler,
2. Sıvı laserler,
3. Gaz laserler, olmak üzere üç grupta toplanabilir.

2.5.1. Katı laserler

Zenginleştirilmiş katı malzemeden yapılan laserler (Ruby; Nd:YAG; Er-Glass)

İlk bulunan laser Ruby (yapay yakut) laseridir. Yakut, az miktarda krom ihtiva eden alüminyum oksit kristalidir. Kırmızı laser ışınları yayan bu kristal içindeki krom atomlarıdır. Krom atomları optik olarak yeşil ve mor ışıkla uyarılır. Bu tür laser ile saniyenin milyarda biri gibi kısa bir sürede birkaç milyon wattlık güç nakledilebilir. İlk yakut laser sadece bir darbe ile çalıştırılmıştır. Daha sonra bunun oda sıcaklığında ve sürekli biçimde çalıştırılması mümkün olmuştur. Günümüzde kullanılan katı hal laserleriye sert şeffaf kristalden meydana gelmektedirler. Kristalde küçük miktarda genellikle nadir toprak elementleri mevcuttur. Bu kristalin işlem için oda sıcaklığının çok altına indirilmesi gerekir. Bu laserler optik pompalama gerektirirler ve darbeleri olarak çalışarak ısınmayı önlerler. Sıcaklık ve manyetik alanda yapılacak değişikliklerle çalışma frekansı ayarlanabilir (18).

Neodimium çeşitli kristallerde kullanılan nadir toprak elementlerinden biridir. Enerji düzeyi sebebiyle fazla optik pompalamaya ihtiyaç göstermez ve bu sebepten dolayı tercih edilir (18).

Yarı iletken laserler (Ga:As)

Yarı iletken malzemelerden elde edilen kristallerle de laser yapılmıştır. Gallium Arsenide kristali yarı iletken lasere örnektir. Yarı iletken diod gibi p-n malzemenin birleşmesinden meydana gelmiş olup, p-n malzemenin birleştiği yüzey yakut laserindeki aynalar görevini yapar. Birleşim yüzeyinde pozitif voltaj “p” tarafına ve negatif voltaj “n” tarafına verildiği zaman elektronlar “n” malzemesinden “p” malzemesine geçerken enerjilerini kaybeder ve foton yayarlar. Bu fotonlar tekrar elektronlara çarparak bu elektronların daha çok foton üretmesine sebep olurlar. Neticede yeterli seviyeye ulaşan foton yayılımı, laser ışınını meydana getirmiş olur. Bu tür laserler verimli ışık kaynaklarıdır (18).

2.5.2. Sıvı laserler (Rhodamine 6G, 4-methylum belliferone, vb.)

Sıvı laserler organik boyaların solventler (çözücü) içerisinde seyreltilerek yapılan solüsyonlarından oluşmuştur. Sıvı laserler her hangi bir laser kaynağı ile enerjilendirilerek meydana getirilebilir. Bu tür laserlerle mor ötesine yakın ve kıızilötesine yakın arasında laser türleri elde edilebilir. Genellikle pompalama optik olarak cereyan eder. Birkaç laser paralel olarak çalıştırılabilir. Böylece saniyenin birkaç trilyonda biri devam eden laser darbeleri elde edilebilir. Boya laserlerinin en önemli özelliği dalga boyunun geniş bir alanda hassas bir şekilde ayarlanabilmesidir (18).

2.5.3. Gaz laserler

İlk gaz laseri helyum ve neon karışımı şeklinde kullanılmıştır. Bu karışım uzun bir tüpe ve iki küresel ayna arasına yerleştirilmiştir. Helyum ve neon gazı ile çalışan laserde bu gazlar yüksek voltaj altında iyonize hale getirilir. Helyum atomları

elektrik deşarjı esnasında elektronların çarpması ile uyarılarak yüksek enerji seviyelerine çıkar. Bunlar, kazandıkları enerjilerini neon atomlarındaki eş enerji seviyelerine aktarırlar. Bu enerji aktarma işlemi fotonun yayılmasına sebep olur. Aynalar vasıtasıyla yeterli seviyeye ulaştıktan sonra laser ışını elde edilmiş olur (3).

Gaz laserleri aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz (13):

a) Atom laserler:

- Asal gaz (He, Kr, Ne, Ar, Xe)
- Metal buharı (Pb, Sn, Zn, Cd)

b) İyon laserler:

- Asal elementli (He, Kr, Ne, Ar, Xe)
- Metal buharlı (Pb, Sn, Zn, Cd)

c) Molekül laserler: (CO, CO₂, N₂, CH₃F, ...)

Silindirik cam veya kuartz tüp içerisine yerleştirilen asal gazlar, gaz karışımları ve metal buharları gaz laserlerini üretmek için kullanılırlar. Gaz laserler ultraviyole ışık, elektron tabancası, elektrik akımı ve kimyasal reaksiyonlar kullanılarak pompalanmaktadır. Helyum-Neon gaz laseri yüksek frekans sabitliği (saf rengi) ve en az dağılma olan ışın demetine sahiptir. Karbondioksit laseri (dalga boyu 10,6µm.) tesirli ve sürekli güç alınabilen laserdir (13).

2.5.4. Endüstriyel alanda kullanılan laserler

Gaz laserlerden endüstride en yaygın biçimde kullanılanı karbondioksit laseridir. Kullanılan diğer gaz laseri türü de Excimer laseridir (18).

Endüstride kullanılan katı hal leseri ise Nd-YAG laseridir (18).

CO₂ laseri

Karbondioksit laseri, endüstriyel uygulamada en yüksek çıkış gücüne sahip, moleküler gaz laseri sistemidir (7).

Elektrodlar arasına bir gerilim uygulanmasıyla düşük basınçlı bir gaz boşalımı tutuşturulur ve elektron darbeleri aracılığıyla inversiyon gerçekleştirilir. İnversiyon oluşumu için karbondioksit gazına ek olarak azot ve helyum da gereklidir (7).

Elektron darbeleri aracılığıyla karbondioksitin uyarılması için iki yol mevcuttur (7):

- Karbondioksit moleküllerinin üst laser seviyesine doğrudan uyarılmasıyla.
- Azot ve karbondioksit molekülleri arasında ikinci türden darbelerle.

İkinci uyarma mekanizması daha yaygındır. Azotun uzun ömür süresi sayesinde, azot moleküllerinin çok yüksek konsantrasyonunun, enerji bakımından karbondioksitin üst laser seviyesine benzeyen belirli bir duruma ulaştırılması mümkündür. Her iki molekülün darbelenmesiyle, bir enerji transferi oluşur (7).

Laser işlemindeki üçüncü gaz olan helyumun görevi, darbe boşalması sırasında alt laser seviyesini hızla boşaltmak ve yüksek ısı iletkenliğiyle gaz karışımını soğutarak alt seviyenin termik bir yüklemeye maruz kalmasını engellemektir (7).

Nd - YAG laseri

YAG; Yitrium-Aluminium-Granet'in kısaltılmış şeklidir. Bu laser türünde laser yayan eleman Neodim'dir. Tipik verim halinde, % 1'i iyon haline geçer. Bir gaza göre katı bir cismin atomları çok daha yoğun şekilde dizildiklerinden, birim hacimde daha çok atom bulundurlar. Bu nedenle katı cisim laserinin amplifikasyonu ve çıkış yoğunluğu daha yüksektir (7).

Neodim'in uyarılması, yüksek güçlü ark lambalarının ışığıyla yapılır. Nd - YAG kristali ışığa maruz bırakılırsa, neodim bu ışığı absorbe ederek uyarılmış hale gelir. Bu uyarma seviyesinde geçen süre çok kısadır ve iyon, hızla üst laser seviyesinin biraz üzerine çıkar. Bu sırada serbest kalan enerji, ısı enerjisi olarak kristale geçer (7).

Excimer laseri

Excimer laseri de bir soygaz ve bir halojen atom karışımından (Örnek: KrF, ArF, XeCl) meydana gelen bir gaz laseridir (7).

Soy gaz ve halojen atomlarının karışım oranlarına bağlı olarak, elde edilen dalga boyları 0,19- 0.34 μm arasında değişir (7).

2.6. Laser Uygulamaları

Laserler; endüstride, bilimsel araştırmalarda, haberleşmede, tıp ve askeri alanlarda gün geçtikçe daha da önemli olmaktadır. Bu konulardaki uygulamalara birkaç örnek vermek gerekirse;

1. Endüstride:

- i) Her türlü malzemeyi çok hassas bir şekilde kesme, delme, eritme, lehimleme ve şekil verme işlemleri (13);
- ii) Mikro elektronikte dirençlerin aktif veya pasif olarak %0,01 hassasiyetinde üretilmeleri (13);
- iii) Patlayıcı maddelerin kesim işleri (20);
- iv) Chip üretiminde hat kalınlıklarının 0,25 μm 'den az olarak desenlendirilmesi(13);
- v) Yeni maddelerin analiz işlemlerinin yapılması (13);

- vi) Yüksek ve uzun yapıların düzgünlüğünün ölçümü (20);
- vii) Yüzey sertleştirmeleri (21);
- viii) Maket yapımı;
- ix) Ambalaj sektöründe akrilik, abs, vinil, polyester kesme, markalama;
- x) Serigraf ve etiket sektörü;
- xi) Matbaa sektörü die-board (bıçak kalıbı) yapımı ve çeşitli kesim işleri;
- xii) Tekstil sektöründe kumaş, deri, stampa kesimi, düğme yapımı;
- xiii) Deri ve ayakkabı sektöründe deri, kösele, stampa kesimi;
- xiv) Ahşap sektöründe;
- xv) Kalıp sektöründe;
- xvi) Promosyon sektöründe;
- xvii) Reklâm sektöründe, gobos yapımında;
- xviii) Cam-ayna sektöründe iz bırakma, kumlama yapımında.

2. Bilimsel araştırmalarda:

- i) Çok hassas bilimsel ölçümlerde (ışık hızı ölçümü) (13);
- ii) Atomlar arası elektron alış-verişinin gözlenmesi (22);
- iii) Yerküre üzerindeki hareketlerin hassas ölçümü (13);
- iv) Malzemelerin kimyasal analizlerinde (21);
- v) Holografi ve fotoğrafçılıkta çok mühim yeri vardır. Laserle görüntü kaydetme süresi saniyenin 10 trilyonda biri zamanda mümkün olur. Holografi, laser ışınları ile üç boyutlu resim çekme ve görüntüleme tekniğidir (3).

3. Haberleşmede:

- i) Yeryüzü ile uydular arası haberleşme sistemlerinde (13);

- ii) Dünya üzerindeki haberleşme ağında fiber-optik sistemlerle birlikte kullanılması (13);
- iii) Yüksek yoğunlukta ses ve görüntü bilgileri depolanması (compact disc, video disc) (22).

4. Tıp alanında:

- i) Zarar görmüş dokuları keserek almak (13);
- ii) Tıkanmış damarları açmak (23);
- iii) Çok ince damarları başka dokulara zarar vermeden kesmek (23);
- iv) Yaraları iyileştirmek (13);
- v) Kansız ameliyat gerçekleştirmek (23);
- vi) Kanamayı durdurmak (23);
- vii) Göz retinasında oluşan zedelenmeleri gidermek (13);
- viii) Çürük dişlerin dolgu yapılmak üzere delinmesinde (23);
- ix) Miyop hastalarının tedavisinde (23).

5. Askeri Alanlarda:

Askeri uygulamalarda laserleri vazgeçilmez yapan özellikleri kısaca tanımlarsak:

- i) Açısal hassasiyet (ışınımının doğrusal şekilde olması) (13);
- ii) Uzun mesafelere ulaşma (Laser gücünün yüksek olması) (13);
- iii) Mesafe ölçümünde hassasiyet (darbe genişliğinin çok dar olması) (13);
- iv) Selektif (seçici) tespit (spektral band aralığının çok dar olması sebebi ile) (24);
- v) Mayın arama (13);

- vi) Laser silahları (25);
- vii) Güdümlü mermi karşı tedbir sistemleri (GMKS) (13);
- viii) Uyarı sistemleri (13);
- ix) Kullanım kolaylığı (küçük boyutta ve hafıf olmaları) (13).

2.7. Laser Işıınıyla Kesme Teknolojisi

Bir kalem kalınlığında olan laser ışınının bir mercek ile odaklanması sonucu, çapı milimetrenin kesirleri mertebesinde olan bir odak noktası oluşur. Bu odak içinde o denli yüksek bir güç yoğunluğuna erişilir ki malzemeleri buharlaştırmak mümkün olur (7).

Laser yöntemi ile kesme işleminin koşulu: ışınının malzeme içinde soğurulması, konveksiyon ve radyasyon yolu ile dışarıya iletilen ısı miktarının, giriş koridorundan malzemeye verilen ısı miktarından yüksek olmamasıdır. Malzemeler, gelen laser enerjisinin bir kısmını yüzeylerinden yansıtır ve bir kısmını da yüzeyin hemen altındaki tabakada soğururlar. Isının malzeme bünyesi içine doğru akışı, söz konusu malzemenin ısı iletim kabiliyeti oranında gerçekleşebilir (7).

Bu yöntemin karakteristik özellikleri şunlardır (7):

- a) Isıdan etkilenen bölge çok dardır,
- b) Yüksek kesme hızı,
- c) Distorsiyonlar çok az,
- d) Çok dar kesme ağızları,
- e) Temas olmaksızın enerji nakli,
- f) Kontrollü atmosferde çalışma olanağı (Oksitleyici, redükleyici veya vakum ortamı),
- g) Yüksek üretim kabiliyeti,
- h) Dar kesme toleransları içinde kalınabilme olanağı,
- i) Otomasyona elverişlilik (fotoelektrik veya nümerik kontrollü)

2.7.1. Karbon di oksit laseri ile kesim

Prensip olarak bir laser kesme ünitesi; laser, ışın odaklama tertibatı, gaz iletim hattı, gaz memesi ve bilgisayar kontrollü işleme parçası manipülatöründen meydana gelmektedir (7).

Laser ışınının iyi odaklanması lokal olarak çok yüksek enerji yoğunluğu elde edilebilmesini sağlar ve malzemenin 0,1 milimetre mertebelerinde dar bir kesim bölgesinde ergitilmesi sağlanır (7).

Kesme sırasında, laser ışınının yanında, ergitilen malzemenin kesme bölgesinden uzaklaştırılması için kesme gazı kullanılır (7).

2.7.2. Süblimleşme kesimi

Bu kesim tekniğinde malzeme kesme hattında buharlaştırılır (7).

Gerekli olan enerji yoğunluğu laser radyasyonunun uygun ayarlanması ve odaklamanın düzgün yapılması ile gerçekleştirilir. Kesme hattının oksitlenmemesi için kesim sırasında argon veya nitrojen kullanılır (7).

Süblimleşme kesim teknolojisi ile ahşap, kâğıt, plastik türleri ve seramik gibi sıvı fazı olmayan malzemeler işlenir (7).

2.7.3. Laser ışını ile ergiterek kesme

Laser ışınının yoğun enerjisi ile malzeme ergitilir ve oluşan erginti ve curuf, bölgeye püskürtülen bir gaz akışı ile kesme ağzından dışarı atılır veya buharlaştırılır. Yanabilir malzemelerin kesilmesinde ve metallerin paslanmaksızın kesilebilmesinde reaksiyona girmeyen bir koruyucu gaz kullanılır (7).

2.7.4. Laser ışını ile yakarak kesme

Bu tip kesim özellikle metalik malzemelerin laser enerjisi ile yanma sıcaklığına kadar ısıtılarak ve bölgeye püskürtülen oksijen ile yakılmasıyla gerçekleşir. (7).

Yanma sonucu oluşan ince ve akıcı curuf oksijen hüzmesi ile kesme ağzından dışarı atılır. Exotermik reaksiyon, ilave bir enerjinin açığa çıkmasına neden olur ki, kesme hızı bu nedenle daha da yükselir. Okside olan malzemelerde kesme hızının bu nedenle 10 misli yükseldiği görülür (7).

2.7.5. Laser yöntemi ile işlenebilen malzemeler

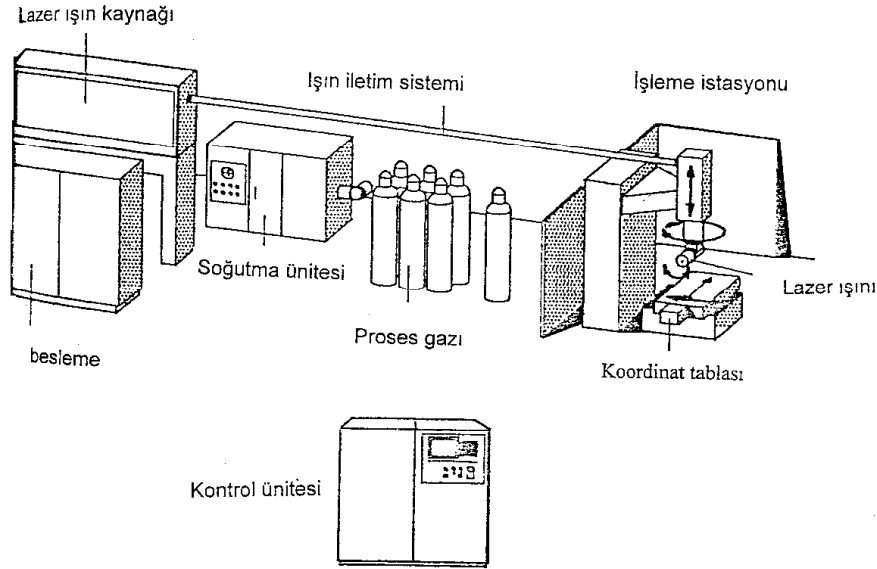
Laser ile kesilebilir malzemeler; Acry-cam, Ptfе, P-Athylen, P-Propylen, P-Karbonat, PVC-GFK, deri, kösele, ağaç, kauçuk, vinil, polyester, abs, die board (bıçak kalıbı), yün, pamuk, cam, seramik, kuvars, porselen, asbest, türlü taşlar, alüminyum ve grafit sayılabilir (26).

Ayrıca metallerden; Kurşun, Çinko, Kalay, Nikel, Krom veya yapay malzemelerle kaplanmış çelik ve çelik alaşımları, Titan, Zirkon, Niob, Tantal, Nikel ve bunların alaşımları, laser ile kesilebilir. Alüminyum, Bakır, Pirinç, Gümüş ve Altın ise bazı koşullara uymak kaydı ile (Örneğin: yüzey pürüzlendirilmesi) uygunluk gösterirler (27).

2.8. Laser Tezgâhlarının Yapısı ve Laser Işını Üreteçleri

2.8.1. Laser tezgâhlarının genel yapısı

Şekil 2.4’de şematik olarak bir laser tezgahı ve bunu oluşturan önemli sistem elemanları görülmektedir:



Şekil 2.4. Laser tezgâhının ana yapısı (7)

Lazer ışını; elektrik enerjisi, soğutma ve kesme gazı ünitesi bağlı olan lazer ışını üreticinde üretilir. Bu üreteçlerde; elektrik, kimyasal, optik veya nükleer kaynaklardan elde edilen enerji, özel frekansta bir elektromanyetik ışına (ultraviyole, görünür veya kızılötesi) dönüştürülür. Bu dönüşüm, belirli katı, sıvı veya gaz ortamlarda sağlanır (7).

Karbondiyoksit (CO_2) laseri, endüstriyel uygulamada en yüksek ortalama çıkış gücüne (25 kW'a kadar) sahip, dalga boyu $10.6 \mu\text{m}$ olan bir moleküler gaz laseri sistemidir (7).

Dalga boyu $1.06 \mu\text{m}$ olan Nd:YAG laseri katı kristal ortamda elde edilmekte olup, yaklaşık 2 kW çıkış gücüne erişilebilir (7).

Endüstriyel uygulamada seyrek olarak kullanılan Excimer laseri ise, yine gaz ortamda elde edilen, dalgaboyu $0.2-0.3 \mu\text{m}$ olan ve maksimum 100 W çıkış gücü elde edilebilen bir laser türüdür (7).

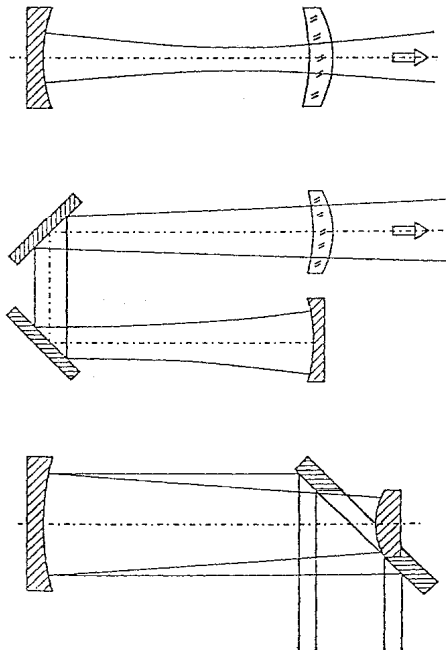
2.8.2. Laser ışını yönlendirme sistemleri

Günümüzde laser ışınının yönlendirilmesi için, ayna ile yönlendirme ve ışın yönlendirme lifleri olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. CO₂ laserlerinde sadece aynalı yönlendirme sistemi kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise, büyük çıkış güçlerinin ışın lifleri ile iletiminin mümkün olmamasıdır (7).

Işın lifleri ile iletim sistemi, daha düşük çıkış gücüne sahip olan Nd - YAG ve Excimer laserlerinde kullanılmaktadır (7).

Laser ünitesinden çıkan laser ışını, yönlendirme sistemi ile işleme istasyonunda bulunan işleme kafasına gönderilir ve burada mercek sistemleri ile malzeme üzerine odaklanır. Laser ışını ve malzeme arasındaki izafi hareket ise ya bir robot ile ya da birden fazla eksen kontrollü koordinat tablasının hareketi ile sağlanır (7).

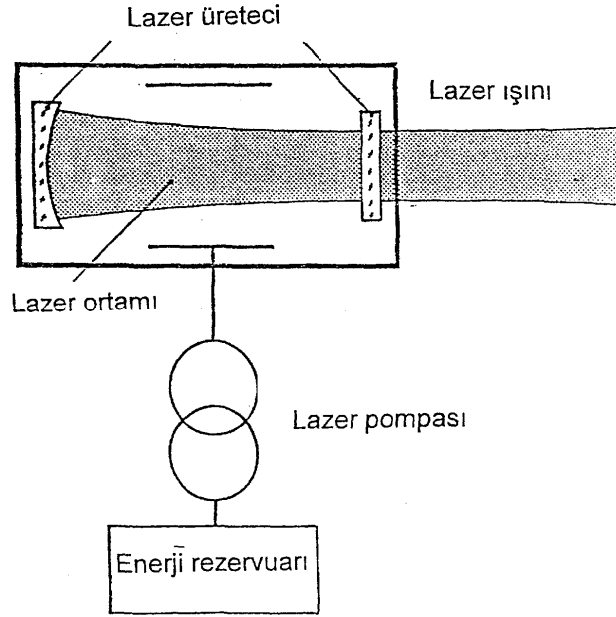
Şekil 2.5’de laser ışını yönlendirme sistemlerine ait örnekler görülmektedir.



Şekil 2.5. Laser ışını yönlendirme sistemleri (7)

2.8.3. Laser ışını üreticileri

Şekil 2.6'da laserin ve onu oluşturan elemanların prensip şeması bulunmaktadır. Bu elemanlar halen endüstriyel alanda kullanılan CO₂, Nd:YAG ve Excimer laserin ortak elemanlarıdır (7).



Şekil 2.6. Laserin ana yapısı (7)

Laseri, ışına çeviren enerji, enerji rezervuarından sağlanır (7).

Sürekli laserlerde (CO₂ ve Nd-YAG Laser) şebeke gerilimi, yüksek gerilime dönüştürülerek laser aktif ortamına sürekli olarak gönderilir (7).

Darbili laserlerde (Nd-YAG ve Excimer Laser) ise enerji öncelikle kondansatörlerde biriktirilir ve kısa zaman aralıklarıyla laser aktif ortamına gönderilir (7).

Laser pompasının görevi, elektriksel gaz boşaltımlarının meydana geldiği laser aktif ortamını, enerji üreticiden aldığı enerji ile sürekli olarak beslemektir. Laser pompası ile enerji üretici birlikte laserin gücünü tespit etmektedir (7).

Laser aktif malzeme bölümünde, laser absorbe eden laser aktif atomları mevcuttur (7).

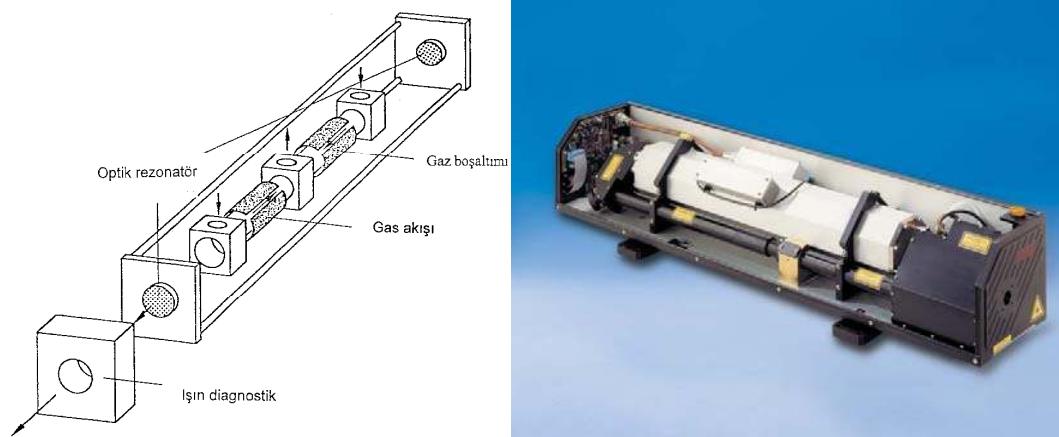
Gaz ve katı haldeki laser aktif ortamlarında, laser aktif atomları veya molekülleri gaz ve kristal yapıdadır. Laser ışınının dalga boyu ve bu laser aktif ortamında tayin edilmektedir (7).

2.8.4. CO₂ laser üreteçleri

Laserin en önemli parçası optik rezonatördür, diğer adıyla üreteçtir. Optik rezonatör, her ikisi de küresel yapıda olan, fakat biri kısmi geçirge, diğeri yüksek yansıtma özelliğine sahip iki adet aynadan meydana gelir (7).

Karbondioksit laser üreteçlerinde esas olarak boyuna ve enine tahrikli düzenleme olmak üzere iki yapı formu mevcuttur (7).

Boyuna tahrikli laser üreteci



Şekil 2.7. Boyuna tahrikli laser üreteci (28)

Şekil 2.7’de boyuna tahrikli laser üretecinin prensip şeması görülmektedir. Gaz karışımı, yüksek güçlü pompalar yardımıyla çok yüksek hızlarda, küçük birer laser boru en kesitine sevk edilir. Gaz boşaltımı, çapı takriben 1-5 cm olan cam borular

içinde gerçekleşmektedir. Gazın bu borular içindeki akış hızı takriben 100 m/s'dir (7).

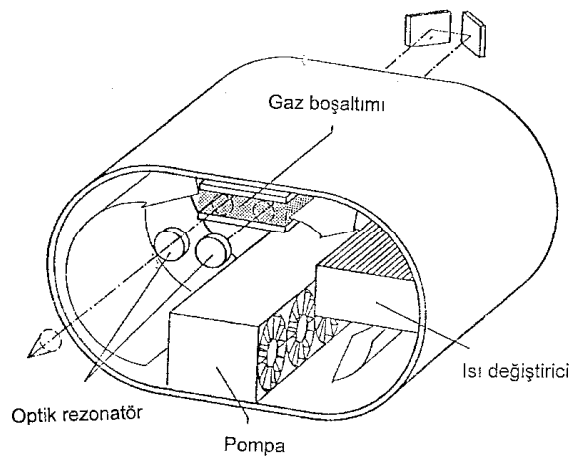
Boyuna tahrikli laser üretici 2 adet gaz boşaltım borusundan, 2 adet gaz iletim başlığından ve 1 adet sıcak laser gazlarını toplayıp uzaklaştırmaya yarayan başlıktan meydana gelmektedir. Sıcak laser gazları, ısı değiştiricisinde soğutulur ve bir pompa sayesinde, gaz boşaltım döngüsüne tekrar nakil edilir (7).

Enine tahrikli laser üretici

Boyuna tahrikli laser üreteçlerinin aksine, enine tahrikli laser üreteçlerinde, gaz optik rezonatörün eksenine dik olarak akmaktadır (7).

Bu tip üreteçlerde; üreteç hacminin optimum kullanılması amacıyla, optik rezonatörler U-formunda dizayn edilip yerleştirilmiştir. Bu yapıları ile oldukça kompakt bir sistem oluşturmaktadırlar ve en yüksek çıkış gücüne (25 kW) bu tip üreteçlerle ulaşılmaktadır (7).

Yapıları nedeniyle enine akışlı laser üreteçleri, işletme şartlarına hızlı cevap verebilmektedir. Şekil 2.8'de enine tahrikli laser üretici görülmektedir (7).



Şekil 2.8. Enine tahrikli laser üretici (7)

2.8.5. Nd - YAG laser üreteçleri

Nd - YAG laseri bir katı hal laseridir ve yapı itibarıyla CO₂ laser üreticinden oldukça farklıdır. En çok rastlanılan tipi; silindirik laserdir (7).

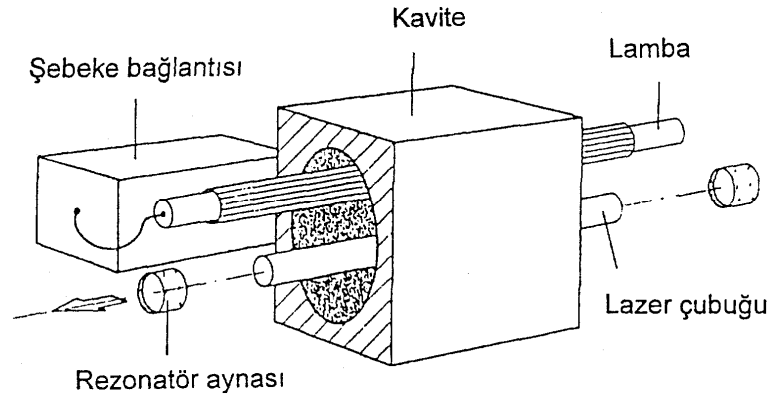
Nd - YAG laser üreteçleri; darbeli ve sürekli çalışma olmak üzere iki çalışma türüne sahiptir (7).

YAG, Yitrium-Aluminium-Granet'in kısaltılmış şekli olup, endüstriyel anlamda kullanılan en önemli katı hal laseridir (7).

Bu tip laserde, laser yayan eleman Neodim'dir. Neodim'in uyarılması; yüksek güçlü ark lambalarının ışığıyla yapılır. Nd:YAG kristali ışığa maruz bırakılırsa, neodim bu ışığı absorbe ederek uyarılmış hale gelir. İyon; bir üst laser seviyesinin üzerine çıkar, bu arada serbest kalan enerji, ısı enerjisi olarak kristale geçer. Lambalardan elde edilen ışın, reflektörler sayesinde laser aktif ortama gönderilir (7).

Şekil 2.9'da görülen kavite (gövde), yüksek yansıtma özelliğine sahip metal veya dielektrik kaplamasına sahiptir. Bu gövdenin geometrisi; laser çubuğunun aydınlanmasının homojenliğini ve emisyonu uğrayan laser ışınının kalitesini belirler (7).

Darbeli katı hal laserlerinin verimliliği takriben % 5 civarındadır. Laser prosesinde kullanılmayan ışın; gövdenin ve laser çubuğunun ısınmasına neden olur. Bu elemanların soğutulması destile edilmiş su ile yapılır (7).



Şekil 2.9. Nd - YAG çubuk laseri prensip yapısı (7)

Verimliliğin % 10 ila % 20 civarına çekilebilmesi amacıyla laser diyotları kullanılmıştır. Laser diyotlarının kullanılması ile laser aktif ortamın zorlanması önlenmiş ve pompa kaynak ömürleri uzatılmıştır (7).

Katı hal laserlerinde kullanılan lambaların ömrü takriben 500–1000 çalışma saatidir (7).

2.8.6. Excimer laser üretici

Excimer laserinin tahriki için gerekli olan yüksek pompalama performansı için puls tahriki düzeneği kullanılmaktadır. Bunun için, gerekli enerjiyi depolamaya yarayan bir kondansatör ve enerjiyi boşaltmaya yarayan Tyatron-şalteri kullanılmıştır (7).

Gaz boşaltımının tüm hacmi homojen olarak doldurması için, bir “ön iyonlaştırma” prosesine ihtiyaç vardır (7).

2.9. Laser Işını ile Kesim Parametreleri

Laser ışını ile kesim yönteminde kaliteli kesim elde edilebilmesi için birçok parametrenin optimize (ayarlanmış) edilmiş olması çok önemlidir. Aşağıda belirtilen dört ana başlıkta toplanan parametreler kesim sonuçlarını belirlemektedir (7).

Laser parametreleri (7):

- i) Laser gücü
- ii) Güç yoğunluğu dağılımı
- iii) Güç stabilitesi
- iv) Laser ışınının kesiti
- v) Divergens
- vi) Polarizasyon

Proses (imalat) parametreleri (7):

- i) Kesme hızı
- ii) Kesme gazının tipi
- iii) Gaz basıncı
- iv) Odaklama noktası

İş parçası parametreleri (7):

- i) Malzeme kalınlığı
- ii) Malzeme
- iii) İş parçasının yüzey kalitesi
- iv) İş parçasının geometrisi

Makine parametreleri (7):

- i) Laser ışını çıkış aynası
- ii) Işın ayarı
- iii) Işın yönlendirme aynaları
- iv) Odaklanma merceği
- v) Ağız (nozzle) delik çapı
- vi) Ağız (nozzle) deliği ile ışının merkezleme ayarı

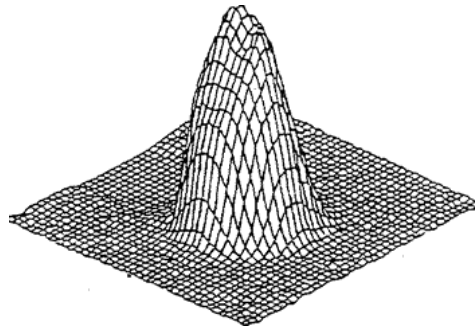
2.9.1. Laser parametreleri

Laser gücü

Laser ışınının gücü, malzeme cinsi ve iş parçasının kalınlığına göre ayarlanmalıdır. Kesilecek maksimum malzeme kalınlığı laser tipine bağlıdır. Laser ışınının gücü, kontrol ünitesinin panelinden % ve W olarak ayarlanabilir, makineye iş emrini gönderen programdaki parametrelerin değiştirilmesiyle ayarlanabilir veya bu ayar laser kafasına takılabilen güç potansiyometresi ile gerçekleştirilebilir (7).

Güç yoğunluğu dağılımı

Genel olarak, gaus eğrisine(tem00) benzeyen güç yoğunluk dağılımı en iyi kesim sonuçlarının elde edilmesini sağlar (7).



Şekil 2.10. TEM 00 modu (7)

Güç stabilitesi

Uniform (standart) kesim sonuçlarının elde edilmesi için, kesim sırasında seçilmiş olan laser gücünün sabit kalması gerekmektedir. Laser üreticine enerji verildikten yaklaşık 5-10 dakika sonra sabit bir çıkış enerjisi elde edilebilir. Laser ışınının gücünü sabit kalma durumu aynı zamanda sıcaklığa (ortam ve laser üreticinin sıcaklığı) ve gaz basıncına da bağlıdır. Laser gücünün sabit bir değerde korunması ve kesim sırasında gücün düşmemesi sağlanmalıdır. Belli bir zaman sonra laser gücünde

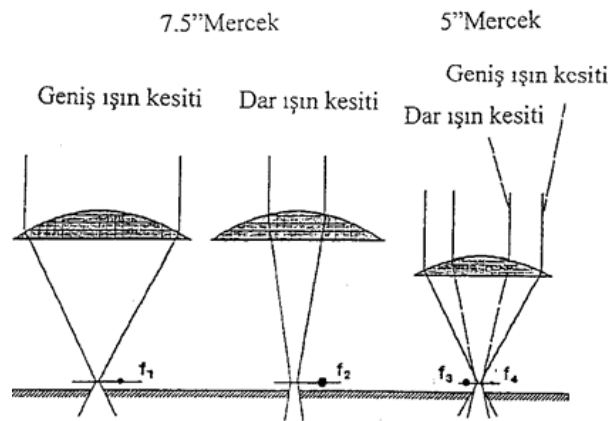
zayıflama görülür. Bunun için laser çıkış gücünün belli zaman aralıklarında kontrolü gerekmektedir (7). Laser gücünde ki azalmalar şu nedenlerden dolayı olabilir (7):

1. Jeneratör valflerinin arızalanması.
2. Laser üreticindeki gazların kullanım sürelerinin aşılmış olması.
3. Optik sistemlerin kirlenmesi.
4. Soğutma için kullanılan hava/su devridaimindeki arızalar.

Laser ışınının kesiti

Laser ışının kesit çapı ne kadar büyükse, elde edilebilen odaklama çapı o kadar küçük olur. Böylelikle kesim aralığı o kadar dar olur. Elde edilen odaklama çapı aynı zamanda merceğin odaklama mesafesine de bağlıdır. Örneğin 2.5" odaklama mesafesi olan mercekler ile elde edilen laser ışın demetinin odaklama çapı 0.12 mm den küçüktür (7).

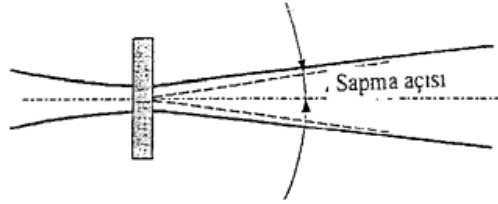
Şekil 2.11'de ışın çapı ve merceğe bağlı olarak odaklama çapının değişimi görülmektedir.



Şekil 2.11. Odaklama çapının değişimi (7)

Sapma açısı (Divergens)

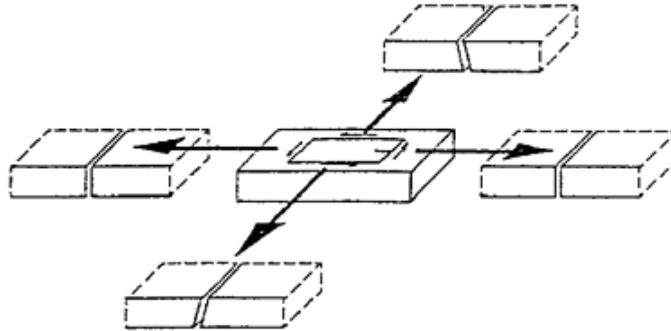
Özellikle iş parçasının sabit, optik ekipmanların hareketli olduğu laser sistemlerinde sapma açısı çok önemli bir faktördür. Mercekten geçirilen laser ışını konik halde yayınır. Laser ışın demetinin sınırı ile merkez hattı arasında ki açı sapma açısı veya yabancı literatürde olduğu gibi "divergens" olarak adlandırılır. Işın çapının ve ışın özelliklerinin sabit kalması için, sapma açısının mümkün olduğu kadar küçük olması gerekmektedir. Optik elemanların sabit, iş parçasının hareketli olduğu sistemlerde, ışının sapma açısından kaynaklanabilecek bir problem görülmez (7).



Şekil 2.12. Sapma açısı (7)

Polarizasyon

Kesim sırasında dairesel polarize olmuş laser ışınına gereksinim vardır. Çizgisel veya eliptik polarizasyon, kesme hattında hatalara neden olup ayrıca kesme hattının da dikliğinin bozulmasına neden olur. Özellikle kapalı hatların kesiminde (delik açma vs.) polarizasyon sorunu nedeniyle kesime başlangıç yeri ve bitiş yeri arasında malzemenin üst yüzeyinin çakıştığı, fakat alt yüzeylerinin çakışmadığı gözlenir (7).



Şekil 2.13. Polarizasyonu bozuk laser ışını ile kesimin sonucu (7)

2.9.2. Proses parametreleri

Kesme hızı

Kesme hızı, malzemenin tipine ve kalınlığına bağlıdır. Kesme hızının, gerektiğinde daha fazla veya daha az olması, kesme hattında pürüzlülük ve yanma gibi istenmeyen durumların doğmasına neden olur. Genel kural olarak, malzeme kalınlığının arttıkça, kesme hızı düşmektedir (7).

Kesme gazı tipi

Laser ile kesim yönteminde kullanılan gazlar; oksijen, azot, argon, helyumdur (7).

Kesilecek malzeme ve kullanılacak laser gücüne bağlı olarak kullanılacak laser kesim yöntemleri, yakarak kesme, eriterek kesme ve süblimleştirme kesimidir. Malzemenin özelliği ve istenilen kesme sonuçları, kullanılacak gazın tipini tayin etmektedir (7).

Yakarak kesim yönteminde kesme gazı olarak oksijen kullanılır. Laser ışını etkisi altında ve oksijen gazı altında yanabilen metallerin hepsi bu kesim tipine uymaktadır. Ahşap gibi tutuşabilen malzemelerle, kesim hattında oksitlenmesi istenmeyen malzemelerin kesiminde oksijen gazı kullanılmaz (7).

Yakarak kesim yöntemine uyamayan malzemeler, eritilerek kesilir. Bu yöntemde kesme gazı olarak azot kullanılır. Süblimleşme kesiminde de azot gazı veya argon gazı kullanılır. Ahşap, plastik, kauçuk, ince folyoların kesiminde kullanılan bu yöntemde kullanılan kesme gazının görevi, malzeme partiküllerinin oksijen ile reaksiyona girip tutuşmaya yol açılmasını önlemektir (7).

Ayrıca kesim sonuçlarının istenilen düzeyde olması için gazın saflığının yüksek olması gerekmektedir. Laser ile kesim sırasında kullanılan gazlardan istenilen saflık derecesi en az %99,95'tir (7).

Endüstriyel laserlerin birçoğunda, laser ışınının oluşabilmesi için özel gazların kullanılması gereklidir. Gazın kalitesi ve seçimi, laserin güvenilirliğini ve işlemin verimliliğini doğrudan etkiler. Laser gazları genellikle, yüksek saflıkta özel gazlardır. Laser gazları, makineye ya ayrı ayrı tüplerde ya da önceden belli oranlarda karıştırılmış olarak verilir. Bu ön karıştırma ya da gazların ayrı tüplerde verilmesindeki işlem parametreleri (gaz debisi, basınç saflığı vb) laser makinesi üreticisi tarafından belirlenir ve o şartlarda makineye verilir (7).

Çizelge 2.2. Laserlerde kullanılan gazlar (7)

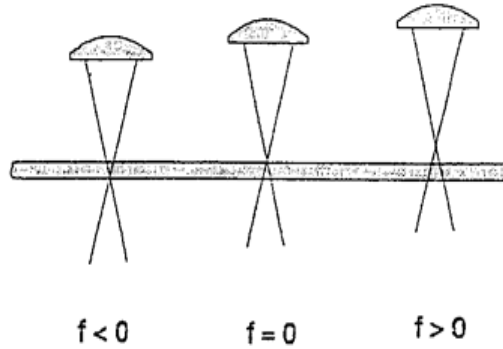
CO ₂ Laseri	Nd: YAG Laseri	Excimer Laseri
Karbondioksit	Laseri oluşturan ortam katı olduğu için gaz kullanılmaz.	Halojen (HCL ya da F ₂),
Azot		Asal (Argon, Kripton, Zenon) gazlar kullanılır.
Helyum		Helyum ya da Neon tampon gazdır.
* Bazı laser gazları 4 ya da 5 bileşen içerebilir (Ortama, CO ₂ , N ₂ ve Helyumun dışında CO, H ₂ ve Neon eklenebilir)		
** Gaz karışımı, laserin dalga boyunu belirler (Örnek: KrF - 228 nm. dir)		

Gaz basıncı

Gaz basıncı, kesilecek malzemenin kalınlığına bağlı olarak seçilmelidir. Genel kural olarak, ince malzemelerin kesimi için gerekli gaz basıncı, kalın malzemeler için gerekli basınçtan daha fazladır (7).

Odaklama noktası

İyi kesim sonuçlarının elde edilmesi için, malzeme kalınlığına göre odaklama noktasının olması gereken konumun bilinmesi gerekir. Bu işlemde; 6 mm kalınlığa kadar olan malzemelerin kesiminde malzemenin üst yüzeyinde, 8mm ve daha kalın malzemelerin kesiminde ise malzemenin üst yüzeyinin yukarısında odaklama noktası seçilir (7).



Şekil 2.14. Odaklama noktası pozisyonu (7)

2.9.3. İş Parçası parametreleri

İş parçası kalınlığı

Malzeme kalınlığı arttıkça, gerekli laser gücü de artmaktadır. Ayrıca artan malzeme kalınlığı ile birlikte kesme hızı da düşmektedir (7).

Malzeme özellikleri

Malzeme karakteristik özellikleri (enerji soğurma, ısı iletkenliği, yansıtma potansiyelleri vs.) malzemenin laser ışını ile işlenebilme özelliklerini belirlemektedir (7).

İş parçası yüzeyi

Alüminyum gibi yüzeyi parlak malzemeler, yüksek yansıtma (reflection) özellikleri nedeniyle kesilebilme özellikleri oldukça kötüdür. Parlak yüzey üzerine yapılabilecek bir kaplama (etiketleme, boyama, vernik) kesim sonuçlarının iyileşmesinde büyük rol oynar (7).

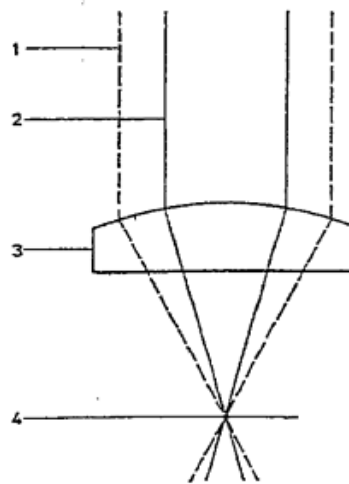
İş parçasının geometrisi

İş parçası yüzeyi üzerindeki düzensizlikler veya küçük delikler, kesim sırasında sorun oluşturabilirler. Bu durumda laser gücünün ve kesme hızının azaltılması gerekmektedir (7).

2.9.4. Makine parametreleri

Laser ışınının çıkış aynası

Kirlenmiş aynalar, laser gücünü absorbe (emmek/soğurmak) etmektedir. Bu durum laser ışının zamana bağlı olarak soğuması veya ısınmasına neden olur. Bunun sonucunda ise laser ışınının çok küçük zaman dilimleri içinde kesilmesine neden olur. Laser ışınında ki bu kesintiler, sapma açısının değişmesine ve dolayısıyla ışın odaklanmasının değişimine neden olur (7). Bu durum odaklama merceğinin termal olarak zorlanmasına ve mercek üzerinde ki kaplama malzemesinin bozulmasına neden olur. Şekil 2.15’de sıcak ve soğuk durumda ki laser ışınlarının durumu görülmektedir (7).



- 1 Soğuk durumdaki lazer ışını
- 2 Sıcak durumdaki lazer ışını
- 3 Odaklama merceği
- 4 Odak noktası

Şekil 2.15. Laser ışının soğuk/sıcak durumu (7)

Işın ayarı

Kesim sırasında laser ışınının kesme yüzeyine dik doğrultusuna paralel ve merkez ayarının yerinde olması istenir. Özellikle kesim ekipmanları hareketli sistemlerde bu önemli bir faktördür ve çok hassas ayar ve rutin kontrol gerektirmektedir (7).

Işın yönlendirme aynaları

Işın yönlendirme aynalarının kirli olması kesim kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Aynaların kirli olması şu sonuçları sebebiyet vermektedir (7):

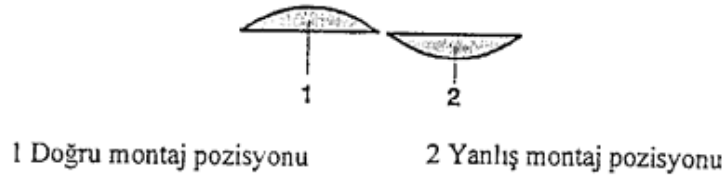
- Malzemenin kesilen yüzeylerinde yanıkların oluşması (7),
- Laser çıkış gücü ile laser çıkış ağzındaki güç kayıplarının oluşması (7),
- Pürüzlülüğün artması (7).

Odaklama mercekleri

Odaklama merceklerinin kirlenmesi, ısı absorbe (emme/soğurma) olayını artırır ve odaklama noktasının yerinin değişmesine neden olur. Bunun sonunda şu problemlerle karşılaşılır:

- Kesim yanıksız başlar, fakat bir süre sonra kesim boyu uzadıkça, yanıklar oluşmaya başlar ve giderek şiddetlenir (7).
- Kesme yarığı aralığı ve buna paralel olarak pürüzlülük değerleri artar (7).
- Aşırı durumlarda ise uygun kesim gerçekleşemez (7).

Merceklerin yanlış takılması ise kesim olayının meydana gelmemesi durumunu ortaya çıkarır (7).

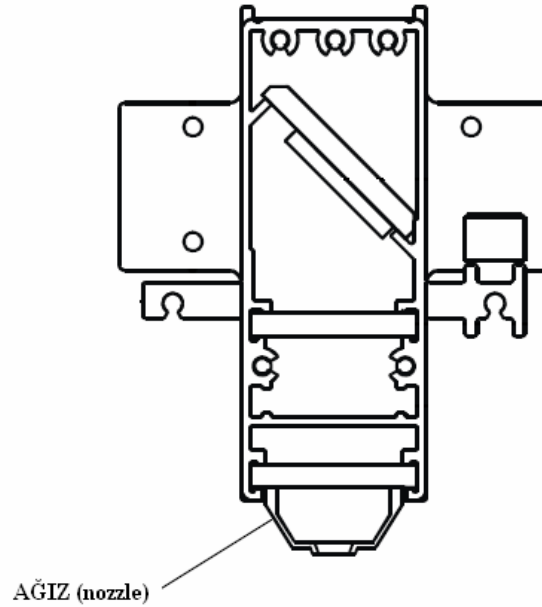


Şekil 2.16. Merceklerin doğru/yanlış takılması (7)

Ağız (nozzle) delik çapı

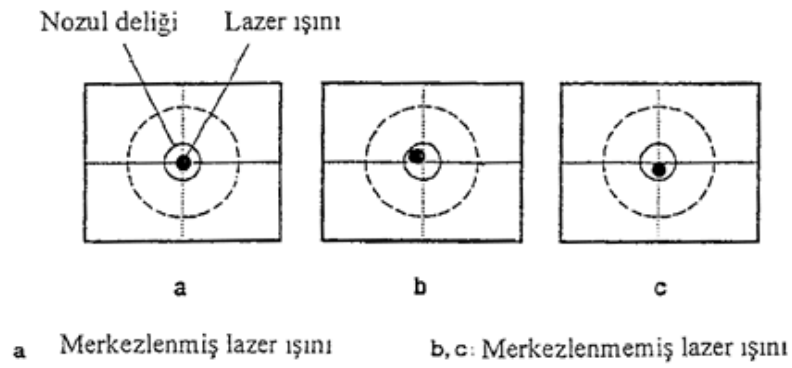
Kesim yöntemine uygun delik çapına sahip ağız (nozzle) seçilmesi çok önemlidir. Yüksek basınç ile kesim yönteminde kullanılan ağız (nozzle) delik çapı, standart kesimde kullanılanlardan daha büyüktür. Ağız (nozzle) delik çapı, kesme gazı sarfiyatının en alt düzeyde tutulabilmesi için mümkün olduğu kadar küçük seçilmelidir (7).

Laser ışını ile ağız (nozzle) deliğinin merkezlenmesi



Şekil 2.17. Ağız (nozzle) (29)

İyi kesim sonuçlarının elde edilmesi için; laser ışınının ağız (nozzle) deliğini merkezlemesi gerekmektedir. Aksi takdirde ışının bakır ağza (nozzle) temas etmesi, ağzın (nozzle) ısınıp hasar görmesine ve uygun ışın kalitesinin istenilen düzeyde elde edilememesi durumunu doğurur. Laser ışını ağız (nozzle) deliği merkezinden ± 0.05 mm'den fazla kaçık olmamalıdır. Şekil 2.18'de ışın ile ağız (nozzle) delik durumu görülmektedir (7).

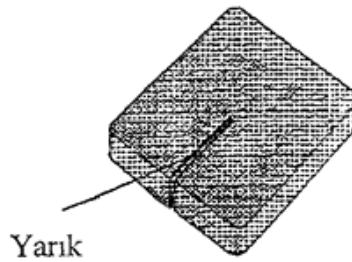


Şekil 2.18. Merkezlenmiş ve merkezlenmemiş ışın (7)

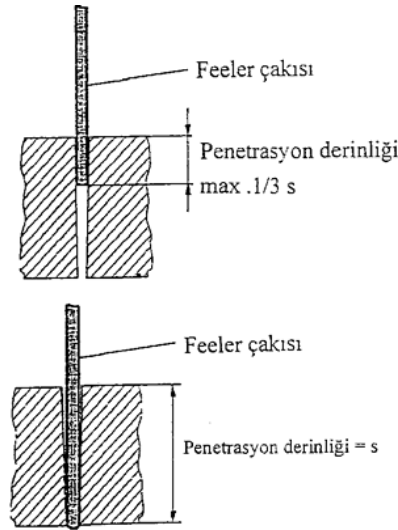
2.10. Laser Işını ile Kesimde Sonuçları Değerlendirme

2.10.1. Kesim yarığının genişliği

Laser ışını ile kesim sırasında alt açıklıktan daha az olan bir yarık meydana gelir. 3mm 'ye kadar olan malzeme kalınlıklarında ki kesim yarıklarının genişliği feeler çakısı yardımıyla ölçülür. Feeler çakısı ile Şekil 2.20'de görüldüğü gibi “penetrasyon derinliği $s/3$ ” ve “penetrasyon derinliği s ” ölçülür (7).



Şekil 2.19. Kesim yarığı (7)



Şekil 2.20. Yarık genişliğinin saptanması (7)

3mm'den sonra daha kalın malzemelerin kesiminde ise, bir dikdörtgen kesim programı yapılır. Programlanan kenar uzunluğu ile gerçek kenar uzunluğunun farkı bize kesim aralığının açıklığını verir (7).

Örnek:

Programlanan kenar uzunluğu: 100 mm

Ölçülen kenar uzunluğu: 99,7 mm

Yarık aralığı: 0,3 mm (7)

Kesim yarık aralığı haddinden fazla ise sebepleri şunlar olabilir (7):

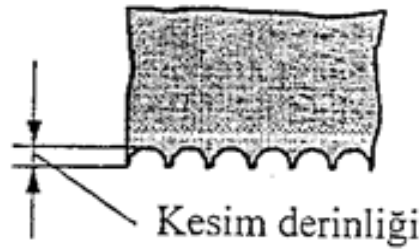
- Yanlış odaklama noktası,
- Kirli mercek,
- Mercek kaplamasının bozulması.

2.10.2. Ortalama pürüzlülük

Ortalama pürüzlülük = kesim derinliği + muhtemel krater veya pitting derinliği. Ortalama pürüzlülük, kesim yüzeyi üzerinden farklı bölgelerden, belli sayılarda alınan pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalamasıdır (7).

Pürüzlülük değerini arttıran sebepler şunlardır (7):

- Yanlış gaz basıncının seçilmesi
- Yanlış kesme hızının seçilmesi
- Yanlış laser gücünün seçilmesi



Şekil 2.21. Pürüzlülüğün tespiti (7)

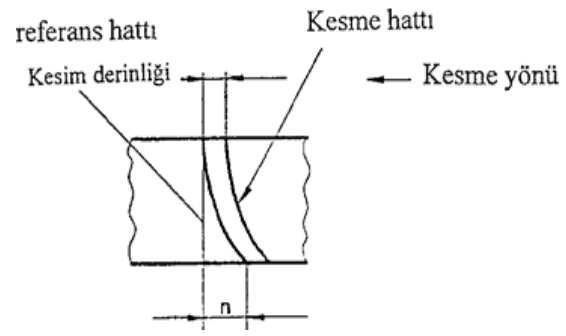
2.10.3. Diklik

Kesme hattının üst ve alt yüzeyleri arasındaki mesafe farkı; diklik toleransı "u" olarak adlandırılır. Diklik bozulmasına neden olan faktörler şunlardır (7):

- -Yanlış odaklama pozisyonu
- -Yanlış gaz basıncı
- -Yanlış kesme hızı
- -Elipsel polarizasyon

2.10.4. Kesim hattı çizgileri

Laser kesimi sırasında, iş parçasının kesim hattında karakteristik çizgiler oluşur. Düşük kesme hızlarında, bu çizgiler laser ışını yönüne paralel olmaktadır. Kesme hızı arttıkça, bu çizgiler kesme yönünün aksi yönde kıvrılırlar (7).



Şekil 2.22. Kesim hattı çizgileri (7)

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu araştırma genelinde, araştırılan konunun ana dilde yazılı kaynaklarının bulunmamasından dolayı, yurt dışından elde edinilen bilgilerin Türkçeye çevrileri yapılarak kullanılmıştır. Bu bilgilerin elde edilmesinde, internet vasıtası ile laser konusunda amatör olarak ilgilenen kişilere ve laserli kesim yapan makinelerin imalatını ve satışını yapan firmalara gönderilen mailler sayesinde elde edilen teknik bilgilerin tercüme edilmeleriyle bazı bilgilere ulaşılmıştır. Gine yurt dışında bu konular hakkında çalışmalar yapan özellikle Iowa Üniversitesinin hazırlamış olduğu teknik dokümanlardan yararlanılmıştır. Ülkemizde kullanılmakta olan çeşitli marka ve modellerdeki makinelerin yabancı dillerdeki kullanım kılavuzları incelenerek gerekli görülen yerler tercüme edilmiştir.

Yurtiçinde de direkt mobilya veya ahşap sektörüyle alakalı kaynaklar bulunmadığı için laser konusuyla direkt veya endirekt ilgilenen “Türkiye Optik Komitesi Üyeleri”ne mail yoluyla ulaşılmış ve birçok üyeden destek alınmıştır. Ayrıca yurt içinde, laserli kesim yapan makinelerin ithalatçısı olan firmaların birçoğuyla görüşülerek makinelerin incelenmesi gerçekleştirilmiştir.

Laserli kesim yapan makineye sahip olan bir firmada, çeşitli incelemeler ve uygulamalar yapılmıştır. Süsleme öğeleri bu tip makinelerde, kaplamalı kakma şeklinde hazırlanıp piyasaya sunulmuş olan bazı mobilyaların satıcılarıyla görüşülerek, müşterilerin bu tip mobilyalara olan genel tepkileri öğrenilmiştir.

Yapılan araştırma sürecinde elde edilen teknik bilgilerin güvenilirliğini kıyaslamak için bazı standartlar temel alınmıştır. Bu standartlar, ANSI Z136.1, CENELEC, TSE standartlarıdır. Laserlerde olması gereken emniyet tedbirlerine temel teşkil etmesi için A.B.D. de bütün laser ve laser sistemleri için, ANSI Z136.1 standartları uygulanmaktadır. Avrupa da CENELEC (Avrupa Elektroteknik Standartlar Komitesi) (European Electronic Standardization Committee) tarafından hazırlanan standartlar doğrultusunda uygulama ve kontroller yapılmaktadır. Türkiye de TSE nin

CENELEC tarafından kabul edilen standartların Türkçeye çevrilmesiyle hazırladığı TS 8496 EN 60825-1 standardına göre bu belirlemeler ve kontroller yapılmaktadır.

Konuyla ilgilenenler için, Avrupa ve Türkiye’de geçerli olan standartlar “TS 8496 EN 60825-1” TSE’den satın alınabilir. A.B.D. geçerli olan ANSI Z136.1’e standardı da incelenmek istenirse, Laser Institute of America (Amerika Laser Enstitüsü) dan satın alınabilir. <http://laserinstitute.org> veya HPO’dan temin edilebilir.

A.B.D. standartları ile Avrupa-Türkiye standartları tanımlamalar olarak birbirleriyle uyumaktadırlar. Bir takım tanımlama farklılıkları bulunmaktadır. Araştırmanın ilgili bölümlerinde tanımlamalardan çok uygulamalar üzerinde durulmuştur.

Piyasada CO₂ laseri kullanarak kesim yapan birçok makine bulunmaktadır. Makine üreten her firmanın, kendine göre “iyi/kullanışlı” makine anlayışı bulunmaktadır. Bu çalışma sırasında incelenme fırsatı bulunan makineler hakkında, dağıtıcı firma yetkililerinden alınan bilgiler ve makineye ait teknik dokümanlar sayesinde bir takım sonuçlara ulaşılmıştır.

Araştırmayı lokalize etmek maksadıyla iki farklı marka ve model makinenin (SEI marka Spooky Plus model ve LaserPro marka Explorer model) detaylı şekilde kurulum, makinede iş yapmaya hazırlık ve bakım aşamaları incelenerek araştırma bulgularına ulaşılmaya çalışılmıştır. Her marka ve modeli makinenin kendine göre özellikleri olmasına rağmen ilgili başlıklarda da görüleceği gibi mantıksal olarak aynı şeyler, farklı şekil ve yöntemlerle yapılmaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Laserlerin Sınıflandırılmaları ve Laser Kullanımında Emniyet

Endüstride kullanılan laserlerin çoğu insan gözünün göremeyeceği dalga boylarındadır. Karbondioksit, Nd-YAG, diyot laserler kızılötesinde ışık verirler. Görünen spektrumda sadece Argon, Dye, Krypton ve nispeten zararsız Helium-Neon laserler yer almaktadır. Laserin görünmez oluşu ve dalga boyuyla bağlantılı olarak değişik yüzeylerden yansıyabilmesi tehlikesini daha da arttırmaktadır. Özellikle karbondioksit laser bazı yüzeylerden, görünen ışığın aynadan yansıdığı gibi yansımaktadır (30).

4.1.1. Laser karakteristikleri

Absorbe etmek

Absorbe edilmiş (emilmiş) laser enerjisi, hedef seçilen madde üzerinde ısı oluşmasına sebep olur. Absorbe edilme ve yayılma, hedef seçilmiş maddenin fiziki ve kimyasal karakteristiklerinin ve meydana gelen radyasyonun dalga uzunluğunun birer fonksiyonudurlar. Görülebilen dalga uzunluklarında, gözü etkileyen laser radyasyonu, retina tabakası üzerinde odaklanır ve eğer göz tarafından yeterli derecede emilmiş ise hücre tahribatına neden olabilir (30).

Daha uzun ve daha kısa dalga boylarında, enfraruj ve ultraviole gibi, göze çarpan radyasyon retina tabakasında odaklanmaktan daha ziyade kornea ve lens tabakaları tarafından absorbe edilir. Bu yapılar, retinaya göre daha zor hasar görmesine rağmen fazla enerjinin absorbe edilmesi hücre hasarına ve görme bozukluklarına sebep olabilir (30).

Yansırna

Yansırna, hedef maddenin yzeyinin fiziksel karakterinin bir fonksiyonudur. Düzgün cilalanmış bir yzey; genellikle iyi ve parıltılı bir yansıtıcıdır. Kaba ve düzgün olmayan bir yzey ise yansırna yayılma üreten zayıf bir yansıtıcıdır. Düz bir ayna gibi olan bir yansıtıcı, meydana gelen huzmenin yönünü çok az veya hiç absorbe etmeden değıştirir. Kıvrımlı bir ayna veya yzey kendisine çarpan laser huzmesinin uzaklaşma açısını ve yönünü değıştirecektir (30).

Yayılan bir yansırna için, yansıyan enerjinin bütün yönlerle dağılması enerjiyi ve güç yoğunluğunu azaltır. Genellikle yayılan bir yansırna neden olan bu yzeyler, kullanımlarının düzgün yansırna önlemesi ve yapılacak laser deneyinin emniyetini arttırması sebebiyle, deneyler için laser tasarımlarının yapılması esnasında tercih edilir (30).

Yayma (Transmission)

En çok, görülebilen zayıf laser huzmeleri (HeNe, Nd:Yag ve Krypton tarafından üretilen laserler gibi) oda camı, su gibi, açık renkli, temiz nesneler üzerinden yayılırlar. Bu tip laserlerin kullanılması, genellikle pencerelerde (makinenin koruyucu penceresi), laser huzmesini emen ve çalışmanın yapıldığı yerin dışında da laserin zararını önleyen, örtülerin kullanılmasını gerekli hale getirir. Eğer daha güçlü laser ile bir çalışma yapılacak ise, bu pencere örtülerinin yangına dayanıklı olması gerekmektedir. CO₂ laseri gibi olan bazı laserler, camın içersinden gönderilmez. Bu sebeple de bu tip laserler ile çalışıldığında örtü kullanılmasına gerek yoktur (30).

4.1.2. Laserlerin sınıflandırılması

Laserlerde olması gereken emniyet tedbirlerine temel teşkil etmesi için A.B.D. de bütün laser ve laser sistemleri için; ANSI Z136.1 standartları uygulanmakta; Avrupa da CENELEC (Avrupa Elektroteknik Standartlar Komitesi) (European Electronic Standardization Committee) tarafından hazırlanan standartlar doğrultusunda

uygulama ve kontroller yapılmakta; Türkiye de de TSE nin CENELEC tarafından kabul edilen standardın Türkçe'ye çevrilmesiyle hazırladığı TS 8496 EN 60825-1 standardına göre bu belirlemeler ve kontroller yapılmaktadır.

Üretici, ürettiği laserin sınıfını belirlemekten mesuldür. Üretici muhakkak, “Yeni üretilen bir laser mi? Yoksa modifiye edilmiş bir laser mi?” olduğu hususunda sınıflandırma yapmak zorundadır (30).

A.B.D. standartları ile Avrupa-Türkiye standartları uygulamalar olarak birbirleriyle uyushmaktadırlar.

Aşağıdaki bölümde sürekli (devamlı) dalgalı laserlerin sınıflandırılması anlatılacaktır. Aynı tehlike seviyeleri, puls (darbe) genişliği 0,25 saniyeden daha az olan pulslu laserler içinde geçerlidir. Fakat pulslu laserlerin sınıflandırılması daha karmaşıktır.

Sınıf 1 laserler

Sınıf 1 laserler düşük güce sahip, normal çalışma şartlarında, tamamen muhafaza içerisinde bulunduklarından, tehlikeli radyasyon yaymazlar. Sınıf 1 laserler herhangi bir kontrolden muaf olan laserlerdir. Laserli yazıcılar, laserli disk çalıcılar vb. cihazlarda kullanılan laserler Sınıf 1'e giren laserlerdir. Bu sınıf laserler, cihazın muhafazası bakım-onarım için açıldı ise tehlikeli olabilirler (30).

Sınıf 2 laserler

Sınıf 2 laserler devamlı dalgalı ve tekrar eden darbeye (puls) sahip laserler veya laser sistemleri olup, Sınıf 1 erişilebilir yayın sınırı seviyesinden fazla, fakat 1 mW seviyesinden daha az erişilebilir ısı ve ışık enerjisi yayan laserlerdir. İnsanın gözlerini açıp kapama refleksi 0,25 saniyede gerçekleşmektedir. İnsanın bu göz refleksi Sınıf 2 laserlerin zararlarından yeterli koruma sağlar (30).

Bununla beraber, göz kırpması aralığı uzun olursa ve Sınıf 2 lasere yeterince uzun süre bakılırsa, gözlere zarar verebilir. Uyarı etiketi ve muhafaza içerisinde olma zorunluluğu dışında Sınıf 2 laserlerde kontrolden muaftır. Cihazlar, bazı görülebilen devamlı dalga boyuna sahip Helyum-Neon laserleri kullanan cihazlar ve laserli işaretleyiciler Sınıf 2 laserlere örnek teşkil ederler (30).

Sınıf 3a laserler

Bu sınıf laserler güç seviyesi 1 ile 5 mW arasında olup, eğer çıplak gözle sadece kısa zaman aralıklarında bakıldığında tehlike arz etmeyen laserlerdir. Bu tip laserlere optik cihazlar (mikroskop, dürbün ve diğer toplayıcı özelliğe sahip optik cihazlar) ile bakıldığında, ciddi göz hasarlarına sebep olabilirler. Sınıf 3a laserlerin muhakkak etiketlenmesi gerekir. İkaz levhası laserin bulunduğu yere yakın ve açıkta bir yere konulmalıdır. Bazı görülebilir, devamlı dalga boyuna sahip Helyum-Neon laserler ve bazı katı hal laserleri kullanan işaretleyici (pointer) cihazlar da kullanılan laserler bu sınıf laserlere örnek teşkil ederler (30).

Sınıf 3b laserler

Sınıf 3b laserler güç seviyesi 5 mW ile 500 mW arasında olup, devamlı dalgaya sahip veya 0,25 saniye de 10 J/cm^2 den daha az puls (darbe) üreten laserlerdir. Bu sınıf laserler, doğrudan bakıldığında göz hasarı meydana getirirler. Bu laserler de intrabeam görünüş ve yayılan yansıma mevcuttur. Bu sınıftaki daha yüksek güce sahip olan laserler, aynı zamanda tehlikeli yayılan yansıma üretirler (30).

Sınıf 4 laserler

Sınıf 4 laserler, güç seviyesi 500 mW'tan büyük devamlı dalgaya sahip ve 0,25 saniyede 10 J/cm^2 den daha çok puls (darbe) üreten laserlerdir. Bu sınıf laserler yakma özellikleri çok yüksek olduğundan göz ve deri için tehlike meydana getirirler. Bu laserler de intrabeam mevcut olup aynı zamanda yayılan yansıma da üretirler (30).

Gömme laserler (Embedded lasers)

Gömme laserler düşük güce sahip laserle çalışan ürünlerde bulunur. Laserli yazıcılar, CD çalıcılar gibi. Bu ve buna benzer cihazlar (Sınıf 3b ve Sınıf 4 laserler) koruyucu ve anahtar korumalı muhafaza içerisinde bulunurlar. Bu sınıf laserler düşük güç gerektiren sistemlerde kullanılırlar. Bu sınıf laseri olan bir sistem (bakım veya ayar vb işler için) açıldığı zaman, laser sistemine ulaşılabilir. Ve üzerinde çalışma yapılabilir. Eğer bu sınıfın yüksek güce sahip olan laserleri ile çalışılacaksa bu sınıftaki laserle çalışma esnasında gerekli olan kaide ve kurallar göz önünde bulundurularak çalışma yapılmalıdır (30).

4.1.3. Laser sistemleri ile ilgili tehlikeler ve emniyet tedbirleri

Huzme (Beam) tehlikeleri

Laser huzmesinin tabii yapısında olan tehlike ve tehlike için tespit edilen eşik değerleri yaralanmalara sebep verebilmektedir. Bunlar birçok parametrelere bağlıdır. Bu parametrelerin içerisinde, ışığın dalga boyu, laser huzmesinin enerjisi, ayrışma ve laser ışığına maruz kalma müddeti sayılabilir. Pulsu (darbeli) laserlerin parametreleri olarak; puls uzunluğu, puls tekrarlama zamanı ve puls zinciri karakteristiğinden bahsedilebilir. Yukarıda ismi geçen standartlarda, laser radyasyonuna müsaade edilen maksimum maruz kalma müddeti (Maximum Permissible Expose “MPE”) belirtilmektedir (30).

Lasere maksimum maruz kalma süresi (MPE) her bir laser tipi için belli bir değerler arasındadır. Bunun mutlak nominal tehlike bölgesi (Nominal Hazard Zone “NHZ”) belirlenir (30).

Nominal tehlike bölgesi, laserin etrafında olan, lasere maruz kalma (MPE) süresinin aşıldığı zaman tehlikenin oluşabileceği bir bölgedir. MPE aşıldığı zaman deri de, retina da, lens de, kornea da ve gözü çevreleyen dokuda hasar meydana gelebilir (30).

500 mW gücünde büyük laserler de, laser huzmesi, yanıcı maddeleri tutuşturabilir ve yanmayı başlatabilir. 400 nm – 1400 nm'nin altında, UV (Ultra Viole) ye yakın ve IR (Enfraruj) ye yakın laser ışığı değerlerinde retina tabakasında, ısı yansımaları, akustik hasar, foto kimyasal hasar meydana gelir. Laser ışığı göze girdiğinde ve retina tabakasına odaklandığında hasar meydana gelir. Gözün normal odaklanması, ışığın akışını yaklaşık 100.000 kat artırır, 1 mW/cm²'lik huzmeyi, göz retinasına 100 W/cm² olarak aktarır. Laser huzmesindeki enerji, dokular tarafından ısı olarak emilir (absorbe edilir). Bu emme hadisesi, hassas dokularda bir ısı yoğunlaşmasına neden olur. Büyük ihtimalle retinanın laser ışığına fazla maruz kalmasında, ısı yansımaları meydana gelir ve buda retina dokularını tahrip eder. Retina tabakası görüntüyü tekrar üretemeyeceği için hasar kalıcı olur ve buda hasarlı bölgede görme kaybına sebep olur (30).

Elektriksel tehlikeler

Laser ile bağlantılı olan tehlikelerden en öldürücü olanlardan biriside, lasere güç sağlayan yüksek voltaja sahip elektrik sistemleridir. Laser sistemlerine bağlı yüksek voltaja sahip elektrik sistemlerinde elektrik ile ilgili genel olarak bilinen emniyet tedbirlerine riayet etmeyen birçok çalışanda ölüm vakaları meydana gelmiştir. Aşağıda belirtilen hususlar, elektrik ile ilgili emniyet tedbirlerinin bir listesidir (30):

- Yüzük, saat ve diğer metalik giysileri elektrikli aletler ile çalışırken takmamak ve giymemek (30),
- Yüksek voltajla çalışılıyorken, zeminin ve diğer etraftaki iletken maddelerin topraklanmış olduğuna dikkat etmek (30),
- Yaş bir zeminde çalışılıyorsa el ve ayaklar ıslak ise kesinlikle elektrik ile çalışan cihaza dokunmamak (30),
- Elektriğe çarpmış kimselere nasıl müdahale edileceğini ve ilk yardım çantası ile ilgili bilgi sahibi olmak (30),

- Elektrik ile çalışan bir cihaz ile ilgili (tamir-bakım) çalışmaya başlamadan önce elektrik kaynağının enerjisini kesmek ve elektrik enerjisini kesmeye yarayan anahtarı kilitlemek; “elektrik ile ilgili çalışma vardır, enerjiyi aktif hale getirmeyin” gibi uyarıcı etiketleri muhakkak takmak (30),
- Elektrik ile çalışan cihazda bulunan bütün kapasitörlerin deşarj edildiğinden (boşaltıldığından) ve topraklandığından emin olmak (30),
- Devamlı yüksek voltajın olduğu veya geçici olarak yüksek voltajın bulunduğu yerlerde çalışırken, şok önleyici koruyucu kullanmak (30).

Kimyasal tehlikeler

Laserli ortamda kullanılan boyaların çoğu zehirli, kanserojen, paslanmaya sebebiyet verebilecek ve yanıcı türde olan boyalardır. Kullanılan bütün kimyasal maddelerin yanında materyal emniyet bilgisi olan notlar (Material Safety Data Sheet) MSDS bulundurulmalıdır. MSDS, zehirlilik ile ilgili, personel koruyucu ekipman ile ilgili ve kimyasal maddelerin depolanması ile ilgili uygun bilgiler vermelidir. Laser tarafından belki çeşitli gazlar yayılabilir veya laserin hedefi tarafından üretilir. Gazı, kabul edilebilir limitlerin altında tutucak, azaltacak seviyede ventilasyonun olması zaruridir (30).

Kriyojenik (soğutucu) sıvılar, belli tipte laserlerin soğutma devrelerinde kullanılır. Bu sıvılar buharlaşan materyaller olduğundan, ortamdaki oksijen oranını değiştirirler. Bu sebepten çalışma ortamında gerektiği kadar hava sirkülasyonunun olması gerekmektedir. Kriyojenik maddeler, soğutma sistemindeki boru, valf ve bağlantı dirseklerinde, buz ve donmadan dolayı tıkanma (birikme) olduğunda patlayıcı hale gelirler. Bu nedenle laser soğutma sistemlerinde özellikle kriyojenik sıvıların dolaşımına uygun buz tutmayan ve donmayan özel boruların ve bağlantıların, valflerin kullanılması gerekir.(30).

Yanal radyasyon

Asıl laser ışınından başka bu ışın ile ilişkili olarak meydana gelen radyasyonlara yanal (collateral) radyasyonlar denmektedir. X ışınları, LTV'ler, plazmalar, radyo frekans yayılması ve iyonize edici radyasyonlar, yanal radyasyona birer örnektir. 15 kV (kilovolt) den daha fazla elektrik enerjisi gerektiren herhangi bir güç kaynağı muhtemelen sağlığa zararlı olabilecek X ışınları üretebilir. X ışınları ile insan dokusunun etkileşime girmesi, lösemi ve diğer kanser türleri gibi ciddi hastalıklara ve daha sonraki nesillerde görülebilecek devamlı genetik etkilere sebep olabilir (30).

UV ve görülebilen radyasyon

UV ve görülebilen radyasyon, laser deşarj tüpleri ve pompa lambaları tarafından üretilebilir. Üretilen radyasyon seviyesi MPE limitini aşabilir ve ilaveten deri ve göz hasarına da sebebiyet verebilir.

Plazma emisyonları (Yayılmaları)

Çok yüksek güçlü laser huzmeleri ile hedef maddeler arasındaki etkileşim, bazı durumlarda plazmalar üretebilir. Bu üretilen plazma, tehlikeli olabilecek UV emisyonlarını içerebilir (30).

Radyo frekansı (RF)

Q anahtarları (switch) ve plazma tüpleri RF ile ikaz edilen (tetiklenen) parçalardır. Kontrol altına alınmamış bileşenler belirli seviyeleri aşan frekans sahaları üretebilir (30).

Yangın tehlikeleri

Sınıf 4 laserler, yangın tehlikesi meydana getirirler. Malzemenin yapısına bağlı olarak, ışın kılıfı, bariyerler, ışın durdurucular ve kablolar eğer birkaç saniyeden daha fazla yüksek ışık akışına maruz kalırsa tutuşabilmektedirler (30).

Patlama tehlikeleri

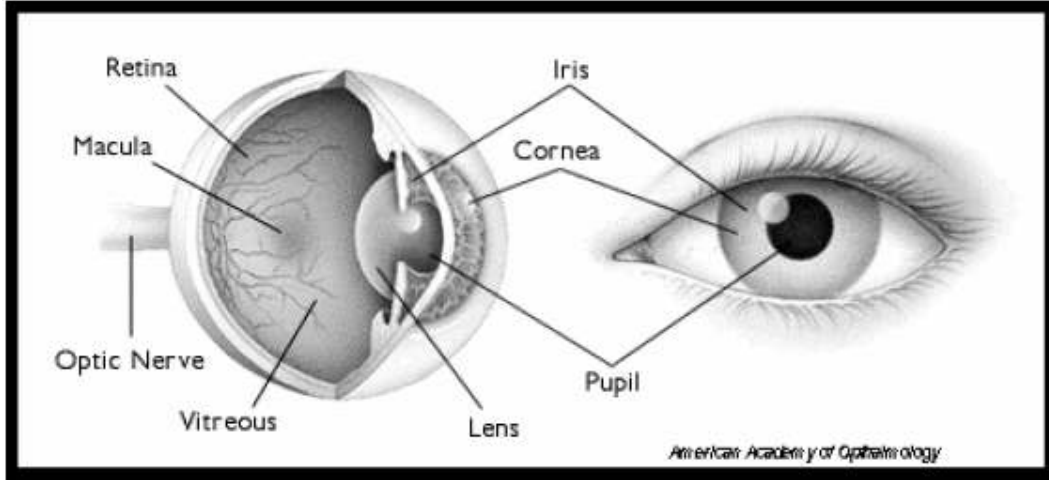
Yüksek basınçlı ark lambaları, filamanlı lambalar, kapasitörler eğer çalışmaları esnasında bozulurlarsa şiddetli bir şekilde patlayabilirler. Bu parçalar, patlamaları anında maksimum üretebilecekleri kuvvetin dahi dağıtamayacağı bir muhafazanın içerisine konulmalıdırlar. Eğer sıcaklık yeterli sürede dağıtılamazsa laser üreticine ve bazı optik bileşenlere de zarar verebilirler. Yüksek yoğunluğa sahip laserlerde veya laser sistemlerinde patlama ve çabuk kırılma özelliğine sahip materyaller kullanıldığında bu ve buna benzer elemanların mekanik muhafaza altında olmalarına dikkat edilmelidir (30).

Laserin ürettiği hava kirletici maddeler (Laser generated airborne contaminants LGAC)

Sınıf 3b ve sınıf 4 laserlerin kullanımı ile ilişkili olarak havayı kirleten maddeler ortaya çıkabilir. LGAC'ler (Laser Generated Airborne Contaminants) laser ışını ile işlenen malzemenin etkileşimi sonucunda ortaya çıkarlar. Bu hava kirletici maddeler; metalik gaz veya buharlar, tozlar, kimyasal buhar ve gazlar, biyolojik kirleticileri içeren aerosol gibi maddeler olabilir. LGAC'ler işlenen malzemede ısınma ile ışık yansımaları oluştuğunda meydana gelirler (30).

10^7 W/cm^2 çalışılan bölgede hava kirletici madde seviyesini çalışanlara zarar verecek seviyenin altında tutmak için yeterli derecede hava devridaimi sağlanmalıdır (30).

4.1.4. İnsan gözünün anatomisi



Şekil 4.1. İnsan gözünün anatomisi (30)

İkincil yansıtıcı yüzey düzgün ve cilalı ise, yansıyan ışınlar çok tehlikeli olmaktadır. Düzgün olmayan, kaba yapılı ikincil yüzeyler daha yayılmış bir şekilde yansıma meydana getirirler ve genellikle böyle olan yüzeylerden yansıyan ışınlar daha az tehlikelidirler. Laserin kaynağından uzakta meydana gelen yayılmış yansımalar, eğer yüksek güce sahip sınıf 4 laser değilse normal şartlarda tehlikeli oluşturmazlar (30).

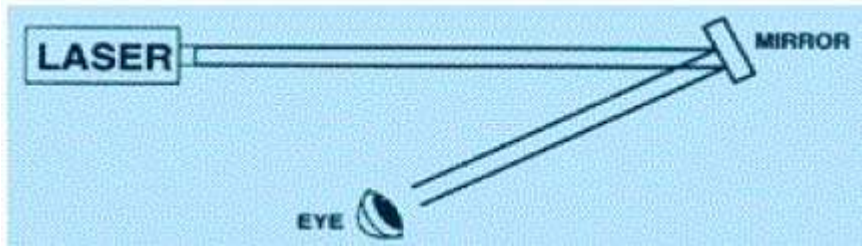
IR laserde daha fazla dikkat gösterilmelidir. Çünkü görülebilir bir spektrumda yayılmış yansıma yapan yüzeyler, farklı olarak IR radyasyonu yansıtabilirler. Ve beklenenden daha fazla lasere maruz kalınma süresinin oluşmasına neden olabilirler (30).

Aşağıdaki şekillerde laser ışığının görülebileceği şekiller gösterilmiştir (30):



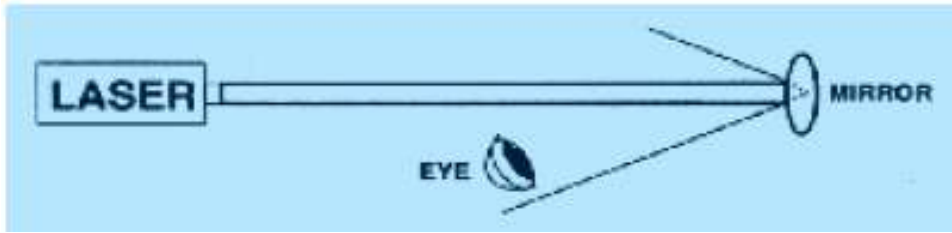
Şekil 4.2. Esas (yansımamış) birincil laser ışınına gözün doğrudan maruz kalması (30)

Gözün laser ışığına doğrudan maruz kalması en tehlike durumudur (30).



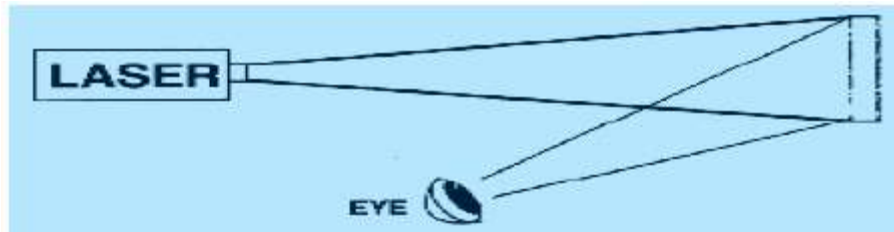
Şekil 4.3. Düzgün bir yüzeyden yansıyan (ikincil) laser ışığına gözün maruz kalması (30)

Düzgün bir yüzeyden dağılmadan yansıyan laser ışınları da tehlikeli oluşturmaktadırlar (30).



Şekil 4.4. Eğimli bir yüzeyden yayılmayan (ikincil) laser ışığına gözün maruz kalması (30)

Eğimli bir yüzeyden dağılmadan yansıyan laser ışınları düz bir yüzeye sahip yansıma kaynağından yansıyan laser ışığına göre daha az tehlikelidir (30).



Şekil 4.5. Yayılmış (genişlemiş) bir laser huzmesinin, yayılmış bir şekilde yansımış şekline gözün maruz kalması (30)

Bu tip yansımalarda eğer laser ışını yüksek güce sahip sınıf 4 tipi laser değilse normalde yayılmış/genişlemiş şekilde yansımış laser ışınları tehlikeli değildir (30).

Derinin zarar görmesi riski, yüksek güce sahip enfraruj laser ile çalışırken veya hayali bir bölgede ultraviyole ışını yayan laser ile çalışıldığında söz konusu olabilir (30).

Enfraruj laserlerin oluşturacağı riskler; ısı yanıkları, deride su kabarcıklarının oluşması ve deride kavrulma oluşmasıdır (30).

Ültraviyole laserlerin riskleri de; deride güneş yanığı gibi yanıkların oluşması, deri kanseri, deride yaşlanma, yıpranma ve derinin ışığa duyarlı hale (photosensitization) gelmesidir (30).

4.1.5. Laser emniyet uygulamaları

Laser ile çalışan yerde emniyet uygulamaları

- Laserle kesim yapan makinenin bulunduğu yere yetkili ve görevli olmayan personelin girişi önlenmelidir. Uygun ikaz işaretleri de görülebilecek yerlere konulmalıdır (30).
- Operatörün gözbebeklerinin küçülmesini sağlamak amacı ile makinenin kullanıldığı yerde aydınlatma mümkün olduğu kadar çok ve parlak olmalıdır (30).
- Laser sistemi göz seviyesinin üstünde veya altında bir yere kurulmalıdır (4,5 feet =137 cm altına veya 6,5 feet = 198 cm üstüne) (30).
- Laser üretim sistemi, insanların laser ışınlarına kazaen dahi olsa maruz kalmayacakları bir yere konulmalıdır (30).

- Gerekli olmayan, laser ışınlarını düzgün olarak yansıtabilecek yüzeyler ortadan kaldırılmalı, gerekli olanlarda yansıtmayı minimuma indirecek maddeler ile kaplanmalıdır (30).
- Hollere ve dışarıya bakan pencereler, gölgelikler veya örtüler kullanmak suretiyle, nominal tehlikeli bölgeyi, odanın içerisinde bırakacak şekilde örtülmelidir (30).
- Laserin kullanıldığı yerlerdeki elektrik tesisatı, elektrik ile ilgili emniyet kurallarına uygun olarak kurulmuş olmalıdır. Çevre emniyet sisteminin bir parçası olmadıkça hiçbir laser sistemi ilgisi olmadan aktif halde bırakılmamalıdır (30).
- Görünmeyen huzmeye sahip laser ile çalışıldığında, çalışanları ikaz etmek için ikaz edici cihazlar kurulmalıdır (30).
- Laser ile çalışılan bölge mümkün olduğu kadar düzenli tutularak kazaen de olsa etrafta tutuşabilecek maddelerin bulunması önlenmelidir (30).
- Laser ile çalışılan yüzeyden, laser ışınının herhangi bir şekilde dışarı çıkarak, yayılması muhakkak önlenmelidir (30).

Laser kullanımının emniyet uygulamaları (Laser use safety practices)

- Her zaman esas laser ışınının içine bakmaktan sakınılmalıdır (30).
- Doğrudan yansıyan laser ışınları retina tabakasında hasara sebep olabilir (30).
- Laser kaynağına bakmaktan sakınılmalıdır (30).
- Laser ışınının beklenen yönünden, bütün personel uzakta tutulmalıdır (30).

- Laseri çalıştırmadan önce, muhtemel zarar görebilme ihtimali olan bütün personeli ve ziyaretçileri uyarılmalı ve gerekli bütün emniyet tedbirlerinin alınmış olduğundan emin olunmalıdır (30).
- İnsan gözünün göremeyeceği frekansa sahip laserle çalışırken daha da dikkatli olunmalıdır (30).
- Çalışma esnasında, çalışma ortamında bulunanlarda, parlak ve yansıtıcı mücevherler veya buna benzer diğer aksesuarlar kişinin/kişilerin üzerinde bulunmamalıdır (30).
- Sınıf 3b ve sınıf 4 laser ile çalışırken göz koruyucu kullanılmalıdır. Emniyet gözlüklerinin takılmadığı zaman koruma sağlanamayacağını unutulmamalıdır. Emniyet gözlüklerindeki lenslerin, lens özelliklerinin dışında kullanıldığında, parçalanıp eriyebilecekleri de dikkate alınmalıdır. Çukur ve çizilmiş lensler koruma sağlamayabilir. Göz koruyucu gözlüklerin kontrolünün sıkça yapılması önerilir. Göz koruyucular, laser tipine göre kullanılır. Ve laserden gözü koruyan herhangi bir gözlük farklı frekanslara ve güce sahip laserlerde koruma işlemi yapmayabilir (31).

4.1.6. Laser kullanım gereklilikleri (Laserin kullanılma şartları)

Genel gereksinimler (Şartlar)

- Sınıf 1 ve sınıf 2 laserler; üreticileri tarafından herhangi bir sınırlama olmadan, arzu edilen gayeler için kullanılabilir. Bu tip laserler ile direkt göz temasından sakınılmalıdır (30).
- Sınıf 3a, sınıf 3b ve sınıf 4 tipi laserler bulundukları sınıfı belirten etiket ile etiketlendirilmeli. Ayrıca bu standartlarda belirtilen ikaz etiketleri de bulundurulmalıdır (30).

- Sınıf 3b ve sınıf 4 laserlerin emniyetli bir şekilde kullanılmasından sorumlu bir denetleyici tayin edilmelidir (30).
- Laser operatörleri, çalışacakları laser tipine göre eğitim almalıdırlar (30).
- Laserler, emniyetli laser uygulamalarına uygun tarzda çalıştırılmalıdırlar (30).
- Sınıf 3b ve sınıf 4 tipi laser, kontrol altına alınmış ve yetkili olmayan personelin girişine izin verilmeyen yerlerde kullanılmalıdır. Kontrol altına alınmış bölgelerde, muhakkak uyarı etiketleri bulunmalıdır (30).
- Sınıf 3b ve sınıf 4 tipi laser operatörleri koruyucu ekipmanlarını giymiş durumda olmalıdırlar (Koruyucu gözlük, elbise vb) (30).

Mühendislik ile ilgili kontroller (Engineering controls)

- Bütün laserler bir koruyucu muhafaza içerisinde olmalıdır (30).
- Bütün sınıf 3b ve sınıf 4 laserler, A.B.D., Avrupa ve TSE'nin de TS 8496 EN 60825-1'de belirttiği laserin mühendislik çalışmaları için zorunlu olarak şart koştuğu, aşağıda şartlara haiz olmalıdır:
 - 1- Koruyucu muhafaza gövdesi açıldığı zaman, laserin yayılmasını önleyen, enerjiyi kesen dahili anahtarlı kilit (interlock) sistemine sahip olmalıdır(30);
 - 2- Muhafaza gövdesinde bulunan gözleme pencereleri, sızan laser ışığını maksimum müsaade edilen maruz kalma süresinin (MPE) altındaki seviyede tutabilecek filtre ve zayıflatıcılar ile teçhiz edilmiş olmalıdır (30);
 - 3- Laser sistemini, bakarak gözlemeyi sağlayan optik cihazlar muhakkak, gerek çalışma anında gerekse bakım anında her durumda MPE sınırlarının altında

tutacak filtre, zayıflatıcı ve interlock (dahili kilitleme anahtarı) ile teçhiz edilmiş olmalıdır (30);

- Sınıf 4 laserler aynı zamanda çıkarılabilir bir ana anahtara sahip olmalı, eğer imalatçı böyle bir sistemi lasere koydu ise bu anahtar çıkarıldığında laser çalıştırılmaz pozisyona gelmelidir (32).
- Laserlerde, kontrol sistemine ulaşmayı sağlayacak bir elektrik sistemi ve cihazları uzaktan kapatacak sistem bulunmalıdır (30).

Laser ışınının üretilmesinin istenmediği zaman, sınıf 4 laserler de entegre edilmiş halde, sürekli şekilde laser ışın çıkışını durdurabilecek durdurma sistemine veya MPE limitlerini geçmeyecek derecede zayıflatma kabiliyetine sahip zayıflatıcılar bulunmalıdır (30).

Laser kontrol bölgeleri

Sınıf 3b kontrollü laser bölgesi

Aşağıdaki tedbirlerin kontrol altına alınmış sınıf 3b laser bölgelerinde mevcut olması gerekmektedir (30):

- Uygun ikaz işaretlerinin konulmuş olması (30),
- Makinenin yetkili ve nitelikli personel tarafından çalıştırılması (30),
- Çalışan personelin, laser ile ilgili emniyet bilgilerine sahip bir yönetici (supervision) tarafından gözetim altında bulunması (30),
- Tehlike meydana getirme potansiyeli olan laser ışınını uygun bir şekilde durduracak bir durdurma sisteminin bulunması (30),

- Mümkün olan yerlerde yalnızca laser huzmesinin yönüne yakın yerlerde dağıtarak yansıma yapabilecek malzeme bulundurulmaması (30),
- Laser retecinden çıkan ışınlar ya da yansıyan ışınlar ya yakın çalışan personel için kontrollü bölgede kullanması için göz koruyucu malzeme bulundurulması (30),
- Laserin tıbbi olarak kullanılmasının dışında, laser huzmesinin oturan ya da ayakta duran insanın göz seviyesinin altında ya da üstünden geçecek şekilde olabilmesi için gerekli emniyetin sağlanması (30),
- Laserin bulunduğu kapalı alanda, kapıların etrafını, pencereleri, laseri gözetleme pencerelerini koruyucu madde ile kaplanmalı ya da aralara girilmesini sınırlayıcı tedbirler alarak, yayılan laser radyasyonunun azaltılarak MPE'nin göz koruması ile ilgili standardının altında olması (30),
- Laser ya da laser sistemi normal kullanımda olmadığı zaman, yetkili olmayan personelin laseri ya da laser sistemini alıştıramayacağı şekilde laseri muhafaza altında ya da çalıştırılmayacak bir düzenek kullanarak muhafaza edilmesi gereklidir (30). (rneğin laser sisteminden bir anahtarı çıkararak çalıştırılmaz hale getirilmesi gibi.)

Sınıf 4 laser ya da laser sistemlerinin bulunduğu kontrollü bölgelerde, sınıf 3b laser ya da laser sistemlerinin kontrollü bölgelerinde alınması gereken ve yukarıda listelenen tedbirlere ilave olarak aşağıdaki tedbirlerinde alınması gereklidir (30).

- Sınıf 4 laserin bulunduğu kontrollü bölgeye giren personel, laser sisteminin çalışır olduğu durumda, muhakkak laser ile ilgili eğitim almış olmalı, uygun koruyucu ekipmana sahip olmalı, kontrol ve emniyet ile ilgili bütün idari ve işlevsel emniyet kurallarına uyulmalıdır (30).

- Sınıf 4 laserin kontrollü bölgesine emniyetli giriş bölgesi öyle bir şekilde düzenlenmiş olmalı ki laser personeli her zaman çabucak girebilmeli ve acil durumlarda da hemen çıkabilmelidir (30).
- Acil durumlar için gayet açık bir şekilde üzerinde Panik Düğmesi (panic button) yazan ve laserden uzakta bir yere de bağlantısı bulunan bir panik düğmesinin veya buna benzer işlevi olan diğer bir cihazın bulunması gerekir. Panik düğmesine basıldığında laser ya tamamen pasif hale gelir veya laserin çıkış gücü azaltılarak MPE standardına uygun seviyeye getirilir (30).
- Laser kontrol sahasına, beklenmeyen bir giriş olduğunda kontrollü bölge girişinde laseri pasif hale getiren veya çıkış gücünü azaltarak MPE'ye uygun seviyeye düşüren bir emniyet sistemi bulundurulabilir (30).

Geçici laser kontrol bölgesi

Laser sisteminde, koruyucu muhafaza açıldığı zaman, panellerin çıkarılması gerektiği zaman, NHZ'ye girilmesi gerekli olduğu zaman, koruyucu dahili kilitleme anahtarı (interlock) kısa devre yapıldığı zaman (örneğin arıza ve bakım esnasında) ve ulaşılabilir laser radyasyon seviyesi uygulanabilir MPE standardı seviyesini aştığı zaman, geçici olarak bir laser kontrol bölgesi kurulmalıdır. Bu geçici bölgenin dışarısına potansiyel tehlikeden insanları haberdar etmek için bilgi etiketi ve uygun ikaz etiketleri (sınıf 3b ve sınıf 4) asılmalıdır (30).

4.1.7. Personeli koruyucu ekipmanlar



Resim 4.1. Koruyucu gözlükler (30)

Mühendislik ve yönetim ile ilgili kontrollere ilaveten sınıf 3b ve sınıf 4 laserler ile çalışırken deri ve göz için koruyucu ekipmanlarda bulundurulması daima gereklidir (32).

Göz koruması

Eğer laser ışınları görünebilir ise ve MPE standardının limitinin aşılması potansiyeli mevcutsa laser kontrol bölgesinde laserin sınıfına uygun göz koruyucu ekipmanların bulundurulması ve gözlere muhakkak takılması gerekmektedir. Göz koruyucu ekipmanlar: koruyucu gözlük, yüz maskesi, yansıtıcı madde kaplı veya özel filtre maddelerine sahip göze takılan reçete ile verilen ekipmanlar olabilir (30).

Hiçbir gözlük tek başına laser radyasyonunun bütün dalga boylarında göze tam koruma sağlayamaz. Bu nedenle göz koruyucu ekipman (30):

- Emniyetli bir şekilde hareket ettirilip (oynatılıp) yeterli görüş alanı sağlamalıdır (30),

- Muhtemelen karşı karşıya kalınabilecek laser radyasyonun maksimum gücüne dayanabilir olmalıdır (30),
- Kullanılan laserin meydana getirdiği radyasyonun özel dalga boylarını emebilir (absorbe) edebilir olmalıdır (30),
- Kullanılabileceği (kullanılmak için dizayn edildiği) dalga boylarının açıkça yazılı olduğu etiketi olmalı, aynı zamanda o dalga boyundaki optik densite (yoğunluk) ve maksimum güç seviyesini de belirtecek etiketi olmalıdır (30),
- Göze takılan koruyucu ekipmanlar belli periyotlarda kontrol edilerek yüzeyinde çizik, çatlak, çukur, vb gibi kullanana zarar verecek durumların mevcut olup olmadığına bakılmalıdır (30),
- Belli dalga boyu yelpazesinde dalga boylarına ayarlanabilen laserler bazı dalga boylarında özel problemler ortaya çıkarırlar. Geniş bant laser gözlüklerinin, gerekli seviyede koruma sağlayabilmeleri için çok büyük bir özen ve dikkat gözetilerek belirli kıstaslara göre seçilmesi gereklidir (30).

Derinin korunması

Laser ışınlarının sebep olduğu deri yaralanmaları temelde iki kategoride olur: *Isı yaralanmaları* (yanıkları), bu tip yaralanmalara yüksek güçlü laser huzmelerine doğrudan maruz kalınması; *foto kimyasal* yaralanma, kronik olarak dağılmış ultraviyole laser radyasyonuna maruz kalınmasıyla oluşur (30).

Isı yaralanmaları, laser ışınlarının kendisi veya dağılmadan yansıyan ışınlarına doğrudan temas edilmesi sonucunda oluşur. Bu çeşit yaralanmalar (acı vermesine rağmen) genellikle ciddi değildir. Ve ışınların doğru olarak ayarlanması ve tehlike ikazlarının doğru yerlere konulması ile kolaylıkla önlenabilir (30).

Foto kimyasal yaralanmalar doğrudan laser ışınlarının ultravioletine uzun süre maruz kalınmasından, dağılmadan yansıyan ışınlarla uzun süre maruz kalınmasından ve fazla dağılmış şekilde olan ışınların yansımalarına maruz kalınmasından kaynaklanabilir (30).

Foto kimyasal etki az veya ciddi bir güneş yanığı gibi olabilir. Uzun süre maruz kalınması halinde deri kanserinin oluşmasına neden olabilir. Uygun olan göz koruyucu ekipmanlar ve koruyucu elbiseler, deriye UV ulaşımını ve gözün lasere maruz kalmasını önlemek için gerekli olabilir (30).

Eldivenler ve dirsek ile bilek arasını örten koruyucu kolluklar, eğer laserin dalga boyu ve yoğunluğu gerektiriyor ise deriyi korumak için giyilebilir. Bu durum (bu koruyucuların giyilmesi) eğer laser ultraviole ile çalışıyor ise çok önemlidir. Pulsu (darbeli) ultraviole laserlerdeki çok büyük gücün tepe noktaları (very large peak powers) özellikle tehlikeli olabilir (30).

Diğer bir koruyucu ekipman olarak, laser ışınının bulunduğu odadan dışarıya çıkmasını önleyen özel olarak tasarlanıp yapılmış pencere perdeleri kullanılabilir. Kullanılacak pencere örtüsü muhakkak kullanılan laser sınıfına uygun olmalıdır. CO₂ gibi bazı laser huzmeleri camın içine nüfuz etmez, bu nedenle de bu tip laserlerin kullanıldığı yerde pencere örtüsüne gerek olmamaktadır (30).

4.1.8. İkaz (Uyarı) etiket ve levhaları

TSE'nin TS 8496 EN 60825-1 belirlemiş olduğu etiketleme kriterleri aşağıdaki gibidir:

Her bir laser mamulü, aşağıdaki maddelerde belirtilen kurallara uygun etiket veya etiketlere sahip olmalıdır. Etiketler amaçlarına uygun olarak, çalışma, bakım veya servis esnasında açıkça görülebilecek, okunaklı ve kalıcı şekilde sabitleştirilmiş olmalıdır. Etiketler, kullanıcının EYS (erişilebilir yayın seviyesi) değeri 1

sınıfını aşan laser radyasyonuna erişmesini gerektirmeden okunabilecek şekilde yerleştirilmelidir (32).

Metin sınırları ve semboller, bu renk kombinasyonunun kullanılması gerekli olmadığı 1 sınıfı hariç, sarı zemin üzerinde siyah renkte olmalıdır (32).

Laser mamulünün büyüklük veya tasarımının, etiketlemeyi uygulanmaz hale getirmesi durumunda, etiket, kullanma kılavuzunda veya ambalaj üzerinde bulunmalıdır (32).

- 1 sınıfı

1 sınıfı laser mamulüne, aşağıda belirtilen kelimeleri bulunduran açıklayıcı bir etiket yapıştırılmalıdır. Bunun yerine, imalatçının isteğine bağlı olarak aynı ifade kullanıcı için verilen bilgilere dâhil edilebilir (33).

1 SINIFI LASER MAMULÜ

Şekil 4.6. 1 Sınıfı laser etiketi

- 2 sınıfı

2 sınıfı laser mamulüne bir uyarı etiketi ve aşağıda belirtilen kelimeleri bulunduran açıklayıcı bir etiket yapıştırılmalıdır (33):

**LASER RADYASYONU
DEMETİN İÇİNE
BAKMAYINIZ
2 SINIFI LASER MAMULÜ**

Şekil 4.7. 2 Sınıfı laser etiketi

- 3a sınıfı

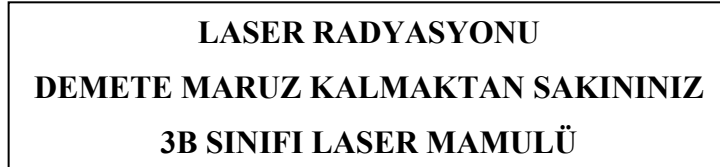
3a sınıfı laser mamulüne bir uyarı etiketi ve aşağıda belirtilen kelimeleri bulunduran açıklayıcı bir etiket yapıştırılmalıdır (33):



Şekil 4.8. 3a Sınıfı laser etiketi

- 3b sınıfı

3b sınıfı laser mamulüne bir uyarı etiketi ve aşağıda belirtilen kelimeleri bulunduran açıklayıcı bir etiket yapıştırılmalıdır (33):



Şekil 4.9. 3b Sınıfı laser etiketi

- 4 sınıfı

4 sınıfı laser mamulüne bir uyarı etiketi ve aşağıda belirtilen kelimeleri bulunduran açıklayıcı bir etiket yapıştırılmalıdır (33):

LASER RADYASYONU
GÖZ VEYA DERİNİN, DOĞRUDAN VEYA SAÇILMIŞ
LASER RADYASYONUNA MARUZ KALMASINDAN SAKININIZ
4 SINIFI LASER MAMULÜ

Şekil 4.10. 4 Sınıfı laser etiketi

Türkiye de kullanılan laser makinelerinin hemen hemen hepsi yurt dışından geldiği için özellikle A.B.D. standardı olan ANSI Z136.1'ye göre etiketleme sisteminin de aşağıda belirtilmesi uygun bulunmuştur.

Aşağıda ikaz levhalarının örnekleri gösterilmektedir:



Şekil 4.11. CAUTION (Dikkat) : Sınıf 2, Sınıf 3a için örnek ikaz levhası (30)



Şekil 4.12. NOTICE (Duyuru) : Geçici laser kontrol bölgesinin dışarısında kullanılan örnek duyuru levhası (30)



Şekil 4.13. DANGER (Tehlike) : Sınıf 3a, 3b ve 4 laserler için ikaz levhası (30)

4.1.9. Laser çalıştırma işlemlerinde standart emniyet tedbirleri

Yüksek güce sahip ve görülmeyen radyasyon yayan laserler için yazılı bir kullanma talimatnamesi bulundurulması gereklidir(30).

Eğer aşağıdaki hususlar mevcut ise sınıf 3b laserler veya laser sistemleri içinde yazılı prosedürlerin bulunması gerekli olur (30):

- Üretilen laser huzmesi, gözle görülmeyen dalga boyuna sahipse (30),
- Eğer laser 15 mW tan daha güçlü devamlı gözle görülebilir dalga üretiyorsa (30).

Sınıf 4 laser ve laser sistemlerinin hepsinde yazılı bir kullanım talimatnamesi bulundurulması gereklidir (30).

Laserlerde kullanılan kullanma talimatnameleri en az aşağıdaki bilgileri içermek zorundadır (30):

- Laser çalıştırma yönergeleri (30),
- Laser bakım-tutum yönergeleri (30),
- Servis yönergeleri (30),
- Ayarlama yönergeleri,

- Her bir yönerge için nominal tehlike bölgesinin tanıtımı (30),
- Uygun olarak, personeli koruyucu diğer ekipmanlar ile göze takılan koruyucu ekipmanların kullanımı ile ilgili bilgiler (30).

4.1.10. Laser emniyet eğitimi

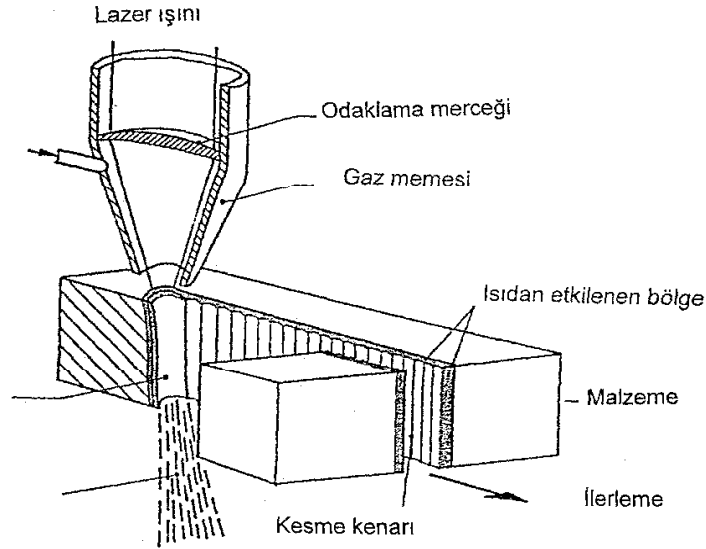
Kullanılacak her laser tipi için laser operatörleri, laserin kullanımı için eğitim almış olmalıdır. Ana denetleyici şahıs, satıcı veya diğer bir uzman kişi bu eğitimi verebilir (30).

Koruyucu muhafazası çıkarıldığı zaman sınıf 3b ve sınıf 4 veya sınıf 1 laser içerisine gömülmüş sınıf 3b ve sınıf 4 laser sistemleri ile çalışmadan önce bir şahıs muhakkak (30):

- 1- Makine alınırken verilmesi gereken laser emniyet el kitabını tekrar gözden geçirip okumalıdır (30).
- 2- Üretici tarafından konulup belirtilen çalıştırma ve emniyet talimat ve kurallarını gözden geçirmelidir (30).
- 3- Personeli koruyucu ekipmanlardan yararlanmalıdır (30).

4.2. Kaplamalı Kakma İşlemine Uygun Laser ve Kaplama Seçim Kriterleri

4.2.1. Laser ışını ile kesmenin prensibi



Şekil 4.14. Laser ışını ile kesmenin prensibi (7)

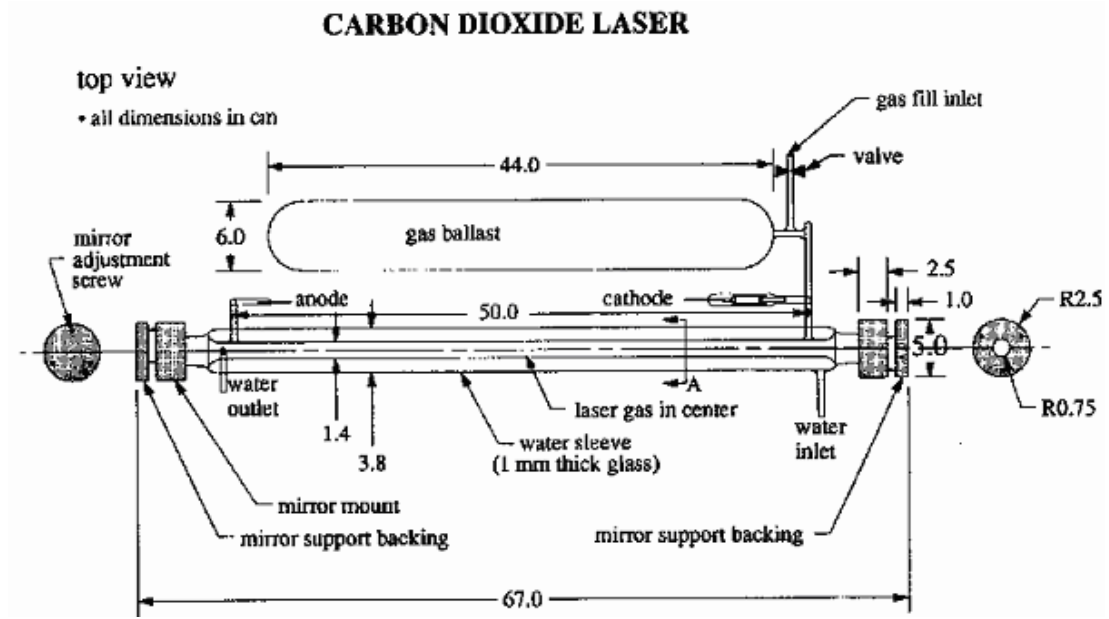
Laser ışını ile kesmenin prensibi; ışının kesilecek malzeme üzerine odaklanarak, yüksek yoğunlukta enerji yardımıyla malzemenin erime veya yanma sıcaklığına kadar ısıtılması ve oluşan atıkların uygun bir gaz veya basınçlı bir hava ile kesme bölgesinden uzaklaştırılmasıdır (34).

Laser ışını ile kesimin tipik özelliği, yüzeye dik olan düşük pürüzlülükte kesme kenarının elde edilmesi ve ısıdan etkilenen bölgenin çok dar olması sayesinde, çok az bir distorsiyon meydana gelmesidir. Bu nedenle, laser kesimi sonrası elde edilen parçalar, ek bir işleme gerek olmadan hemen kullanılabilirler (7).

4.2.2. CO₂ laser ile kesme

Karbondioksit laser tezgâhlarında laser, karbondioksit gazına elektrik akımı verilerek oluşturulur. Laser ışını tezgâhın rezonatör bölümünde cam tüpler içinde mesafe kat eder. Bu tüplerden gaz geçerken iki ucu arasından elektrik akımı verilerek laser

oluşturulur. Laserin bir ışın olması sebebiyle aynalar sayesinde yönleri değiştirilebilmektedir. En son olarak laser ışını kesme kafasına gelmekte burada mercekler vasıtası ile kesme işlemi yapılmaktadır (Şekil 4.15.).



Şekil 4.15. Bir CO₂ laserinin diyagramı (35)



Resim 4.2. Bir CO₂ laserinin yapısı (28)

Endüstriyel laserlerin birçoğunda, laser ışınının oluşabilmesi için özel gazların kullanılması gereklidir. Kullanılan gazlar: CO₂, He, N. Bu gazlar her üretici firmanın belirlediği bir takım standartlarda makineye verilirler ve belirli sürelerde tazelenmeleri gerekmektedir. Gazın kalitesi ve seçimi, laserin güvenilirliğini ve işlemin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Laser gazları genellikle, yüksek saflıkta özel gazlardır. Laser gazları, makineye belli oranlarda karıştırılmış olarak

verilmektedir. Bu ön karıştırma işlem parametreleri (gaz debisi, basınç saflığı vb.), laser makinesi üreticisi tarafından belirlenmektedir.

4.2.3. Ahşap kaplama kesimine uygun laser seçimi

Endüstriyel uygulamalarda çok çeşitli laser cihazları kullanılmaktadır. Yapılacak işe uygun laser cihazının seçiminden önce, cihazın içinde kullanılan laser kaynağının tipinin belirlenmesi gerekmektedir. Laserde kullanılan her maddenin ışık dalga boyu değişiktir ve uygulama yapılan maddeler üzerinde değişik etkiler yaratırlar. Bu bazen etkili bazen de etkiye yapmayarak yansıma şeklinde olur (36).

Klasik üretim metotları ile karşılaştırıldığında teknik ve ekonomik açıdan birçok üstünlükleri olan laserin endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılan iki tipi mevcuttur. Bunlar karbondioksit (CO₂) ve Nd: YAG laserleridir (36).

Kaynak ve kesme işlerini yapan laser cihazları büyük bir çoğunlukla Nd-YAG laser kaynağı olan veya CO₂ laser kaynağı olan tezgâhlardır. CO₂ laser kaynağı olan bir cihazla, Nd-YAG laser kaynağı olan bir cihaz farklıdır ve aynı maddeler üzerine işlemezler. Örnek vermek gerekirse (36);

CO₂ laser, hemen hemen tüm maddelere işler; ahşap, cam, kristal, akrilik, pleksiglass, pvc, polyester, plastik, kâğıt, deri, kumaş, yüksek güçlerde ise siyah sac (çelik), paslanmaz çelik gibi malzemeler (36).

Nd-YAG laser, genellikle her türlü metal, pvc ve deri türevlerine işleyebilir (36).

Yukarıda bahsedilen işe uygun laser kaynağı seçiminin yanında fiyat-performans ve kalite değerleri dikkate alındığı zaman ahşap kaplama kesim işlemlerinde CO₂ laser tezgâhları kullanılmakta olduğunu görmekteyiz. Çizelge 4.1’de CO₂ laser tezgâhlarının bu sektörde tercih edilmesinin teknik olarak mukayesesi görülmektedir:

Çizelge 4.1. Laser türlerinin karşılaştırılması (7)

	CO ₂ Laseri	Nd-YAG Laseri	Excimer Laseri
Dalga boyu	10,6 nm	1,06 nm	0,3 - 0,2 nm
Çalışma şekli CW (sürekli), P (darbeli)	CW/P	P/CW	P
Maksimum güç Pav (kW)	25	2	0,4
Işın kalitesi	Maksimum	Düşük	Düşük
Verimlilik (%)	05.Eki	02.May	01.Şub
Kullanım yerleri	Termik prosesler Makro işleme	Termik prosesler Mikro işleme	Mikro alanda termik olmayan işlerde

Bu temel ayırimdan sonra seçilecek olan cihazda aranması gereken *temel kriterleri* şu şekilde sıralayabiliriz:

- 1) Laser osilatörünün çıkış gücü, işlenecek malzeme kalınlığı için ana kıstas teşkil etmektedir. Bununla birlikte aranması gerekli temel kriterler; “*kesimde kesintisiz sürekli kalite, pürüzsüzlük ve hassasiyettir*”. Bunun için, tercih edilecek laser işleme merkezinin gerçek ve görsel performansı bizzat görülmelidir (37).
- 2) Vibrasyon, laser gibi hassas bir konuda önemli belirleyici bir kriterdir. İç vibrasyonlar ve özellikle dış çevresel vibrasyonlar, toplam bileşke vibrasyonu teşkil etmektedir. İhmal edilebilir görünen bir vibrasyon, laserin yuvarlak açması gerekli bir deliğin oval açılmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca vibrasyon, kesintisiz sürekli kesim kalitesi, pürüzsüzlük ve hassasiyet konularında etkin bir kriterdir (37).
- 3) Toplam kullanılan ekipman sayısı ve toplam maliyetler: Laser işleme makinelerinde, kullanılan ekipman sayısının (odaklayıcı mercekler, doğrultucu ve yönlendirici aynalar, kullanılan laser gazı, tüp sayısı vs.) olabildiğince az tutulması seçim kriterleri arasında dikkate alınmalıdır. Bu konu; ek maliyet, periyodik bakım-değişim, daha çok ayar, ek fonksiyonel bağlantılar, servis maliyeti gibi ciddi düşünülmesi gerekli külfetler getirmektedir (37).

- 4) Seri üretim yapılan ve zamanın çok değerli olduğu sistemlerde; seçilecek olan laser işleme merkezinin, farklı kaplamalar, farklı kaplama kalınlıkları için kafa değişimine, lens değişimine, ek ayarlara ve zaman kayıplarına gerek duyulmadan, kesintisiz ve sürekli gerçekleştirebilme özelliğine sahip olması gereklidir (37).
- 5) Servis ağı, kalitesi ve güvenilirliği tüm kriterlerden ayrı tutulması ve çok ciddi değerlendirilmesi gerekli temel bir prensiptir (37).
- 6) Tüm belirleyici kriterler ile birebir örtüşen, laser işleme merkezinin tamamlayıcısı CAD (Coputer Aided Design – Bilgisayar Destekli Çizim) – CAM (Computer Aided Manufacturing – Bilgisayar Destekli Üretim) çizim ve kod çevirici programlarının mevcut olması dikkat edilmesi gereken önemli konulardan birisidir (37). (CAM, CAD’de yapılmış çizimleri işler ve makine kodlarına dönüştürür (ISO/EIA) (37).)

4.2.4. CO₂ laseri ile ahşap kaplama kesimi

Daha önce bahsedilen bölümlerde anlatıldığı gibi CO₂ laseri kaplama kesimi için gerek teknik özellikleri, gereken fiyat-performans uyumluluğu açısından, gerekse de kolay ve yaygın kullanım özelliklerinden dolayı en uygun laser sistemidir.

Ahşap kaplamada yapılacak işleme göre, genel olarak üç tip laser sistemi bulunmaktadır. Biri kesim amaçlı cihazlar, ikincisi markalama (kazıma) türü cihazlar, üçüncüsü ise her iki işlemi de yapabilen özel (combo) cihazlardır (36).

Kesime yönelik cihazlar genellikle masa tipidirler. Kafa sistemi plotter mantığında malzemenin üzerinde gezer ve gelen laser fotonlarını gezici kafa üzerinde bulunan mercek ile odaklayarak malzeme üzerine gönderir, böylece kesim işlemini gerçekleştirir (36). Piyasada yaygın olan bazı makine çalışma alanı ölçüleri şunlardır (36):

(12 cm x 12 cm), (20 cm x 20 cm), (21 cm x 30 cm), (45 cm x 63 cm), (46 cm x 61 cm), (60 cm x 90 cm), (61 cm x 35 cm), (61 cm x 46 cm), (80 cm x 90 cm), (80 cm x 110 cm), (81 cm x 45 cm), (100 cm x 60 cm), (100 cm x 150 cm), (120 cm x 80 cm), (30 cm x 120 cm), (160 cm x 140 cm), (160 cm x 200 cm)

Piyasada çok sayıda ve çeşitte bulunan bu makineler, tercih edilirken hangi maksatla kullanılacağı ve ileriye dönük olarak da ne maksatlarla kullanılabileceği kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır. Üretici her firma kendi makinelerinin en iyisi olduğunu ileri sürmektedir. Ama kaplama kesimine uygun makine seçiminde mutlaka firmalara örnek uygulamalar yaptırılmalıdır (37).

CO₂ laseri ile çalışan makineler, üzerinde işlem yaptıkları malzeme çeşidine ve özelliğine göre değişik hızlarda çalışmaktadırlar. Bu hız ayarları kullanıcı tarafından yapılmakla birlikte makinenin watt olarak gücüyle de direkt olarak alakalıdır. Kaplama kesim işlemi içinde çok yüksek hızlarda kesim yapabilen makineler tercih edilebilir. Fakat bu makinelerin fiyatları çok yüksek olmaktadır (37). Aşağıdaki tablolarda değişik güçlerde CO₂ laser kaynağı bulunduran makinelerin farklı kalınlıklardaki kaplama kesim hız değerleri belirtilmiştir (38):

Çizelge 4.2. Kesim hızının, kaplama kalınlığı ve laser gücüyle bağlantısı (38)

Ahşap Kaplama Kalınlıkları	Laser Gücü (WATTS)				
	10	20	25	40	50
0,40	1,85 m/dak	3,70 m/dak	4,63 m/dak	7,40 m/dak	9,25 m/dak
0,45	1,61 m/dak	3,21 m/dak	4,02 m/dak	6,42 m/dak	8,03 m/dak
0,50	1,42 m/dak	2,83 m/dak	3,54 m/dak	5,66 m/dak	7,08 m/dak
0,55	1,26 m/dak	2,52 m/dak	3,15 m/dak	5,05 m/dak	6,31 m/dak
0,60	1,14 m/dak	2,27 m/dak	2,84 m/dak	4,55 m/dak	5,69 m/dak
0,65	1,03 m/dak	2,07 m/dak	2,58 m/dak	4,13 m/dak	5,17 m/dak
0,70	0,95 m/dak	1,89 m/dak	2,36 m/dak	3,78 m/dak	4,72 m/dak
0,75	0,87 m/dak	1,74 m/dak	2,18 m/dak	3,48 m/dak	4,35 m/dak
0,80	0,81 m/dak	1,61 m/dak	2,01 m/dak	3,22 m/dak	4,03 m/dak
0,85	0,75 m/dak	1,50 m/dak	1,87 m/dak	2,99 m/dak	3,74 m/dak
0,90	0,70 m/dak	1,40 m/dak	1,75 m/dak	2,80 m/dak	3,50 m/dak
0,95	0,66 m/dak	1,31 m/dak	1,64 m/dak	2,62 m/dak	3,28 m/dak
1,00	0,62 m/dak	1,23 m/dak	1,54 m/dak	2,46 m/dak	3,08 m/dak
1,05	0,58 m/dak	1,16 m/dak	1,45 m/dak	2,32 m/dak	2,91 m/dak
1,10	0,55 m/dak	1,10 m/dak	1,37 m/dak	2,20 m/dak	2,75 m/dak
1,15	0,52 m/dak	1,04 m/dak	1,30 m/dak	2,08 m/dak	2,60 m/dak
1,20	0,50 m/dak	0,99 m/dak	1,24 m/dak	1,98 m/dak	2,47 m/dak

Çizelge 4.3. Kesim hızının, kaplama kalınlığı ve laser gücüyle bağlantısı (38)

Ahşap Kaplama Kalınlıkları	Laser Gücü (WATTS)					
	50	60	100	125	200	240
0,40	9,25 m/dak	11,10 m/dak	18,50 m/dak	23,12 m/dak	37,01 m/dak	44,40 m/dak
0,45	8,03 m/dak	9,64 m/dak	16,06 m/dak	20,08 m/dak	32,13 m/dak	38,53 m/dak
0,50	7,08 m/dak	8,49 m/dak	14,15 m/dak	17,69 m/dak	28,30 m/dak	33,96 m/dak
0,55	6,31 m/dak	7,57 m/dak	12,62 m/dak	15,78 m/dak	25,25 m/dak	30,30 m/dak
0,60	5,69 m/dak	6,82 m/dak	11,37 m/dak	14,21 m/dak	22,74 m/dak	27,28 m/dak
0,65	5,17 m/dak	6,20 m/dak	10,33 m/dak	12,91 m/dak	20,66 m/dak	24,79 m/dak
0,70	4,72 m/dak	5,67 m/dak	9,45 m/dak	11,81 m/dak	18,90 m/dak	22,68 m/dak
0,75	4,35 m/dak	5,22 m/dak	8,70 m/dak	10,88 m/dak	17,40 m/dak	20,88 m/dak
0,80	4,03 m/dak	4,83 m/dak	8,05 m/dak	10,07 m/dak	16,10 m/dak	19,32 m/dak
0,85	3,74 m/dak	4,49 m/dak	7,49 m/dak	9,36 m/dak	14,97 m/dak	17,97 m/dak
0,90	3,50 m/dak	4,19 m/dak	6,99 m/dak	8,74 m/dak	13,98 m/dak	16,78 m/dak
0,95	3,28 m/dak	3,93 m/dak	6,55 m/dak	8,19 m/dak	13,10 m/dak	15,72 m/dak
1,00	3,08 m/dak	3,70 m/dak	6,16 m/dak	7,70 m/dak	12,32 m/dak	14,79 m/dak
1,05	2,91 m/dak	3,48 m/dak	5,81 m/dak	7,26 m/dak	11,62 m/dak	13,94 m/dak
1,10	2,75 m/dak	3,30 m/dak	5,49 m/dak	6,87 m/dak	10,99 m/dak	13,19 m/dak
1,15	2,60 m/dak	3,13 m/dak	5,21 m/dak	6,51 m/dak	10,42 m/dak	12,50 m/dak
1,20	2,47 m/dak	2,97 m/dak	4,95 m/dak	6,19 m/dak	9,90 m/dak	11,88 m/dak

Klasik kaplama kesim yöntemlerinden farklı olarak laserli makineler sayesinde fabrikasyon üretime yönelik işler yapılabilir. İşlenecek olan ahşap kaplamaların seçiminde, makinede işlenmesinde ve kaplamalı kakma yapım işlemleri sırasında şu kriterlere dikkat edilmesi gerekmektedir:

- Laser tezgahının en yüksek verimle çalışabilmesi için kullanılan malzemelerin iyi kalitede olması gerekmektedir. Kusurlu, potlu veya kalitesiz kaplamalar kesme kalitesini düşürmektedir (39).
- Laserle kesilen kaplamaların kesim yarığı genişliği, kaplama kalınlığı ve cinsine bağlı olarak 0,05 mm - 0,2 mm arasında değişir (genelde 0,13 mm) (39). Bu sebeple kesim sonrası oluşan negatif kaplamalarda kendi arasında birleştirilerek kaplamalı kakma çalışması yapılabilir.
- Kesim esnasında “bal peteği” tipi kesim tablası kullanılmalıdır. Dolu yüzeyli bir tabla kullanılırsa kesim sonrası yüzeyden geri yansıyan ışınlar kaplamanın arka tarafında veya cumba kısmında istenmeyen yanıklara sebebiyet verebilir (40).
- İşleme tabi tutulacak kaplamaların nem seviyeleri birbirine eşit olmalıdır (39).
- Çok kuru kaplamalar kullanılmamalıdır (39).
- Düzgün kesim kenarlarının elde edilebilmesi için her seferinde bir tek kaplama işleme tabi tutulmalıdır (39).
- Kaplamaların kesilmesi esnasında kısım kısım kesilmeyen yerler olmaya başlarsa, makinenin yansıtıcıları ve merceği temizlenmelidir (39).
- Kesilen kaplamaların alınlarında oluşan yanıklar yüzeye taşıyorsa makinenin güç ayarları gözden geçirilmeli veya merceğin temizliği kontrol edilmelidir (29). (Bu özellik makinenin kalitesi ve laser tüpünün ömrüyle de alakalıdır.)

- Kaplama üzerinde yapılan kesim işlemi arka yüzeyden çıkmıyorsa yani kesilen parça yerinden ayrılmıyorsa makineye iş emrini veren bilgisayar programının parametreleri kontrol edilmeli ve laser kesici kafasının odaklama sisteminin kontrol edilmesi gerekmektedir (40).
- Makine kaplama kesimini yapmıyorsa yansıtıcılar (aynalar) kontrol (temizlenmeli) edilmelidir. Ayrıca merceğin doğru şekilde takıldığı da kontrol edilmelidir. Laserin üretici tarafından belirtilen çıkış gücü, makinenin teknik servisi çağrılarak, ölçülerek kontrol edilmelidir (40). (Laser tüpünün kullanım saati dolmuş olabilir.)
- Klasik yöntemde olduğu gibi kaplamalar işleme tabi tutulmadan önce kesim sonrası çeşitli dağılmalar olmaması için kesinlikle yüzeylerine bant türü malzemeler yapıştırılmamalıdır (39).
- Hava soğutmalı sistemlerde ortamdaki hava sirkülasyonuna dikkat edilmeli, sirkülasyon kesinlikle durdurulmamalıdır. Ayrıca kesim yerindeki yanmadan dolayı oluşan duman çok süratli bir şekilde işlem bölgesinden tahliye edilmelidir (40).
- Su soğutmalı sistemlerde makinenin her çalıştırılışında su kontrol edilmeli eksilmemesine veya herhangi bir kaçakla makineye zarar vermemesine dikkat edilmelidir (39).
- Laser tezgâhının yerleşim planı ve yüklemenin uygun yapılması çok önemlidir. Makine ilk kurulum esnasında mutlaka teraziye alınarak yerleştirilmeli ayakları yere sabitlenmeli veya kesinlikle yerinden oynamayacak şekilde kilitlenebilmelidir (40).



Resim 4.3. Makine teraziye alınarak yerleştirilmeli (40)



Resim 4.4. Ayaklar yerlerinden oynamamalı (40)

- Uygun laser kesim sisteminin tercihi ve kaliteli malzemenin kullanılmasının yanında kalite/serilik eğrisinin yüksek seviyelerde tutulabilmesi için makine operatörünün konusuyla ilgili uygun eğitimi almış olması gerekmektedir (30).

4.3. CO₂ Laser Kullanan Makine ve Özellikleri, CO₂ Laser Kullanarak Kaplama Kesimi

Piyasada CO₂ Laseri kullanarak kesim yapan birçok makine bulunmaktadır. Makine üreten her firmanın, kendine göre “iyi/kullanışlı” makine anlayışı bulunmaktadır. Bu çalışma sırasında incelenme fırsatı bulunan makineler, distribütör firma yetkililerinden alınan bilgiler ve teknik dokümanlarına ulaşılabilen makineler hakkında aşağıda belirtilen bazı kanılara varılmıştır. Çalışmanın bu kısmına kadar

olan bölümlerde genel olarak işlenen konu, bu bölümde daha lokalize edilerek “kaplama kesimine” uygun makine odaklı işlenmiştir. Bölüm içerisinde ki konular yer yer geneli kapsamakta, yer yer de incelenen makineler arasında geneli ifade etmeye uygun bulunan resim ve çizelgelerle anlatılmıştır.

4.3.1. Verimli çalışma/çalışma ortamı ve güvenlik

Makinenin bulunduğu ortam

CO₂ Laseri kullanarak çalışan makineler genellikle, temiz ve iyi havalandırılan bir odada, oda sıcaklığı 15°C ~ 25°C (41) (10°C ~ 35°C (42)) arasında olan, (25°C veya 35°C şiddetle önerilmekte) ve bağıl nemi 30% ~ 40% (35% ~ 75%) olan ofis tipi bir çalışma ortamında uygun şekilde çalışabilmektedirler. Elbette bu değerler seçilen makineye göre değişebilmektedir.

Ayrıca makinenin çalışacağı ortamda şu özelliklerinde bulunması gerekmektedir:

- Zemin çeşitli titreşimlere karşı izole edilmiş ve sabit olmalıdır (40).
- Elektrik voltajında oluşabilecek değişik gerilim değerlerini regüle eden bir sistem bulunmalıdır (40).
- Makinenin hava boşaltımını sağlıklı yapabilmesi için bulunduğu yer ile havanın tahliye edileceği ortam arasındaki mesafe kısa olmalıdır (42).
- Makinenin etrafında, makineyi kullanan kişinin rahatlıkla ulaşım kullanabileceği, kullanıma hazır, küçük yangın söndürücü bulundurulması gerekmektedir (42).

Makinenin güvenli li sistemi

CO₂ laseri kullanarak çalışan makineler, dünya genelinde olması gereken bir takım güvenlik standartlarının yanında, makine çalışırken kullanıcısını korumak için bir takım ek donanımlarla da donatılmışlardır. Standart makine koruma özelliklerinin haricinde, bazı makinelerde, görünmeyen CO₂ laserine kılavuzluk yapması için bir kırmızı ışık (laser pointer) bulunmaktadır. Bu kırmızı nokta makine kullanıcısının (operatörün), laser ışınının odak noktasını güvenli bir şekilde görmesini sağlar. Bu tip makineler, güçlü bir laser sistemi olmasına rağmen doğru biçimde kullanılırsa çok güvenli bir şekilde çalışılmaktadırlar. Ayrıca makinelerin üst veya  n kapaklarının açılması durumunda otomatik olarak laserin güç kaynağını kapatan bir güvenlik kilit sistemi bulunmaktadır.  n ve üst kapaklara konulan mıknatıslarla sistem kontrolü sağlanmıştır. Bu mıknatıslar kesinlikle yerlerinden  ıkartılmamalı, oynatılmamalı, değiştirilmemelidir. Aksi takdirde güvenlik kilidi devreye girerek makineyi kapatır (40).

Güvenlikle ilgili temel  neriler

- Görünmeyen yoğun laser ışınları fiziki yanık ve kesiklere veya göz hasarlarına sebebiyet verebilir. Bu maksatla makinede herhangi bir çalışma yapmadan önce makine üzerindeki güvenlik etiketlerini ve kullanım kılavuzunu dikkatlice okunmalıdır (30).
- Makineyi bağlanacak olan elektrik tesisatının topraklaması gerektiği gibi mutlaka yapılmalıdır. Makinenin g   gereksinmesiyle şebeke geriliminin birbirine uygun olmasını sağlanmalıdır (40).
- Makine prize takılı iken laser erişim kutusu a ılmamalıdır (30).

- Bazı makinelerde, güvenlik kilidi olarak üst kapakta çiftli mıknatıs vardır. Bu mıknatıslar kapak açıldığı zaman laser ışını üretimi otomatik olarak durdururlar. Bu mıknatısları değiştirmeye teşebbüs edilmemelidir (40).
- Laser üreticini sökmeye veya değiştirmeye teşebbüs edilmemelidir (30).
- Her zaman sertifikalı emniyet gözlüğü kullanılmalıdır. Ayna, parlatılmış pirinç, alüminyum gibi yansıtıcı yüzeye sahip malzemeler görülemeyen laser radyasyonunun bir kısmını yansıtırlar. Uygun emniyet gözlüğü kullanılmazsa bu yansıyan radyasyon göze zarar verebilir. Önerilen koruyucu gözlük, DIR 10600 L4 (veya daha iyi bir gözlük) CE sertifikalı olmalıdır (30).
- Makinenin çalışma alanında işlenen malzemedan çıkan buhar ve dumanın ortamdaki uzaklaştırılması ve güzel bir hava dolaşımı için ortamdaki kapılar açılmalıdır. Uygulama yapılan makinede; hava tahliye sistemi (egzoz sistemi), kesim tablası veya bal peteği desenli tabla kullanılmalıdır (40-41).
- Isıya hassas yüzeylerle çalışılmamalıdır. PVC ve teflon gibi zehirli duman çıkaran malzemelerle de çalışılmamalıdır (40-41).
- Her zaman çalışma alanında kullanıma hazır ufak yangın söndürücü bulundurulmalıdır (31-40-41-42).
- Makinenin bulunduğu mekanda “duman ve ateş ikaz sistemi” kurulmalıdır (31-40-41-42).
- Akrilik, ahşap veya kâğıt malzemeleri üç boyutlu oyma yaparken veya keserken çok kolay bir şekilde yangın çıkabilmektedir. Bu olumsuz durumu engellemek için, çalışma esnasında makine içinde hava dolaşımını sağlayan hava kompresörü çalıştırılmalıdır (40-42).

- Kesim tablası veya bal peteği tablası kullanılırken (delikli tablalar), tablanın altında kesinlikle bir malzeme bırakılmamalıdır. Kesilen malzemeden geçen laser ışını tabla altında bırakılan malzemenin ısınarak kolayca tutuşmasına sebebiyet verebilirler (40-41-42).
- Özellikle makine üzerinde iş varken ve kesim işlemi sırasında makinenin başından ayrınılmamalıdır (30).
- Uzun süre güvenli ve etkili bir şekilde makineyi kullanabilmek için bakım ve temizlik zamanlarını iyi takip edilmesi gerekmektedir (31-40-41-42).

4.3.2. Makinenin temel kısımları ve özellikleri

Bu kısımda anlatılacak olanlar iki farklı marka ve model makinenin (SEI marka Spooky Plus model bir makine ve LaserPro marka Explorer model bir makine) incelenmesiyle hazırlanmıştır. Her marka ve modelin kendine göre özellikleri olmasına rağmen aşağıda da görüleceği gibi mantıksal olarak aynı şeyler farklı şekil ve yöntemlerle yapılmaktadır.

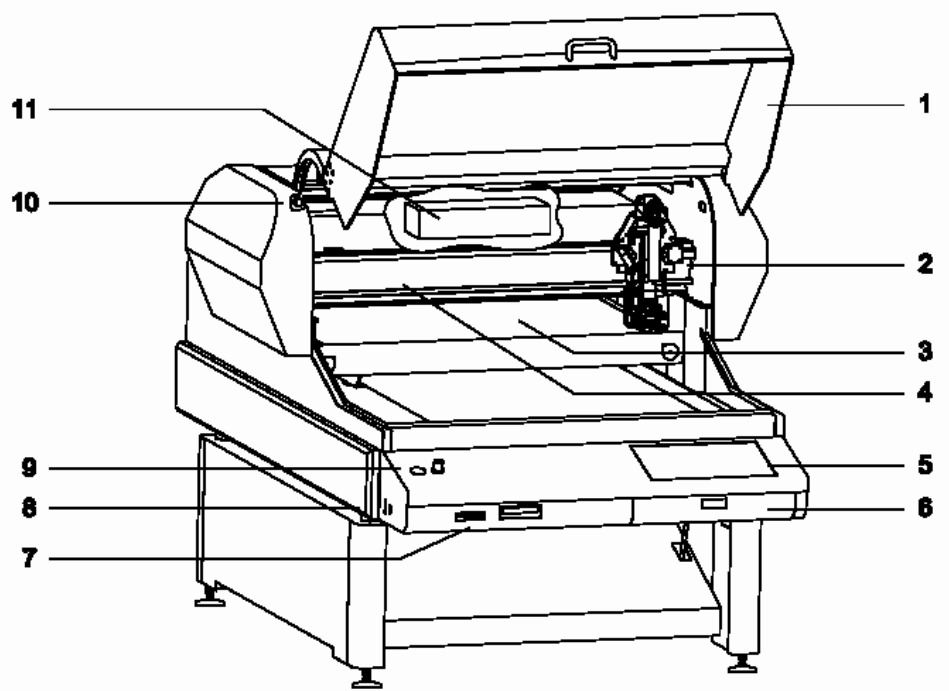
Makinenin görünüşleri

- *Spooky Plus*

a) Genel görünüş



Resim 4.5. Spooky Plus genel görünüşü (42)

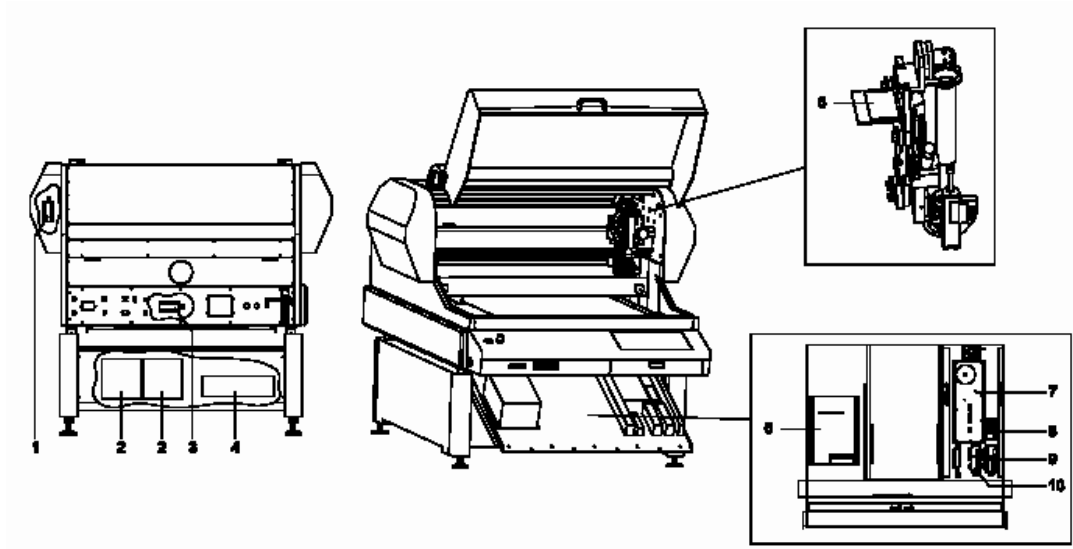


Şekil 4.16. Spooky Plus ön görünüşü (42)

1. Koruyucu kapak 2. Kesici kafa takımı 3. Çalışma alanı (Y eksen)
4. X eksen hareket alanı 5. Kontrol paneli 6. Klavye yeri 7. Disket sürücü ve CD-Rom sürücüsü 8. Seri ve paralel port (COM1 ve LPT1)
9. Hava basınç ayarı 10. Yan koruyucu kapak 11. Laser kaynağı

b) Motorlar ve elektronik bölümler

Aşağıdaki resim de motor ve elektronik bölümlerin yerleri gösterilmiştir:

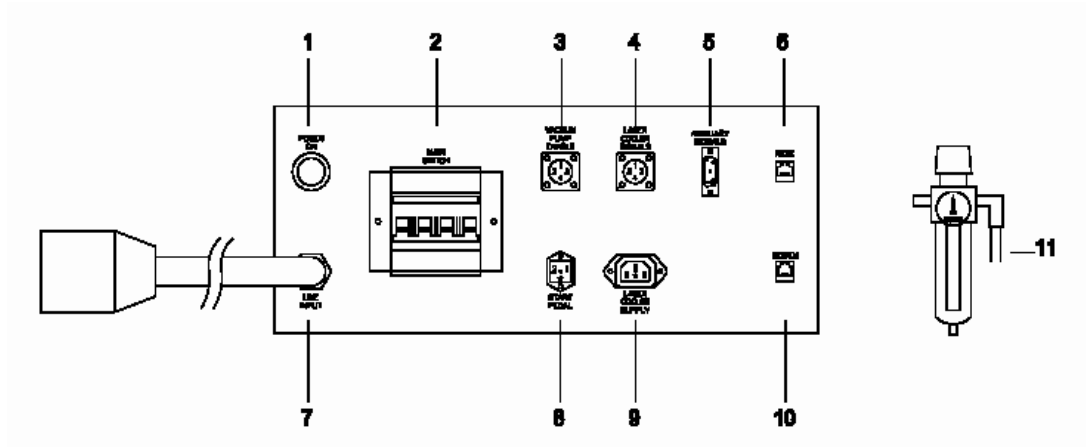


Şekil 4.17. Spooky Plus motor ve elektronik bölümleri (42)

1. X yönünde hareketi sağlayan motor
2. Güç kaynağı yeri
3. Y yönünde hareketi sağlayan motor
4. Laser kaynağı
5. Z yönünde hareketi sağlayan motor bölümü
6. Bilgisayar
7. SEI032 kontrol bölümü
8. M022 çıkış bölümü
9. Y yönünde hareketi sağlayan motorun elektronik devresi (sürücüsü)
10. X yönünde hareketi sağlayan motor elektronik devresi (sürücüsü)

c) Bağlantı panosunun tanımlamaları

Aşağıdaki resimde makinenin arkasında bulunan bağlantı panosu görülmektedir:



Şekil 4.18. Bağlantı panosunun tanımları (42)

- 1 - Power On (Güç Açık) : Makinenin çalışır durumda olduğunu gösteren ışıklı gösterge.
- 2 - Main Switch (Ana Şalter) : Makine bu anahtarla açılıp kapatılır.
- 3 - Vacuum Pump Enable (Option) (Vakum Pompası Kullanımı İçin (Tercihe Bağlı)): Bu bağlantı vacum pompasına çalışma sinyalini verir.
- 4 - Laser Cooler Signals (Option) (Laser Soğutucu Sinyali (Tercihe Bağlı)) : Bu bağlantı soğutma ünitesine çalışma sinyalini verir.
- 5 - Auxiliary Signals (Yardımcı Sinyal) : Bu bağlantı yardımcı sinyallere çalışma işaretini verir.
- 6 – Rete (Ağ Bağlantı Konnektörü) : Bu bağlantı bilgisayar ağı içindir.
- 7 - Line In (Güç Kablosu Girişi) : Makine güç kablosu girişi.
- 8 - Start Pedal (Başlatma Pedalı) : Harici başlatma pedalı için giriş bağlantısı.

9 - Laser Cooler Supply (Option) (Laser Soğutucu Güç Kaynağı İçin Bağlantı (Tercihe Bağlı)) : Laser soğutucu güç kaynağı için bağlantı.

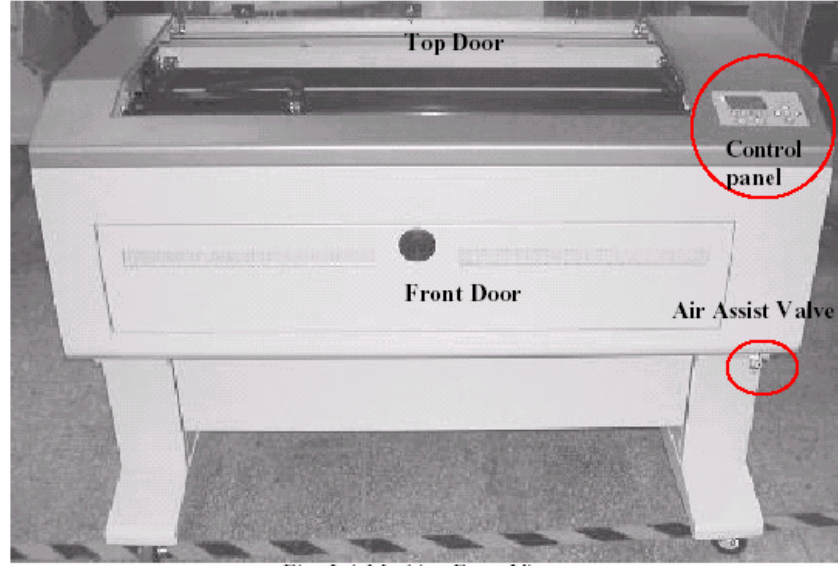
10 - Modem (Opzionale) (Modem (tercihe bağlı)) : Makine modem bağlantısı için konnektör.

11 -Air Pressure (hava basıncı ayar valfi) : Sıkıştırılmış hava bağlantısı. (dış çapı 8 mm)

- *LaserPro Explorer*



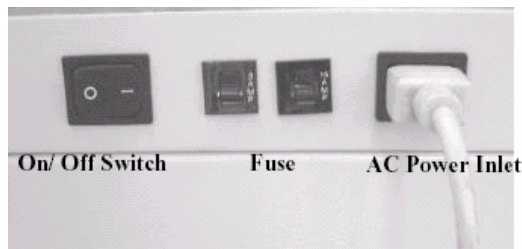
Resim 4.6. LaserPro Explorer genel görüntüsü (40)



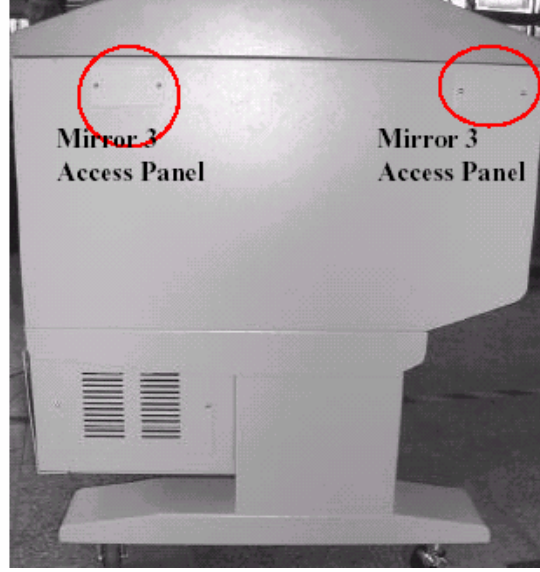
Resim 4.7. LaserPro Explorer ön görüntüsü (40)



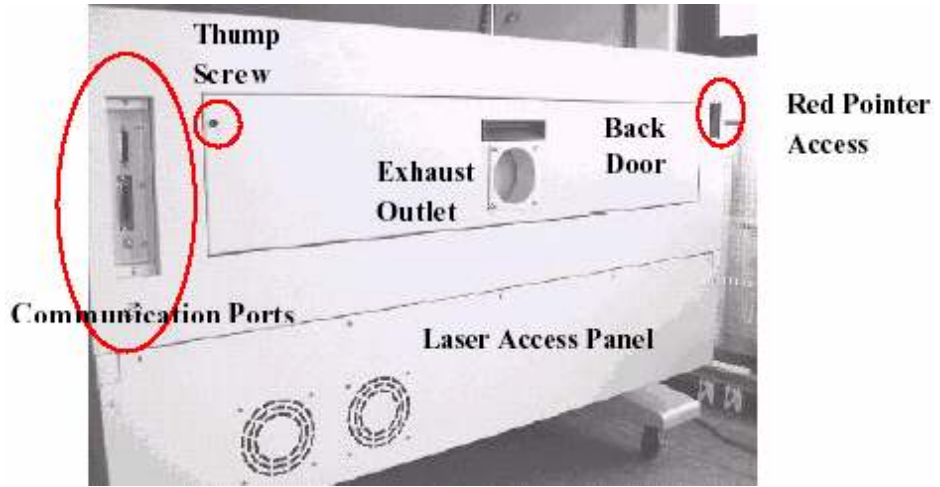
Resim 4.8. LaserPro Explorer sağ yan görüntüsü (40)



Resim 4.9. LaserPro Explorer sağ yan anahtar ve giriş görünüşleri (40)



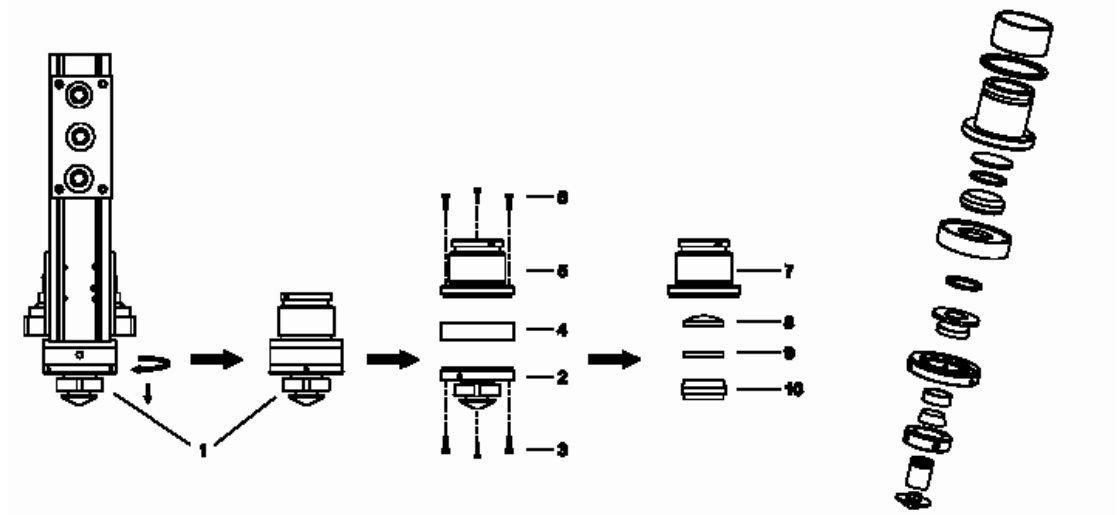
Resim 4.10. LaserPro Explorer sol yan görüntüsü (40)



Resim 4.11. LaserPro Explorer arka görüntüsü (40)

Laser odaklama merceği taşıyıcı arabası

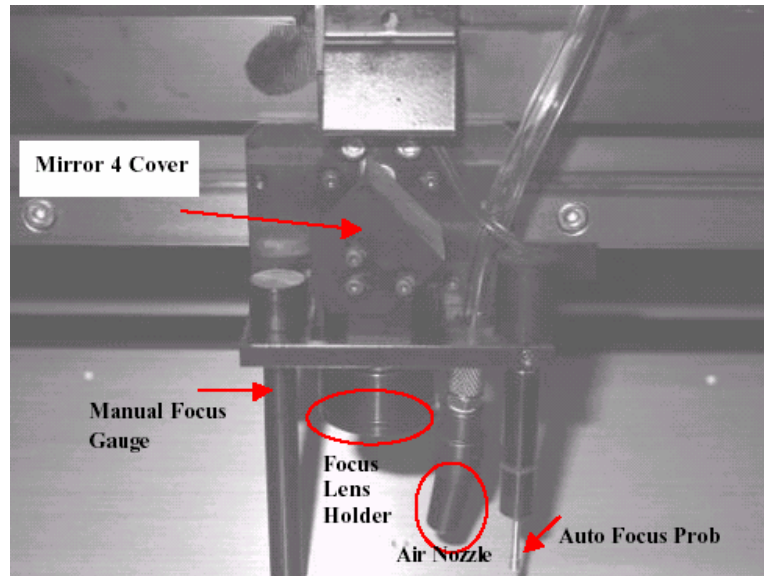
- *Spooky Plus*



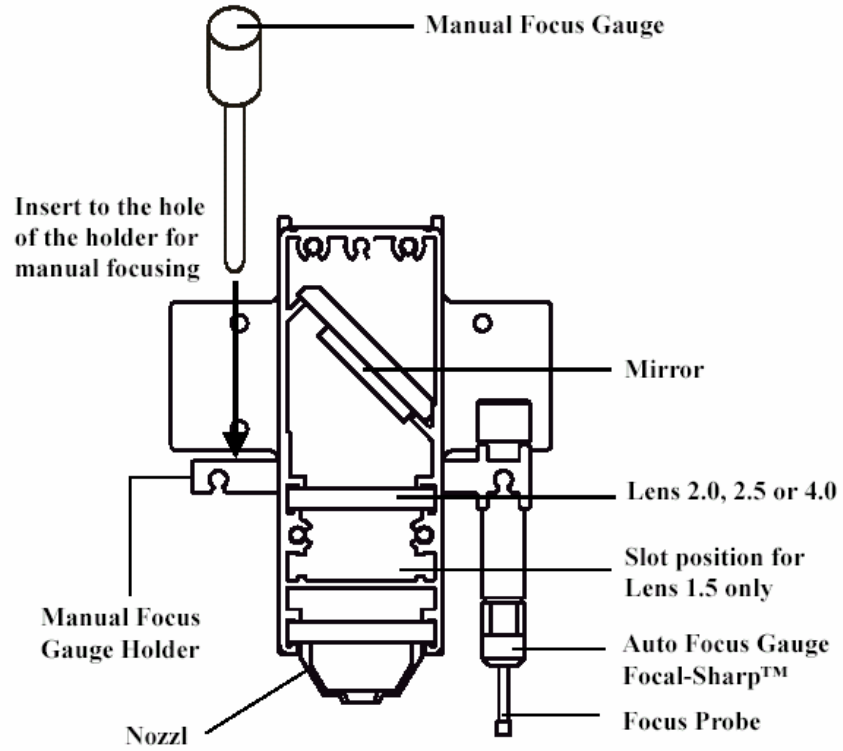
Şekil 4.19. Spooky Plus Odaklama merceği taşıyıcı arabası görüntüsü (42)

1. Kafa 2. Ağız takımı 3. Ağız takımının tespit vidaları 4. Mesafe halkası/çemberi 5. Odaklama mercek takımı 6. Odaklama mercek takımının tespit vidaları 7. Mercek destek/tutucu silindiri 8. Odaklama merceği 9. o-ring (conta) 10. Merkezleme merceğini sabitleme halkası

- *LaserPro Explorer*



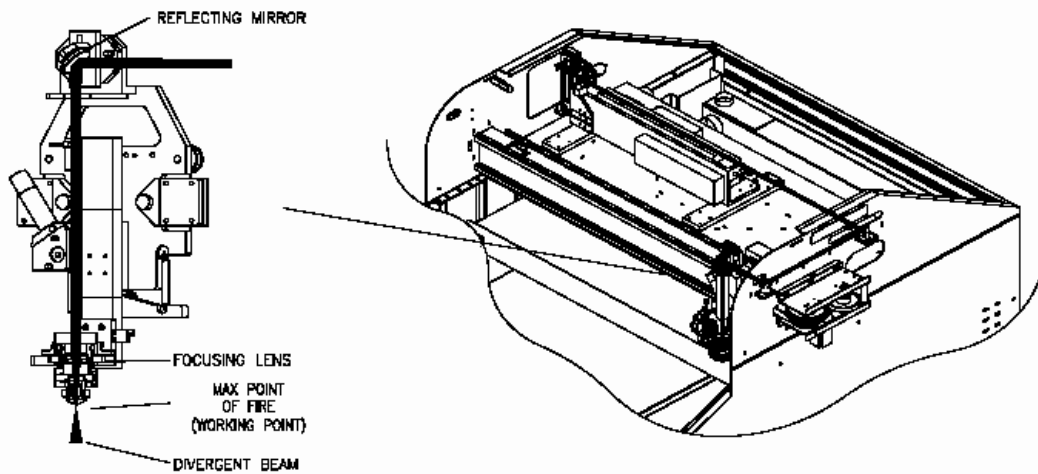
Resim 4.12. LaserPro Explorer odaklama merceği taşıyıcı arabası genel görüntüsü (40)



Şekil 4.20. LaserPro Explorer odaklama merceği taşıyıcı arabası görüntüsü (40),

4.3.3. Laser ışınının makinede izlediği yol

Aşağıdaki şekilde laser ışınının üretildikten sonra makine içinde izlemiş olduğu yol gösterilmektedir:



Şekil 4.21. Laser ışınının izlediği yol (40)

Not: Bu resimde gösterilen laser ışını merkezleme yapılmadan çıkan ışıdır. Laser ışını sadece kesici kafa çıkışında merkezlenir.

4.3.4. Lens ve lens seçimi

Mercek, laser ışını makinede yolunu tamamladıktan sonra laser kaynağı tarafından üretilen ışını işlem yapılacak malzeme üzerinde bir noktaya odaklar. Değişik mercekler kullanarak, odak noktasının uzaklığını ve yapılacak kesimin daha geniş/daha dar olması ayarlanır. Daha uzun odaklama uzunluğu, daha büyük ışık noktası büyüklüğü sağlar. Yüksek çözünürlük merceği oyma işlemleri için, düşük çözünürlük merceği çoğunlukla kesim işlerinde kullanılır. Azaltılmış ışın, kalın parça kesimleri esnasında daha düz/doğru kesim yapar. Bununla birlikte çoğu zaman oyma işlerinde daha yüksek çözünürlükte mercek kullanılır. Geniş ışık noktası, geniş bir yüzeye, sıcaklık olarak düşük çözünürlüklü mercek sayesinde odaklanabilir. Bu da daha düşük bir alanın erimesine/yanmasına sebep olur. Plastik malzemelerin düzgün şekilde oyulması/kesilmesi böylece sağlanır (40).

Odaklama uzunluğu çözünürlüğü kesim kapasiteleri Çizelge 4.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Odaklama uzunluğu çözünürlüğü kesim kapasiteleri (40)

Odak Uzunlukları	Mercek Renkleri	Çözünürlük	Kesim Kapasiteleri
1.5"	Purple (Mor)	Yüksek ↑ Alçak	Zayıf ↓ Yoğun
2.0"	Blue (Mavi)		
2.5"	Gold (Altın Rengi)		
4.0"	Red (Kırmızı)		

4.3.5. Hava tahliye sisteminin ve kompresör sisteminin bağlanması

Hava tahliye sistemi

Laserli makinelerde istenilen ürün çıktısının yanında istenmeyen ürün çıktıları da oluşmaktadır. Bu olumsuz çıktılar hem makine operatörünü olumsuz yönde etkilemektedir (çeşitli zehirlenmeler, dikkat dağınıklıkları, baş ağrısı, vb.). Hem de

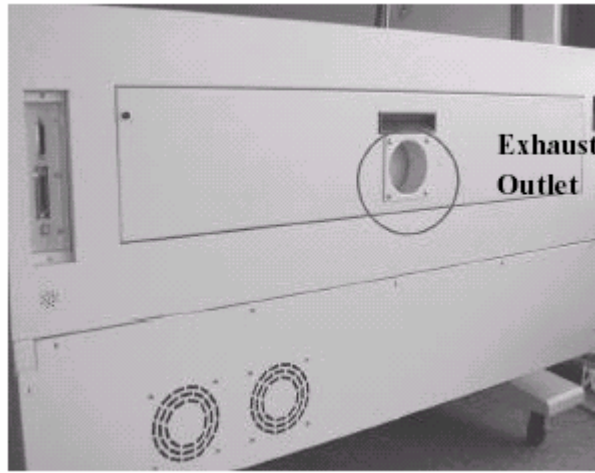
ortamda yangın oluşumuna sebebiyet vermektedirler. Kurulacak olan bir egzoz (hava tahliye) sistemi ile makine içerisinde yapılan işlemler neticesinde oluşan toz, buhar, duman gibi olumsuz ürün çıktıları ortamdaki uzaklaştırılmalıdır. Herhangi bir makine alındığında makine ile birlikte bir egzoz sistemi verilmemektedir. Bunun için makine alındıktan ve çalışma ortamına getirildikten sonra ilk kurulum esnasında ya makine satıcısından tedarik edilen bir sistem ya da piyasadan makineye uygun bir egzoz sistem alınarak uygun yerlere bağlanmalıdır. Bu işlemler sırasında aşağıdakilere dikkat edilmelidir:

- Egzoz sistemi, makinenin çalışma konumuna yakın bir şekilde monte edilmelidir. Dışarıya tahliyeyi sağlayan baca ucu tavandan yukarıya üfleme yapabilir veya yan duvardan tahliyeyi sağlayabilir. Her iki şekilde de önemli olan dışarı atılan havanın içeriye geri dönmesini engellemektir (40).
- Duvar veya çatıya bağlanacak olan egzoz bağlantı kısmında (baca) sert ve bükülmez PVC veya metal kullanılmamalıdır. Bu kısımdaki aparatın (baca) çapı ile makinenin egzoz çıkış kısmının çapı aynı olmalıdır. Baca mümkün olduğu kadar düz olursa emiş gücü o kadar kuvvetli olur (40).
- Bacanın ağzında kolayca açılıp kapanabilen bir kapak olması makine çalışırken dışarıdaki havanın, tozların içeri girmesini engeller. Bu tür bir koruma soğuk/nemli iklime sahip yerlerde çalışacak makineler için de önerilmektedir (40).
- Bacada bulunan üfleyici çıkış çapı, makinedeki egzoz çıkış çapından daha geniş olmalıdır. Arada kullanılan borular aynı çapta olmalıdır (LaserPro Explorer 4” çapında boru kullanmaktadır) (40).

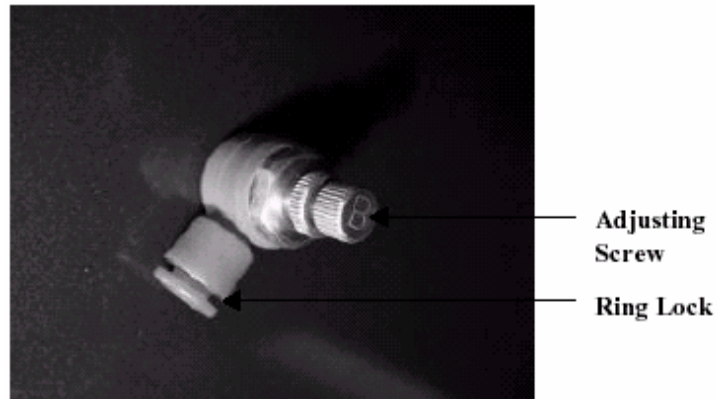
Kompresör sistemi

Özellikle akrilik, ahşap veya kâğıt gibi malzemeler üzerinde işlem yaparken kolayca yangın çıkabilir. Hareketli kafa üzerinde bulunan sıkıştırılmış basınçlı hava çıkış memesinden çıkan tazyikli hava ile alevlenmelerin önüne geçilebilmektedir (40).

- *LaserPro Explorer*



Resim 4.13. LaserPro Explorer egzoz çıkış bölümü (40)

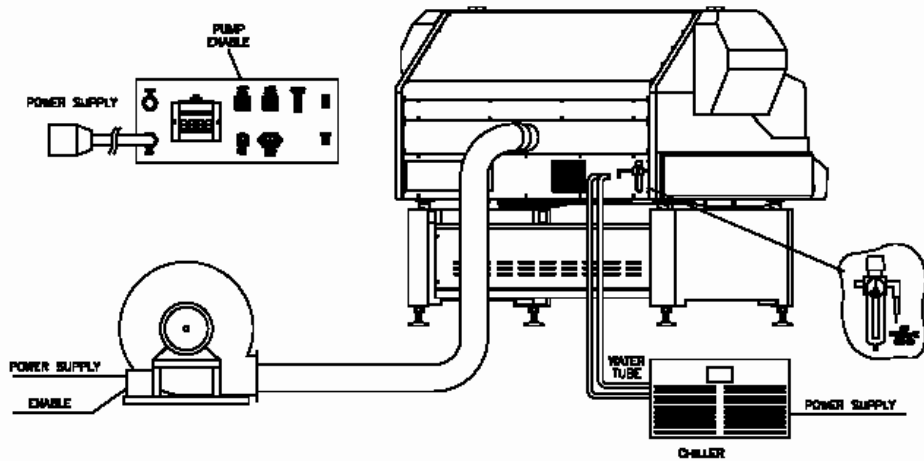


Resim 4.14. LaserPro Explorer hava hortumu bağlantısı (40)



Resim 4.15. LaserPro Explorer hava hortumunun makineye bağlantısı (40)

- *Spooky Plus*



Şekil 4.22. Spooky Plus hava tahliye ve kompresör bağlantıları (42)

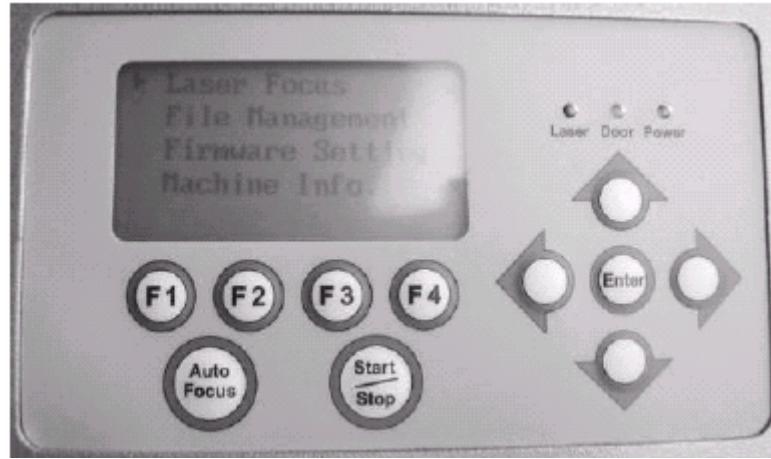
4.3.6. Makinenin temel kullanım bilgileri

Makinenin bağlantıları yapıldıktan ve bilgisayarla bağlantısı sağlandıktan sonra makinede herhangi bir işlem yapılabilmesi için aşağıda bahsedileceklerin bilinmesi gerekmektedir:

Kontrol paneli

Makinede yapılacak işlemlerin ve ayarların büyük bir kısmı bilgisayar ortamında gerçekleştirilmekle birlikte, bir takım ayar ve güvenlik tedbirlerinin kontrolü için her makinede bir kontrol paneli bulunmaktadır. Kontrol panelleri değişik marka ve modeller için farklılık arz etseler de genel olan bazı özellikleri yine iki farklı model makine üzerinde anlatılmaya çalışılacaktır.

- LaserPro Explorer



Resim 4.16. LaserPro Explorer kontrol paneli (40)

Yönetici tuşlar

Kontrol panelinin sağ tarafında 4 adet yönetici ve bir adet “enter” tuşu bulunmaktadır. Bu tuşlar kontrol panelinin üzerinde bulunan ekrandaki seçici imleci hareket ettirmek ve makineye özel bir takım ayarların yapılmasını sağlamaktadır. Bu dört adet tuş, ikili gruplar halinde çalışmaktadır. Yukarı-aşağı, sağa-sola. “Enter” tuşu yapılan seçimi onaylamak maksadıyla kullanılmaktadır (40).

Işıklı göstergeler

Yönetici tuşların üzerinde üç adet ışıklı gösterge bulunmaktadır. Bu tuşlar makineye gelen güç ve güvenlikle alakalıdır. “Laser” yazılı olan ışıklı gösterge, laser ışınının üretildiğini göstermektedir. “Door” yazılı olan ışıklı gösterge, üst kapağın ya da ön kapağın veya her ikisinin de birlikte açık olduğunu göstermektedir. Bu ışıklı gösterge yanarken makinede herhangi bir laser üretimi güvenlik gerekçesiyle oluşmaz. “Power” yazılı olan ışıklı gösterge, güç kaynağından makineye uygun elektrik akımının geldiğini göstermektedir (40).

Fonksiyon tuşları

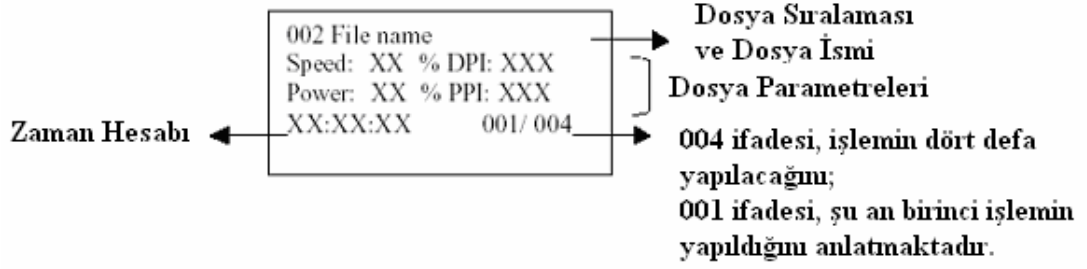
Grafik ekranın alt tarafında F1, F2, F3 ve F4 isimli fonksiyon tuşları bulunmaktadır. Bu tuşlar kontrol panelinden ulaşılan yardım menüsü, yapılan işlemi bekletme, bekletilen işe devam etme gibi fonksiyonlara ulaşılmayı sağlarlar (40).

“Auto Focus” tuşu; otomatik odaklama yapılmasını sağlayan Focal Sharp TM özelliğini aktif hale getirir (40).

“Start/Stop” tuşu, bilgisayarda hazırlanan bir çalışmanın makineye gönderilmesinden sonra işin makine tarafından iş parçası üzerinde işlenmesine başlatılmasını, yapılmakta olan bir işin bekletilmesini sağlar (40).

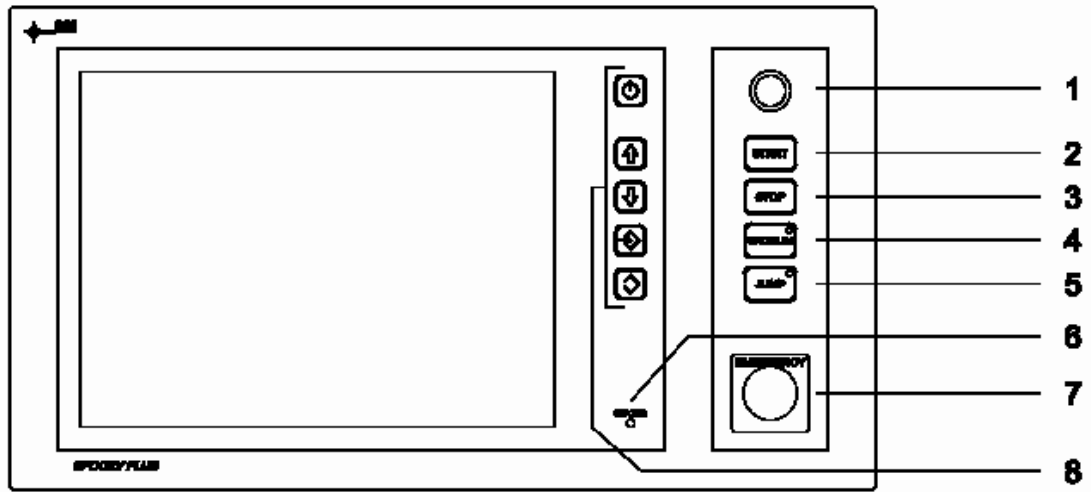
Durum ekranı

Bilgisayardan makineye dosya transferi başladığı zaman kontrol paneli durum ekranında aşağıdaki görüntü çıkar (40):



Şekil 4.23. LaserPro Explorer durum ekranı (40)

- *Spooky Plus*



Şekil 4.24. Spooky Plus kontrol paneli (42)

1. Bu ışık makineye elektrik geldiğini gösterir. Işık yanıp sönüyor ise laser kaynağından ışın çıkmaktadır.

Yanıp sönme hareketi çalıştığı halde “laser ışın çıkışını durdurma” fonksiyonu aktiftir.

2. Başlatma: Yeni bir parça işlenirken veya yarım kalan bir işe devam edilirken bu tuş kullanılmaktadır.

3. Durdurma: İş parçası ile çalışırken makineyi durdurmak için bu tuş kullanılır.

4. Vakum: Bu buton aktifse vakum pompası çalışmaktadır. (isteğe bağlı)
5. Sıçrama-Atlama: Makine çalışırken bu butona basıldığında laser ışığı çıkışı durur.
6. Bu durum göstergesidir.
7. Acil durum: Bu butona basıldığında bütün çalışmalar aniden durur. Ve makineye gelen güç kesilir.
8. Bu anahtarlar gösterge ayarları içindir.

4.3.7. Makinenin işleme hazırlanması ve işe başlama

1. Hava tahliye (egzoz) sistemini bağlanmalıdır (40-42).
2. Bilgisayar ve makine arasındaki bağlantılar gereği gibi bağlanmalıdır (40-42).
3. Bilgisayar sistemini açılır (ON) (40-42).
4. Makinenin bilgisayar tarafından tanınması için gerekli olan dosyaları (sürücüler) bilgisayara yüklenir (40-42). (İlk kullanım için geçerli)
5. Windows tabanlı programlar kullanarak (CorelDRAW, PhotoShop, PhotoPaint, Illustrator, CASmate, Signlab, EasySign, AutoCAD, vb) makine tarafından kesilmesi istenen iş çizilir (40-42).
6. Makine açılır. (ON) Sistem açıldıktan sonra, çalışma tablasını yaklaşık olarak 50 mm aşağıya indirilir. Ve mercek arabası başlangıç noktasına hareket ettirilir (sol üst köşe) (40).

7. Otomatik Odaklama: Makine “stop” konumundayken iş parçası tabla üzerine konulur. Tabla, X yönünde hareket ettirilir, mercek arabasını hareket ettiren ok anahtarlarıyla, mercek arabası kesilecek malzeme üzerinde konumlandırılır. (STOP konumundayken araba elle hareket ettirilerek uygun şekilde konumlandırılır. Fakat bu önerilmez.) AUTO FOCUS tuşuna basılır. Tabla otomatik olarak odaklama pozisyonuna kadar yukarı hareket eder (40).

8. CorelDRAW V.7.0. kullanıcıları aşağıdaki örnek kullanım şeklini uygulayabilirler (40):

Layout → Page Setup → Set from Printer, (seçiniz) Portrait → OK →
 Makine tarafından işlenmesi istenilen uygulamayı hazırlayın/düzenleyin → File
 Print → Properties → Options, (seçiniz) desired Mode (uygun çözünürlüğü,
 güç ve hızı ayarla) speed → OK → Print

Yapılan çalışmanın ismi makinenin LCD ekranında görüldüğü zaman START/STOP butonuna basılır (40-42).

4.3.8. Makinenin temel bakımları

Laserle kesim yapan makinenin uzun süre bozulmadan, ürün çıktı kalitesinin değişmeden çalışabilmesi için bazı bölümlerinin temizlenerek korunması gerekmektedir. Makinenin içinde oluşan duman ve toz her ne kadar mekândan uzaklaştırılsa da zamanla makineye zarar verirler. Bu zararlar özellikle laser sisteminde güç kayıplarına, mekanik parçalarda da düzensiz hareketlere sebep verir. Bu bölümde çalışma tablasının ve hareketli parçaların; mercek ve aynaların nasıl temizleneceği hakkında bilgi verilecektir. Temizlik işlemi düzenli bir şekilde belirli bir çizelge doğrultusunda yapılması halinde hem makinenin ömrü uzayacaktır hem de çalışılan mekanda belli bir düzen ve tertip sağlanmış olacaktır (40-42).

Optik sistemi ve hareketli sistemlerin temizliğini sürekli sağlamak, mükemmel kalitede iş yapmak ve yapılan işin devamlı aynı kalitede olması için temel kaidedir. X eksenli ray sistemini günlük olarak temizlemek makinenin iyi çalışmasını sağlayacaktır (40-42).

Asla laser sistemine her hangi bir sıvı dökülmemeli veya sprey sıkılmamalıdır (40-42).

Temizlikten önce makinenin elektrik bağlantısı kapatılmalı veya elektrik kablosu yerinden çıkarılmalıdır (40-42).

Temel bakım için ihtiyaç duyulan malzemeler (40-42):

- Sabun çözeltisi veya bu amaçla kullanılan malzemeler.
- Kâğıt havlu.
- Pamuklu kumaş.
- İspirto. (Boyalı yüzeylerde plastik bölümlerde, laser sisteminde alkol kullanılmamalıdır.)
- Aseton. (Sadece çalışma tablası temizliğinde.)
- Çalışma tablası ve hareketli parça temizliklerinde esnek ağızlı vakum süpürgesi.
- Pamuklu temizlik bezi.
- Sünger.
- Mercek temizleyici.
- PS2 yağ.
- Merceği elde temizlemek için keten ince bez.
- #2 Phillips tornavida.
- 0.050" allen anahtar.

Yukarıda sayılan malzemeler bazen üretici firma tarafından tedarik edilmekte. Bazen de makine kullanıcıları tarafından tedarik edilmek durumunda kalınmaktadır.

Bu bölümde de konu iki farklı makine üzerinde anlatılacaktır.

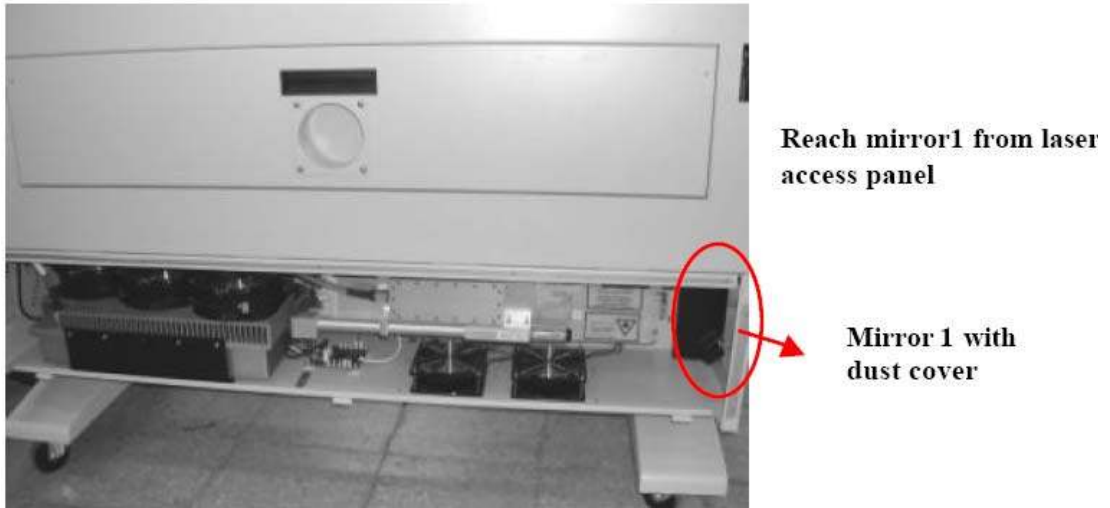
- *LaserPro Explorer*

Optik bileşenlerin temizliği

Haftada bir iki kere aynaların temizliğe ihtiyacı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Aynalarda yapılan iş atıkları veya duman oluşumu varsa aşağıdaki işlemler sırasıyla takip edilerek aynalar yerlerinden çıkarılarak temizlenmeli ve sonra tekrar eski yerlerine takılmalıdırlar. Bu işlemlerden önce mutlaka makine kapatılarak fişi prizden çıkarılmalıdır (40).

Optik bileşenlerin yerleri

1 numaralı ayna



Resim 4.17. 1 numaralı aynanın makinedeki yeri. (40)



Resim 4.18. 1 numaralı aynanın koruyucu kapağının sökülmesi. (40)



Resim 4.19. 1 numaralı aynanın koruyucu kapaksız görüntüsü. (40)

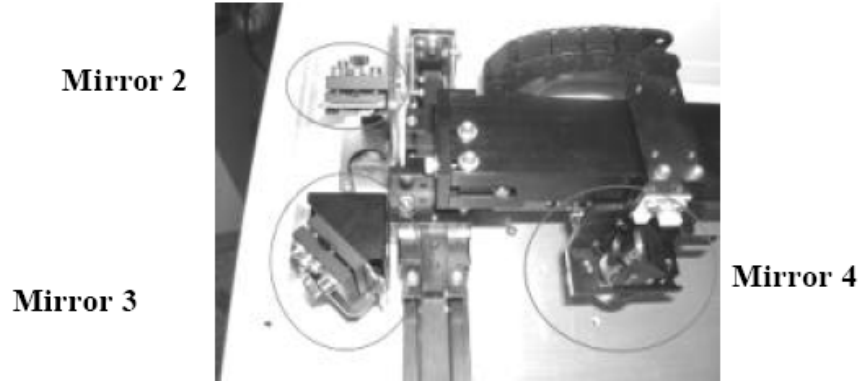


Resim 4.20. 1 numaralı aynanın vidasının sökülerek yerinden çıkarılması (40)

2 ve 3 numaralı aynalar



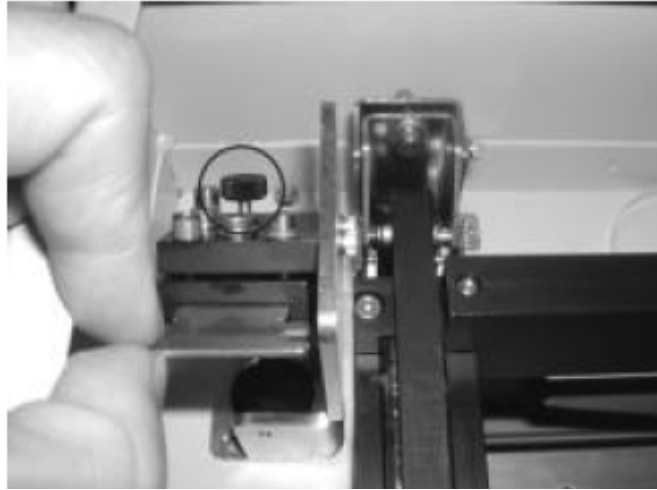
Resim 4.21. 2 ve 3 numaralı aynanın makinenin sol yanındaki yerleri (40)



Resim 4.22. 2, 3 ve 4 numaralı aynalar (40)



Resim 4.23. 2 numaralı aynanın koruyucu kapağı (40)

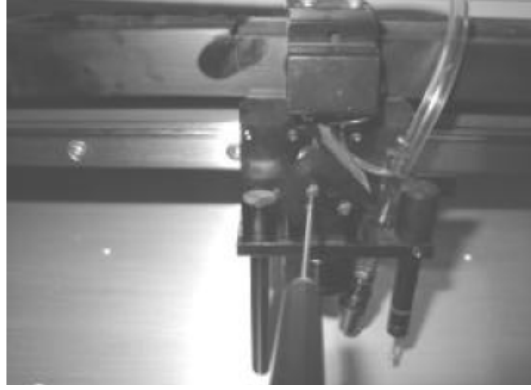


Resim 4.24. 2 numaralı aynanın yerinden çıkarılması (40)

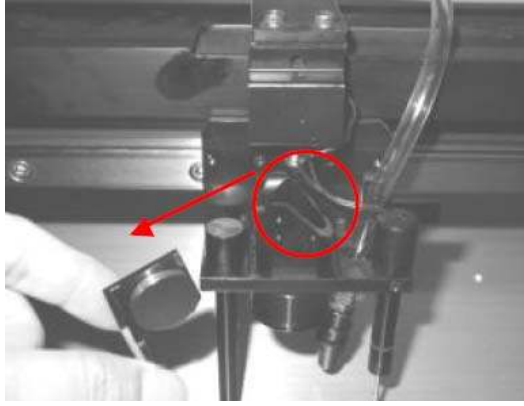
3 Numaralı aynanın çıkarılması da aynen 1 ve 2 numaralı aynada olduğu gibi elle sökülebilen vidanın yerinden çıkarılmasıyla sağlanmaktadır (40).

4 numaralı ayna

4 numaralı ayna makinenin hareketli kesici kafasında bulunmaktadır. Bu aynanın yerinden sökülebilmesi için 3 adet allen başlı vidanın yerinden çıkarılması gerekmektedir (40).



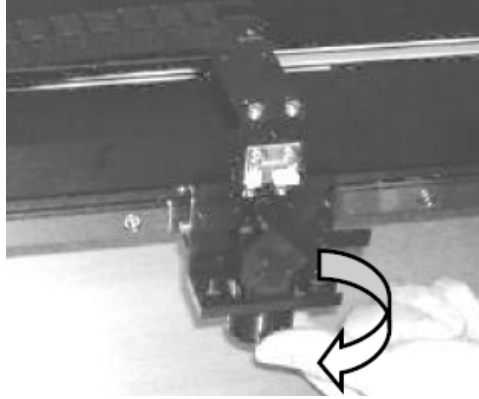
Resim 4.25. 4 numaralı aynanın hareketli kesici kafadaki yeri. (40)



Resim 4.26. 4 numaralı aynanın yerinden çıkarılması. (40)

Odaklama merceği

Yavaş yavaş ve dikkatlice mercek koruyucusunu/kabını, saat akrebinin tersi yönde çevirerek yerinden çıkarılmalıdır. İçinden dikkatlice merceği alınmalıdır (Resim 4.27.) (40).



Resim 4.27. Kesici kafa üzerindeki odaklama merceğinin yerinden çıkarılması (40)

Optik bileşenlerin temizliği

Aynaların temizlenmesi

Her bir aynanın çizik olup olmadığı, duman isisi olup olmadığı, tozlanıp tozlanmadığı kontrol edilmelidir. Eğer aynalarda tozlanma ve toz birikmesi varsa aşağıdaki adımlar takip edilerek temizlik işlemi yapılmalıdır. Laser ışını aynanın orta tarafından yansır. Eğer aynanın orta kısmında bir çizilme varsa aynanın değiştirilmesi gerekmektedir (40).

- Aynanın kenarlarından tutulmalıdır. Asla yansıtıcı yüzey ellenmemelidir (40).
- Aynanın yansıtıcı yüzeyi, yeni bir mercek bezi üzerine konulmalıdır (40).
- Bir miktar mercek temizleyici sıvıdan aynanın altındaki beze yeteri kadar yani tamamen ıslanana kadar dökülmelidir (Resim 4.28.) (40).



Resim 4.28. Temizlik sıvısının damlatılması (40)

- Bir yönde aynanın altındaki bez çekilmelidir (Resim 4.29.).



Resim 4.29. Bezin bir yönde çekilmesi (40)

- Yukarıda belirtilen yöntem ayna temizlenene kadar tekrarlanmalıdır. Ayna yüzeyine kesinlikle parmaklar vasıtasıyla bir basınç uygulanmamalı veya temizlik için başka bir sıvı kullanılmamalıdır (40).
- Ayna tekrar çıkarıldığı yere takılmadan önce tamamen kurulanması gerekmektedir (40).

Odaklama merceğinin temizlenmesi

- Mercek temizleme sıvısı pamuklu bir beze dökülerek odaklama merceği ve kabı/koruyucusu temizlenmelidir (Resim 4.30.) (40).



Resim 4.30. Odaklama merceğinin temizliği (40)

- Bu işlem merceğin her iki tarafına da uygulanmalıdır (40).
- Odaklama merceği ve koruyucusu/kabı yavaş yavaş pamuklu bir bezle kurulanmalıdır (40).
- Bu temizlik işlemlerinde kesinlikle parmaklarla temizlik yapılan yüzeylere basınç uygulanmamalı ve farklı bir temizlik sıvısı kullanılmamalıdır (40).

Çalışma tablası ve hareketli sistem temizliği



Resim 4.31. Bal peteği şeklindeki çalışma tablası (43)

Uzun süreli kullanımlardan sonra hareketli sistemde oluşan duman isleri, toz ve tozların birikmesiyle oluşan birikintiler, ufak iş parçası atıkları kontrol edilmelidir. Temizlik için PS2 yağı emdirilmiş sünger veya bez kullanarak raylar üzerindeki toz birikintileri alınabilir (40).

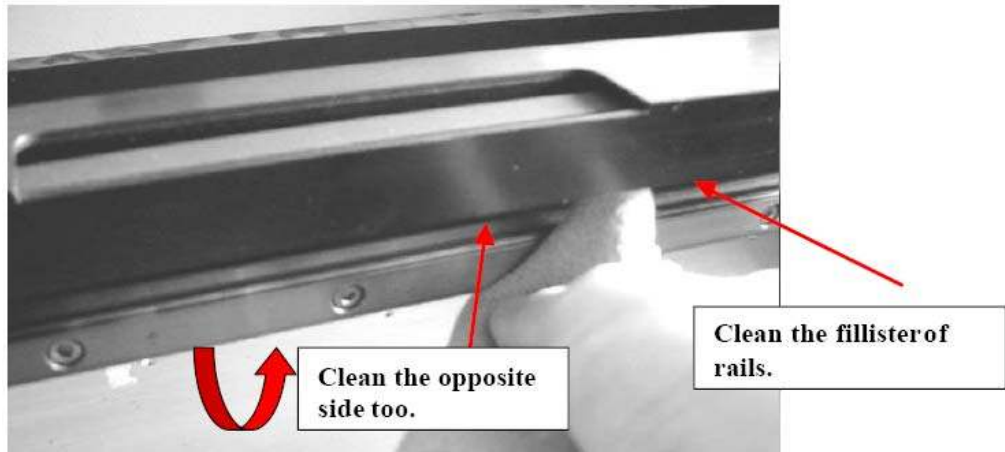
Haftalık makine kontrollerinde rayların kuru olduğuna ve merceği üzerinde bulunduran kesici kafanın düzgün hareket ediyor olduğuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca rayların süngerle yağlanması makinenin haftalık bakımında yapılması gerekenler arasındadır. Yağın düzgünce dağılmasını sağlamak için hareketli kesici kafayı soldan sağa doğru hareket ettirmek yararlı olmaktadır (40).

Çalışma tablasını ve hareketli sistemi temizlerken aşağıdaki adımlara uyulmalıdır:

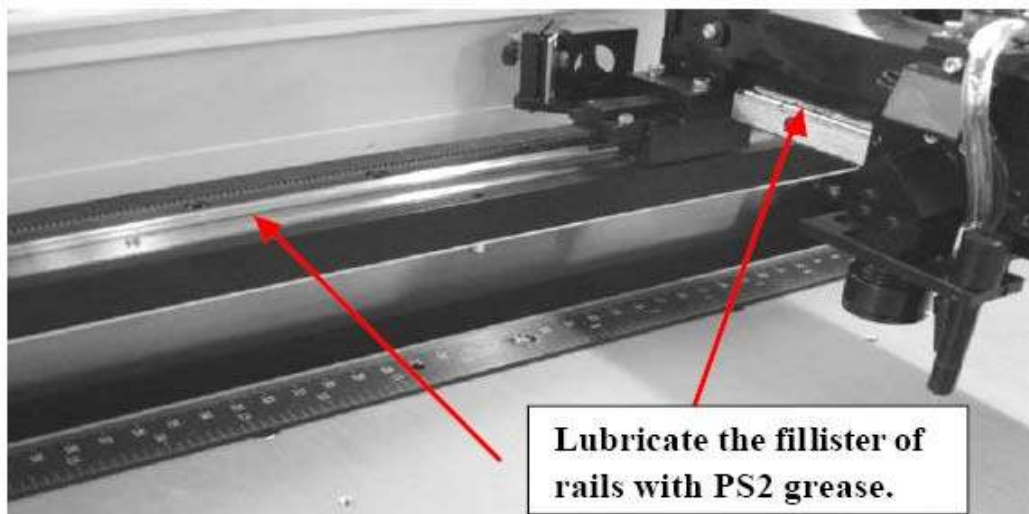
- Temizliğe başlamadan önce makineye gelen elektrik kesilmelidir (40).
- Uygun bir vakum yapan cihazla, çalışma tablası ve hareketli sistem üzerindeki toz ve çalışma sonrası oluşan atık malzemeler çekilmelidir (40).
- Çalışma tablasındaki bütün temizlik işlemlerinde pamuklu havlu veya kâğıt, alkol veya aseton kullanılabilir. Çalışma tablasının üzerine *sprey halinde* alkol veya aseton kesinlikle uygulanmamalıdır. Pamuklu havlu veya kâğıt üzerine damlatılarak uygulanmalıdır (40).
- Hareketli sistemin bütün temizlik işlemlerinde pamuklu havlu veya kâğıt, alkol ile kullanılabilir. Uzun süren her çalışmanın akabinde rayların üstlerinin temizliğinin yapılması gerekmektedir. Hareketli sistemin problemsiz şekilde uzun süreler çalışması için düşük numaralı bir yağ ile bir kâğıt veya pamuklu havlu kullanarak yağlanması gerekmektedir. Gereğinden fazla yağlama yapmak, ortamda oluşan tozların yağlı yüzeyde birikerek, yağlanan bileşenin çalışmasını engellemektedir (40).
- Makineyle çalışmaya başlamadan önce temizlik için kullanılan malzemelerin kurduğuna emin olunmalıdır. Yağ, alkol ve aseton gereği gibi kullanılmamış ve ortamdaki uzaklaştırılmamışsa yangın çıkmasına veya duman oluşmasına sebep verebilirler (40).
- Özellikle ahşap kesimlerinden sonra kolayca oluşan kirlerin ve tozların PS2 yağıyla raylardan temizlenmesi gerekir (40).
- Raylarına elle dokunulmaktan ve sudan korunması gerekmektedir (40).
- PS2 yağı özel bir yağ olup, başka bir yağ kullanılmamalıdır (40).



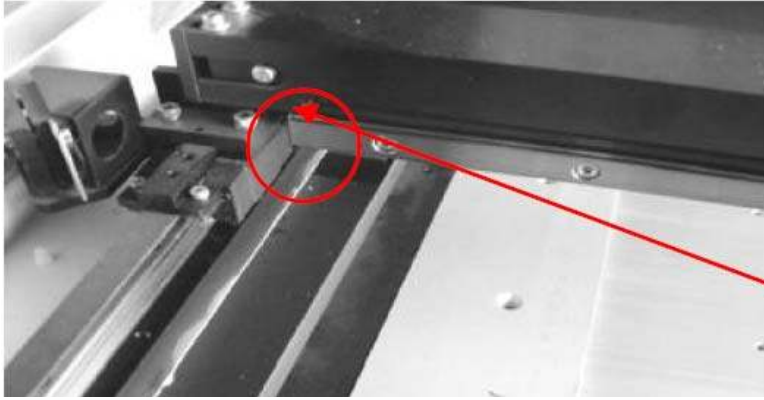
Resim 4.32. PS2 yağı (40)



Resim 4.33. Rayların bakımı (40)



Resim 4.34. Millerin yağlanması (40)

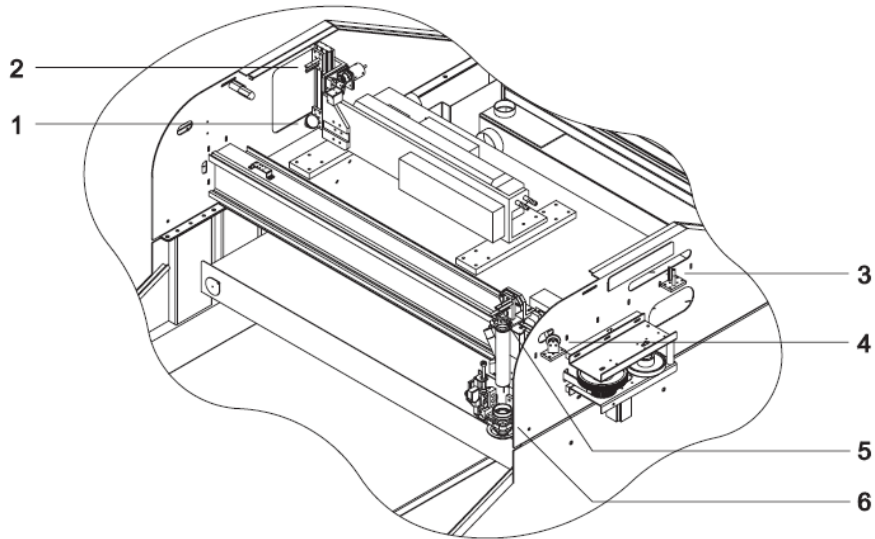


Clean the dust piled up
in the end of fillister on
rails.

Resim 4.35. Rayların özellikle tozunun alınması gereken yerler (40)

- *Spooky Plus*

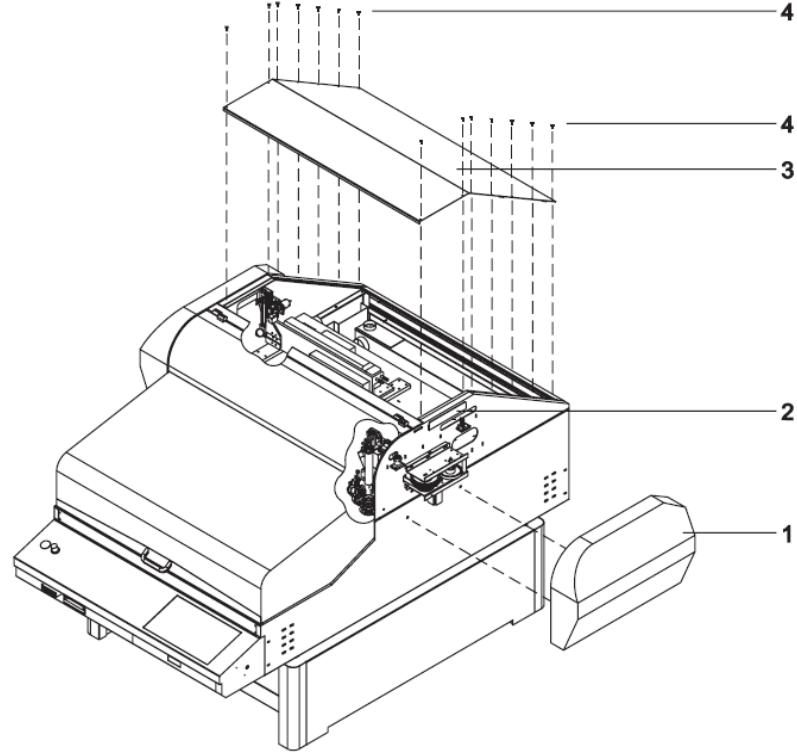
Optik bileşenlerin makinedeki yerleri



Şekil 4.25. Optik bileşenlerin makinedeki yerleri (42)

1. 1 numaralı yansıtıcı ayna 2. 2 numaralı yansıtıcı ayna 3. 3 numaralı yansıtıcı ayna 4. 4 numaralı yansıtıcı ayna 5. 5 numaralı yansıtıcı ayna 6. Odaklama merceği

Makinede yansıtıcı aynalara ulaşma



Şekil 4.26. Makinede yansıtıcı aynalar ulaşma (42)

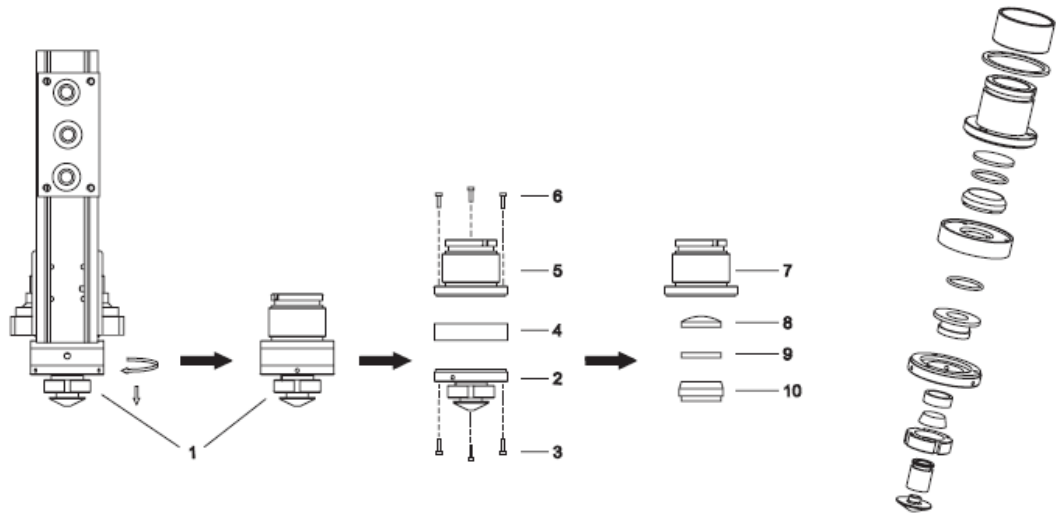
1. Yan koruyucu kapaklar 2. Yan koruyucu merkez 3. Üst koruyucu kapak 4. Vida yerleri

Not: Makinenin önündeki koruyucular açıldığında üst koruyucunun vida yerlerine ulaşılır (42).

Makinede Odaklama Merceğine Ulaşma

(Birbirini takip eden resimlerde merkezdeki merceğe nasıl ulaşıldığı anlatılmıştır (42).)

Şekil 4.27’de kesici kafa parçaları ve merceğin yerinden çıkarılması gösterilmektedir (42):



Şekil 4.27. Odaklama merceğine ulaşma (42)

1. Kafa 2. Ağız takımı 3. Ağız takımının tespit vidaları 4. Mesafe halkası/çemberi 5. Odaklama mercek takımı 6. Odaklama mercek takımının tespit vidaları 7. Mercek destek/tutucu silindiri 8. Odaklama merceği 9. O-ring (conta) 10. Merkezlleme merceğini sabitleme halkası

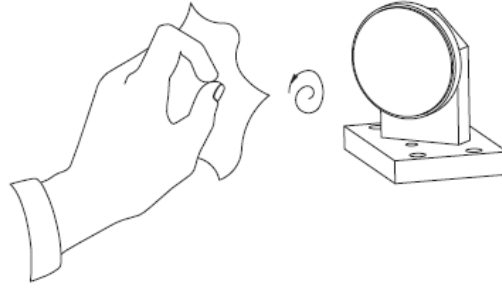
Kesici kafa sağa sola oynatılmadan sabit bir şekilde saat yelkovanının dönüş yönünde çevrilerek çıkartılmalıdır. Üç adet sabitleme vidası söküldükten sonra ağız takımı kafa kısmından çıkarılmalıdır (42).

Mercek tutucu takımı, mesafe halkasından vidaları sökölerek ayrılmalıdır. O-ringi (contayı) çevrilerek açılmalıdır (10 numaralı bölüm) ve numaralandırılmış parçaları şekil 4.22’de görüldüğü gibi ayrılmalıdırlar (42).

Kesici kafa tekrar bir araya getirilirken, sökme işlemlerinin tersi işlemler yapılmalıdır (42).

Yansıtıcı aynaların temizliği

Yansıtıcı aynalar temizleneceği zaman, aynalar bağlı oldukları parçadan ayrılmamalıdır. Kaidesi ile yerinden çıkarılan ayna, temizledikten sonra makinedeki laser yoluna uygun olan yere (çıkardığı yere) dikkatlice yerleştirilmelidir (42). Aynaları nasıl temizleneceği aşağıdaki belirtilmiştir (42):



Şekil 4.28. Yansıtıcı ayna temizliği (42)

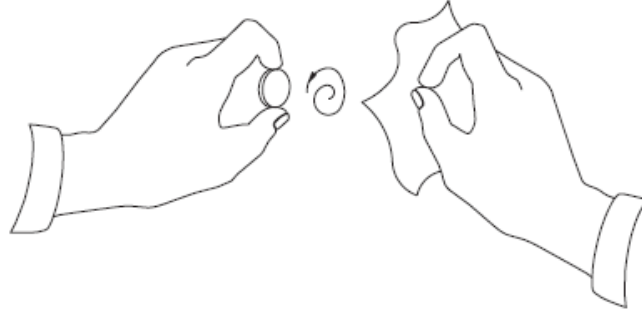
- Bir adet lens temizleme bezi alınır (42).
- Bu bez alkol veya asetonla iyice ıslatılmalıdır (42).
- Ayna nazıkçe, orta noktası merkezlenerek elin dairesel şekilde hareket ettirilmesiyle temizlenmelidir (Şekil 4.28’de görüldüğü gibi) (42).
- Bu işlemi ayna tamamen temizlenene kadar tekrarlanmalıdır (42).

Aynı işlemleri diğer yansıtıcı aynalar için de tekrarlanmalıdır (42).

Not: Optik bileşenleri temizlemek için yukarıda söylenenlerden başka bir kimyasal kullanılmamalıdır, ağızdan çıkan nefesle buharlandırma, tükürme, parmakla silme gibi işlemler yapılmamalıdır (42).

Odaklama merceği temizliği

Bir önceki bölümde odaklama merceğinin yerinden çıkarılması anlatılmıştı. Odaklama merceğinin temizlenmesi işlemi aşağıdaki gibi yapılmalıdır:



Şekil 4.29. Odaklama merceğini temizleme (42)

- Mercek temizlik bezinden bir tane alınmalıdır (42).
- Temizlik setinde bulunan saf alkolle veya asetonla bu bez iyice ıslatılmalıdır (42).
- Mercek şekil 4.29’da gösterildiği gibi iki parmak arasında tutulmalıdır (42).
- Şekil 4.29’da gösterildiği gibi mercek nazıkçe merkezden başlayan dairesel hareketlerle kenarına kadar temizlenmelidir (42).
- Bu işlem mercek tamamen temizlenene kadar devam ettirilmelidir (42).

Bu işlem, merceklerin her iki tarafına da uygulanmalıdır (42).

Eğer mercek gözle görülebilecek kadar kirli ise, yukarıdaki anlatılan işlemler yapılmadan önce mercek üzerine biraz aseton damlatılmalı ve birkaç saniye beklenmelidir (42).

Hareketli sistem ve çalışma tablası temizliği

Makine içinde bulunan çalışma tablasının (bal peteği şeklindeki tabla) altında kalan çok miktarlardaki ufak parçalardan oluşan tortu ve pislikler makine içinde bulunan hareketli parçaların hareketini engeller. Tabla altında kalan ufak parçalardan oluşan tortu ve pislikler yangın için uygun ortam sağlarlar veya çalışılma alanına ciddi olarak zarar verirler. Makinede yapılan çalışmadan sonra çalışma yapılan mekân temizlenmeli ve bu tortu ve pislikler makineden dikkatlice uzaklaştırılmalıdır (42).

Makine operatörünün bu temizlik işlemini titiz bir şekilde yapması önerilmektedir (42).

Makinenin temiz olması/durması için her çalışmadan sonra yapılması gerekenler aşağıda belirtilmiştir:

- Makineye enerji veren anahtar kapatılmalıdır (42).
- Bal peteği şeklindeki makine çalışma tablası yerinden çıkarılmalıdır (42).
- Makine tablasının X ve Y ekseninde bulunan ufak parçalar alınmalıdır (42).
- Bal peteği şeklindeki tabla yerine konmalıdır (42).

4.3.9. Makineyle ilgili bazı sorunlar ve çözüm yolları

Düzenli bakım ve dikkatli çalışma sayesinde birçok problem daha çıkmadan engellenebilir. Buna rağmen kullanılan makine, istenilen kalitede işlem yapmıyorsa genel bir takım hata çözümlerinin bilinmesi, makine kullanıcısına yardımcı olacaktır.

Eğer makinedeki problem kolayca bulunamıyorsa (problem basit değilse) veya basit şekilde tamir edilemiyorsa makinenin satıcısı, servisi veya firma temsilcisi ile görüşülmesi gerekmektedir.

Not: Önce aynalar, mercekler, hareketli sistem ve laser sisteminin diğer parçaları sayılan sıra ile test/kontrol edilmelidir.

Genel/sıradan hatalar

Aşağıda, her makinede sıklıkla karşılaşılabilen üç genel kalite problem başlığı belirtilmiştir. Bunlar, temizlik ihtiyacından ve/veya temizlikten sonra yerine takılan parçalardan kaynaklanan laser ve hareketli sistem problemleridir (40-42):

1. Odaklama merceği yerine uygun şekilde yerleştirilmediyse veya gevşek takıldıysa (40-42),
2. X yönünde hareketi sağlayan ray üzerinde atık veya toz kalmışsa (40-42),
3. Odaklama merceği ve aynalar zarar görmüş veya temizlenmesi gerekiyorsa, bir takım sorunlar yaşanıyor olabilir (40-42).

Diğer problemler

Makine işlem yaparken laser ışını ile ilgili otomatik odaklama pimiyle alakalı veya bilgisayar ekranında “graphic was clipped ...” iletisi görüldüğü zaman, aşağıda bahsedilen uygulamalar yapılmalıdır (40):

Laser ışını üretilmiyorsa

- Eğer kırmızı ışık görünmüyorsa, laser ışını yanlış ayarlanmıştır. Yansıtıcı aynaların odaklamaları doğru şekilde ayarlanmalıdır (40).
- Eğer kırmızı ışık görünüyorsa ve üretilen laser ışını işlem yapmaya yeterli gelmiyorsa; makinenin, bilgisayara yüklenmiş olan kendi programı/sürücüsü üzerinden laser yüzdelik gücü artırılmalıdır (40-42).
- Laser üretetine giren elektrik bağlantısının gevşek olup olmadığı kontrol edilmelidir (40-42).
- Güvenlik maksadıyla kapakların açılması durumunda kısa devre olarak makinenin laser üretimini durduran anahtarlardan dolayı oluşmuş bir sorun olabilir. Kapakların tam olarak kapandığı kontrol edilmelidir (40).
- Laser üreteç bloğunda bulunan tüm fanların normal olarak çalıştığı kontrol edilmelidir. Eğer laser tüpünde aşırı bir ısı artışı olursa otomatik olarak laser ışınının üretimi durdurulur (40).

- Su soğutmalı sistemlerde: su seviyesini ve suyun sıcaklığı kontrol edilmelidir. Eğer sıcaklık veya seviye belli değerler arasında değilse (düşük/yüksek) laser ışın üretimi makine güvenlik sistemi tarafından otomatik olarak durdurulur (31).

“Graphic Was Clipped... ” mesajı çıkıyorsa

- Bilgisayarda hazırlanan işin en dış ölçüleri, makinenin çalışma alanından daha büyükse bu hata mesajı ekranda çıkabilir (40).
- Kullanılan grafik programında, yapılması istenen inceltilmiş çizgi hatlarına sahip objeyi veya kesilmesi istenen çizgiyi, özellikle X-Y eksenindeki rayların çalışma alanı olan (3,0) veya (0,0) noktasına yerleştirilmemesi gerekmektedir.(Mesela Corel Draw programında) Çünkü kenar çizgisinin ilerisine giden inceltilmiş çizgi genişliği hataya sebep olur (40).
- Eğer hata mesajı sık sık rasgele çıkıyorsa makinenin veya bilgisayarın hafıza bölümü kontrol edilmeli veya değiştirilmelidir (40).

Otomatik odaklama pimi çalışmıyorsa

- Odaklama pimi yağlı artıkları etrafında toplamış olabilir. Alkol veya asetonla bu artıklar temizlenmelidir (40).
- Odaklama pimini kontrol ederek kablosunda bir kopukluk veya kırılmanın olup olmadığına bakılmalıdır (40).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Laserle kaplama kesimi ve ağaç kakmacılığı üzerine yapılan bu araştırma sonucunda; klasik yöntemlerle yapılan kaplamalı kakma işlemi ile laserle yapılan kaplamalı kakma işleri hakkında bilgi verilerek CO₂ laserli kaplama kesim makineleriyle, seri, hatasız, kaliteli ve sağlıklı bir şekilde çalışılması için gerekli bilgiler verilmiştir.

Araştırmada, geleneksel uygulama şekilleri ve kullanılan araç-gereçler; laserli kesim yapan makine seçimi, makinenin kullanılacağı ortam, makine operatörlerinde bulunması gereken özellikler, malzeme seçimi, makine kullanımı, emniyetli kullanım tedbirleri ve temel bakım kuralları hakkında bazı sonuçlara varılmıştır.

Fabrikasyon üretim yapan sektör kuruluşları, kaplamalı kakma (marketri) üretiminden kaçınmaktadırlar. Kaçınma sebepleri arasında, el işçiliğinin çok fazla olmasından kaynaklanan üretim sürecinin uzunluğu, kalifiye elemana ihtiyaç duyulması, elemana göre farklı sonuçların elde edilmesi, Ar-Ge çalışmalarının çok uzun sürmesi, kaplamalı kakmada negatif kaplamaların kullanılamaması nedeni ile firenin çok olması gibi etkenler bulunmaktadır.

Geleneksel uygulama yöntemlerinde yaşanan olumsuzluklar, laserli kaplama kesimi yapan teknolojik makineler vasıtasıyla giderilmiştir. Özellikle klasik kaplamalı kakma kesim işleminde kullanılan kıl testerelerinin 0,28-1,1 mm (ağırlıklı olarak 0,50 mm kullanılmaktadır) arasındaki kalınlıklarından dolayı ortaya çıkan negatif kaplamalar kaliteli işlerin yapılabilmesi için kullanılamamaktadır. Laserin açtığı 0,05–0,2 mm (daha çok 0,13 mm.lik kayıp olmaktadır) arasındaki kesim hattı sayesinde; negatif kaplamalar da kaplamalı kakma işleminde değerlendirilerek fire önemli ölçüde azaltılmaktadır.

Laserli kaplama kesiminde kullanılan cihaz, “kesintisiz kesim hattı, pürüzsüzlük ve hassasiyet”i sağlayabilecek özelliklerde olmalıdır. Bunun için makinenin bileşke titreşiminin (vibrasyon) çok düşük olması gerekmektedir. Makinede kullanılan ekipmanların sayısı ve maliyetleri dikkatli bir şekilde araştırılıp emsalleriyle

mukayese edilmelidir. Makinenin servis ağı, kalitesi ve güvenilirliğinin ciddi bir şekilde değerlendirilmesi gereken önemli bir kıstas olduğu söylenebilir.

Laserle kesim yapan makine üreten firmalar rekabet gücünü arttırmak amacı ile, kendi makinelerin en iyisi olduğunu ileri sürmektedirler. Ağaç kamacılığına, dolayısı ile kaplama kesimine uygun makine seçiminde; farklı firmalara örnek uygulamalar yaptırdıktan sonra karar vermenin doğru olacağı düşünülmektedir.

Tercih edilecek makinenin çalışacağı ortamda şu özelliklerin bulunmasına özen gösterilmelidir. Zeminde, çeşitli titreşimlere karşı önlem alınmalı ve sabit olmalı, elektrik voltajında oluşabilecek değişikliği düzenleyen bir sistem bulunmalıdır. Makinenin hava dolaşımını sağlıklı yapabilmesi için, bulunduğu yer ile havanın tahliye edileceği yer arasındaki mesafe kısa olmalı, makinenin çevresinde makineyi kullanan operatörün rahatlıkla ulaşabileceği, kullanıma hazır yangın söndürme cihazı bulunmalıdır.

Laserle kesim yapan makinenin bulunduğu yere yetkili ve görevli olmayan personelin girişi önlenmelidir. Kontrol altına alınmış bölgelerde, uyarı etiketleri bulunmalıdır. Ayrıca, operatörün gözbebeklerinin küçülmesini sağlamak amacı ile makinenin kullanıldığı yerde aydınlatma mümkün olduğu kadar çok ve parlak olmalıdır.

Kullanılacak her bir laser tipi için bütün laser operatörleri, laserin kullanımı ve bakımı hakkında eğitim almış olmalıdır. Bu eğitim, ülkemizde herhangi bir örgün eğitim sisteminde verilmediği için, makinenin satın alındığı firmadan talep edilmelidir. Eğitimi alan kişinin sertifikalandırılması ve farklı işletmelerdeki performansı da kontrol edilmelidir.

Kaplamaların seçiminde ve makinede işlenmesinde aşağıda verilen kıstaslar dikkate alınmalıdır:

- Laser tezgâhının yüksek verimle çalışabilmesi için, kullanılan kaplamanın kusurlu, potlu ve kalitesiz olmamasına özen gösterilmelidir.
- Kesim esnasında “bal peteği” tipi kesim tablası kullanılmalıdır. Dolu yüzeyli bir tabla kullanılması durumunda kesim sonrası yüzeyden geri yansıyan ışınlar, kaplamanın arka tarafında veya cumba kısmında istenmeyen yanıklara sebep olabilir.
- İşleme tabi tutulacak kaplamaların rutubet miktarları birbirine eşit olmalıdır. Çok fazla kurutulmuş kaplamalar kullanılmamalıdır.
- Makinenin yapısı gereği üst üste bir çok kaplama kesilebilir. Ancak düzgün kesim elde edilebilmesi için, her kesimde tek kaplama işleme tabi tutulmalıdır.
- Kaplamaların kesimi esnasında kesintili bir kesme hattı oluşmaya başladığında, makinenin yansıtıcıları ve merceği temizlenmelidir. Ayrıca makineye iş emrini veren bilgisayar programının ve laser kesici kafasının odaklama sistemi kontrol edilmelidir.
- Kesilen kaplamaların kenarlarında oluşan yanıklar yüzeye taşıyorsa makinenin güç ayarları gözden geçirilmeli veya merceğin temizliği kontrol edilmelidir. (Bu özellik makinenin kalitesi ve laser tüpünün ömrüyle de ilişkilidir)
- Geleneksel yöntemde kaplamalar işleme hazırlanırken; kesim esnasında oluşacak kopmaları önlemek için yüzeylerin bantlanarak korunduğu bilinmektedir. Laserle kesim yönteminde, bant vb malzemelerle işlem sonrası çeşitli dağılmalar olmaması için kesinlikle kaplama yüzeylerine bant türü malzemeler yapıştırılmamalıdır.

- Hava soğutmalı sistemlerde ortamdaki hava dolaşımına dikkat edilmeli, hava dolaşımı kesinlikle durdurulmamalıdır. Ayrıca kesim hattındaki yanmadan dolayı oluşan duman hızlı bir şekilde işlem bölgesinden uzaklaştırılmalıdır.
- Su soğutmalı sistemlerde makinenin her çalıştırılışında su seviyesi kontrol edilmeli, eksilmiş ise tamamlanarak makineye zarar vermesi önlenmelidir.
- Makine ilk kurulum esnasında teraziye alınarak, ayakları yerinden oynamayacak şekilde yere sabitlenmelidir.

Laser çıkış kaynağına bakmaktan sakınılmalıdır. Laser tipine göre seçilmiş gözü koruyucu gözlükler kullanılmalı ve sık sık kontrol edilmelidir. Hiçbir gözlük tek başına laser radyasyonunun bütün dalga boylarında göze tam koruma sağlayamadığı bilinmektedir. Çalışma ortamında bulunan yetkili ve görevliler parlak ve yansıtıcı aksesuarlar bulundurmamalıdır.

Acil durumlar için açık bir şekilde üzerinde Panik Düğmesi (panic button) yazan ve laserden uzakta bir yere bağlantısı bulunan panik düğmesi veya buna benzer işlevi olan diğer bir cihaz ile güvenlik önlemi alınmalıdır.

Laserle kesim yapan makinelerin yanında bulunması gereken kullanma talimatnamelerinde aşağıdaki bilgilerin bulunması önerilebilir:

- Laser çalıştırma yönergesi;
- Laser bakım yönergesi;
- Servis yönergesi;
- Ayarlama yönergesi;
- Her bir yönerge için en az tehlike bölgesinin tanıtımı;
- Personeli koruyucu diğer donanımlar ile göze takılan koruyucu ekipmanların kullanımı ile ilgili bilgiler.

Operatör, laserli makinelerde işlem yaparken süreci iyi takip etmeli ve herhangi bir olumsuzlukla karşılaştığında yukarıda verilen yönergelere göre davranmalıdır. İstenilen ürün çıktısının yanında istenmeyen ürün çıktıları da oluşmaktadır. Bu olumsuz çıktılar hem makine operatörünü olumsuz yönde etkiler (zehirlenmeler, dikkat dağınıklıkları, baş ağrısı, vb.) hem de ortamda yangın oluşumuna sebebiyet verirler. Kurulacak olan bir egzoz (hava tahliye) sistemi ile makine içerisinde yapılan işlemler neticesinde oluşan toz, buhar, duman gibi olumsuz ürün çıktıları ortamdaki uzaklaştırılmalıdır. Makine satın alındığında makine ile birlikte egzoz sistemi verilmemektedir. Bunun için makine alındıktan ve çalışma ortamına getirildikten sonra ilk kurulum esnasında bir egzoz sistemi temin edilerek uygun yere/yerlere bağlanmalıdır.

Kesim tablası veya bal peteği tablası kullanılırken (delikli tablalar), tablanın altında, yapılan işlemlerden sonra kesinlikle malzeme bırakılmamalıdır. Kesilen malzemeden geçen laser ışını tabla altında bırakılan malzemenin ısınarak kolayca tutuşmasına neden olabilir.

Çalışma tablasındaki bütün temizlik işlemlerinde pamuklu havlu veya kâğıt, alkol veya aseton kullanılabilir. Çalışma tablasının üzerine *sprey halinde* alkol veya aseton kesinlikle uygulanmamalıdır. Bu temizleyiciler, pamuklu havlu veya kâğıt üzerine damlatılarak uygulanmalıdır. Uzun süren her çalışmanın sonunda hareketli parçaların ve rayların temizliği yapılmalıdır. Ancak, gereğinden fazla yağlamak, parçaların hareketini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle makine çalıştırılmadan önce temizlik için kullanılan malzemelerin kuruduğundan emin olunmalıdır. Hareketli parçalara yataklık eden raylara elle dokunulmamalı, bu raylar su ve nemden korunmalıdır.

Makinenin, uzun süre güvenli ve etkili bir şekilde kullanılabilmesi için bakım ve temizlik zamanlarının iyi takip edilmesi gerekmektedir. Koruyucu bakım ve dikkatli çalışma sayesinde birçok problem oluşmadan önlenabilir. Makinede meydana gelebilecek problemler kolayca bulunamıyorsa (problem basit değilse) veya basit şekilde tamir edilemiyorsa makinenin satıcısı, servisi veya firma temsilcisi ile görüşülmesi gerekmektedir.

Mobilya sektöründe kaplama kesimi ve dolayısıyla ağaç kakma (marketri) yapımında yaygın bir şekilde kullanılması gereken bu makineler maalesef sektör tarafından pek fazla tanınmamaktadır. Hâlbuki laserli kesim yapan makineler kullanılarak, Türk süsleme motifleri rahat bir şekilde yapılarak mobilya yüzeylerinin süslenmesinde uygulanabilir.

Ayrıca Türkiye’ye laser makinelerini ithal eden firma yetkilileriyle yapılan görüşmeler sonucunda, genel olarak metal ve tekstil sektörüne yönelik çalışmalar yaptıkları, ahşap ve mobilyayı yeterince tanımadıkları hatta tanıtım yapmaktan kaçındıkları gözlemlenmiştir.

Araştırmanın hazırlanması süresince görüşülen gerek teknisyen, makine satıcıları, operatörler, gerekse bu makinelerin yaptığı işleri talep eden müşterilerin, laserli kesim yapan makinelerin yapabildikleri, kullanımları, insan sağlığına zararsız şekilde kullanımı ve emniyetli çalıştırılmaları konularında gerekli bilgilere sahip olmadıkları sonucu ortaya çıkmıştır. Konveksiyonel üretim yapan makinelerde olduğu gibi “makineyi elektrik fişine tak ve kullanmaya başla” mantığıyla hareket edilmemesi gereken bu makinelerin kullanımıyla ilgili ülkemizde uygulamaya geçirilememiş TSE standartları bulunmakla birlikte satıcıların ve alıcıların ne bu TSE standartlarından haberleri bulunmakta ne de kendilerinin yeterli bilgiye sahip olmadıkları gözlemlenmiştir. Uzak doğudan ithal edilerek, Türkiye de fuarlara teşhir maksadıyla konulan birçok makinede bulunan ikaz etiketlerde Latince harf bile bulunmadığı görülmektedir. Ayrıca halen satılmakta olan birçok makinenin Türkçe ikaz etiketlerinin ve Türkçe kullanım kılavuzlarının bulunmadığı da yapılan araştırmalarda gözlemlenmiştir.

Mobilya sektöründe kullanılmasına geç kalınmış olan laserli makinelerin, ağaç kakmacılığına uygun şekilde kaplama kesimi yapabilmelerinin yanı sıra, oyma yapabilme özellikleri de bulunmaktadır. Bu nedenle, ağaç oymacılığında da kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Söğütlü, C., “Bazı Yerli Ağaç Türlerinin Kündekari Yapımında Kullanım İmkanları”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 16-17 (2004).
2. Rose, P., L., “Marquetry Cutting”, **Fine Woodworking**, 1(1):33-36 (1975).
3. İnternet: Lazer nedir? Lazer Çeşitleri ve Kullanım Alanları. [http:// www.-
odevler.gencbilim.com/oddevlerfckgw/gencbilim bilim fizik 288.zip](http://www.odevler.gencbilim.com/oddevlerfckgw/gencbilim_bilim_fizik_288.zip) (2005).
4. İnternet: Lazer Nedir? http://www.odevsitesi.com/odevler/2004_10/56971-lazer-nedir.htm (2004).
5. İnternet: Lazer çeşitleri ve kullanım alanları. [http://www.odevler.gencbilim.com/oddevlerfckgw/gencbilim bilim fizik 336](http://www.odevler.gencbilim.com/oddevlerfckgw/gencbilim_bilim_fizik_336) (2004).
6. İnternet: Lazer ile Kesme. <http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2002/nisan/atolyeden.htm> (2004).
7. Ataç, U., “Laser Işınının Otomotiv Endüstrisindeki Kullanım Alanları ve Bu Sektörün Gelişimine Katkısı”, Lisans Tezi, **T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya- Metalurji Fakültesi Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Bölümü**, İstanbul, 1-103 (2001).
8. Başacı, T., Aras, R., Sönmez, A., “Kakma ve Süsleme Motifleri”, **Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Matbaası**, Ankara, 1-20(1982).
9. İnternet: X-actro bıçak setleri. <http://www.action-electronics.comxacto.html> (2006).
10. İnternet: #11 no’lu X-actro bıçağı. <http://www.hobbylinc.comhtmlxactx211.-htm> (2006).
11. İnternet: Kıl testere aleti. http://www.marqueterie_fr.htm (2006).
12. Munkittrick, D., “Scroll Saws”, **American Woodworker**, 87:44-48 (2001).
13. İnternet: Metiner, H., “Laserler ve Askeri Alandaki Uygulamaları”, http://www.aselsan.com.tr/DERGI/mart98/laser_fr.htm (2004).
14. İnternet: Elektromanyetik spektrum. http://upload.wikimedia.org/wikipedia-tr/0/0e/Elektromanyetik_spektrum.PNG (2005)
15. İnternet: 21. Yüzyıl Yaşamı için Kuantum Fiziği. <http://arsiv.biltek.tubitak.gov.tr/pdfiler/C271/S322/S-322-16.pdf> (2004).

16. İnternet: Lazer Işığı. <http://arsiv.biltek.tubitak.gov.tr/pdfler/C29/S345/S-345-86.pdf> (2004).
17. İnternet: Çağımızın Sihirli Işığı: Lazer. <http://arsiv.biltek.tubitak.gov.tr/pdfler-/C17/S200/S-200-1.pdf> (2004).
18. İnternet: Lazerin Yapısı ve İşlevleri. http://66.98.221.130/wz3828xx/wz/O_d_e_v_-_v_1286.zip (2005).
19. İnternet: Lazer kullanım alanları. http://66.98.221.130/wz3828xx/wz/O_d_e_v_-_10740.zip (2004).
20. İnternet: Lazerler ve Uygulama Alanları. <http://arsiv.biltek.tubitak.gov.tr/pdfler-/C8/S88/S-88-14.pdf> (2004).
21. İnternet: Lazer'in Yeni Uygulamaları. <http://arsiv.biltek.tubitak.gov.tr/pdfler-/C201/S235/S-235-46.pdf> (2004).
22. İnternet: Lazer Nedir? Nasıl Üretilir? Nerelerde Kullanılır? <http://arsiv.biltek.tubitak.gov.tr/pdfler/C22/S264/S-264-34.pdf> (2004).
23. İnternet: Lazer Nedir. <http://www.odevci.com/odev/11826.genel.kultur.lazer.html> (2005).
24. İnternet: Lazer Işıklarının Uygulama Alanları. <http://arsiv.biltek.tubitak.gov.tr/pdfler/C3/S35/S-35-22.pdf> (2004).
25. İnternet: Arşimet'in Lazer Topu. <http://arsiv.biltek.tubitak.gov.tr/pdfler/C6/S68/S-68-42.pdf> (2004).
26. İnternet: Lazerle işlenebilen malzemeler. http://www.laserproi.com/en/engr_faqs.php?smain=eng&ssub=faq (2004).
27. İnternet: Lazerle işlenebilen malzemeler http://www.franeklaser.com/co2_lasers.htm (2004).
28. İnternet: Boyuna tahrikli lazer üretici. <http://www.marelmakina.com/images> (2005).
29. GCC-The Electro-Optical Automation Company, "User's Guide For LaserPro Jupiter J-25 / J-30", 1-62 (2002).
30. The University of Iowa Health Protection Office, "Laser Safety Manual For Research Use of Lasers", *The University of Iowa*, Iowa, 1-25 (2001).
31. GCC-The Electro-Optical Automation Company, "User's Guide For LaserPro Neptune", 1-82 (2003).

32. TSE, “Güvenlik Kuralları-Laser Mamulleri İçin Bölüm 1: Donanım Sınıflandırması - Kurallar ve Kullanıcı Kılavuzu”, TS 8496 EN 60825-1, 1-105 (1996).
33. TSE, “Optik ve Optik ile İlgili Aletler - Lâzerler ve Lâzerle İlgili Donanımlar - Terimler ve Semboller”, TS EN ISO 11145, 1-12 (2003).
34. İnternet: Laser ve Plazma Kaynağı ve Uygulamaları. http://66.98.221.130/-wz3828xx/wz/O_d_e_v_11285.zip (2001).
35. Knaap, D.J., “Design and Performance of a Sealed CO2 Laser”, *University of Colorado*, Colorado, 1-9 (1996).
36. İnternet: Laser Bilgisi. <http://www.aaetum.com.tr/laserbilgisi.htm> (2004).
37. İnternet: CNC Lazer Kesme Tezgahları Hakkında Kısa Bilgi. http://www.-formcnc.com.tr/lazer_bilgi.htm (2003).
38. İnternet: Synrad Laser Cutting Calculator. <http://www.synrad.com> (2003).
39. İnternet: My Laser Cutting Experiences. http://www.inlay.com/cnc/laser/Laser_Cutting_Machinesss.htm (2004).
40. GCC-The Electro-Optical Automation Company, “User’s Guide For LaserPro Explorer”, 1-104 (2003).
41. GCC-The Electro-Optical Automation Company, “User’s Guide For LaserPro Venus”, 1-56 (2003).
42. SEIspa, “Spooky Plus, Vector / Raster Cutting and Marking Laser System”, Curno Italy, 1-45 (2002).
43. İnternet: Çalışma tablası. <http://www.best.com.tr/urunler/arges/laserbilgi.asp> (2005).
44. Şanıvar, N., Zorlu, İ., “Ağaç İşleri Gereç Bilgisi”, *Milli Eğitim Basımevi*, İstanbul, 1-472 (1995).
45. Örs, Y., Keskin, H., “Ağaç Malzeme Bilgisi”, *Kosgeb Yayınları*, Ankara, 1- 185 (2001).
46. Zorlu, İ., “Ağaç İşleri Konstrüksiyon Bilgisi”, *Milli Eğitim Basımevi*, İstanbul, 1-320 (1978).
47. Aras, R., Döngel, N., “Yeniden Biçimlendirilmiş Kaplama Üretimi”, *Politeknik Dergisi*, Ankara, 7(4):335-340 (2004).
48. Aras, R., “Ağaç Kakmacılığının Uygulama Yöntemleri ve Önemi”, *Politeknik Dergisi*, Ankara, 2(4):33-36 (1999).

EKLER

EK -1 Terimlerin açıklamaları

Amplifikasyon: Yükseltme. Bir elektronik sinyalin genliğinin arttırılması olayı.

Elektrik akımının tesirini artırmakta kullanılan alet, yükselteç.

Arıza-Emniyet Dahili Anahtarı (Fail-Safe Interlock): Tek bir mekanik veya elektrik ile çalışan bir bileşenin dahi arıza yapması durumunda laseri veya laser sistemini emniyetli hale getiren veya emniyetli bir durumda bırakan dahili emniyet anahtarıdır.

Baş Denetleyici (Principal Investigator): Laserin veya laser sisteminin emniyetli bir şekilde kullanarak kontrol altında tutan yetkili laser kullanıcısı.

Boyuna Mod: Elektromagnetik dalganın yayınım doğrultusunda L uzunluğuna sahip bir rezonatör içinde elektrik alanının öz fonksiyonunun dağılımı.

Not: Boyuna mod sayısı $q=2L/\lambda$, kavite yol uzunluğunun içinde yarım dalga boyu sayısını tanımlar.

Cihaz Verimi:

η_T

Lâzer demetindeki toplam gücün bütün tali sistemlerden gelen toplam girdi gücüne oranı.

Collateral: yanal

1. (s)., (i). yan yana olan; aynı eğilimde ve etkide olan; aynı sonuca yönelen; ikincil, tali; munzam, yardımcı, tamamlayıcı; aynı soydan gelen.; (i)., A.B.D karşılıklı teminat; maddi teminat; soydaş; yardımcı olay, durum veya kısım. collateral evidence.
2. yan yana. paralel. yardımcı. ikincil. ek. aynı soydan gelen. maddi teminat.
3. tali. ikinci derecede. yardımcı. karşılıklı teminat. maddi teminat. bir borca karşılık verilen aynı teminat. maddi teminat, teminat. yan yana. paralel. ek. ikincil.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

tamamlayıcı önemi daha az olan. aynı atadan ama farklı çocuklardan gelen. Teminatla ilgi.

Color Fill: Oymacılık, kakmacılık endüstrisinde kullanılan şekliyle, renk eklemek veya oymada zıtlıklar oluşturma tekniğini tanımlamaktadır.

Dahili Huzmeye Bakma (Intrabeam Viewing): Bir laser huzmesinin bütün ışınlarına gözün maruz kalabileceği bakış durumu.

Dağılmış Yansıma (Diffuse Reflection): Bir yüzeyin veya ortamın radyasyon huzmesini boşluğa dağıtarak yansıtmasında meydana gelen dağınık yansımalarındaki değişme. Çalışılan laser huzmesinin meydana getireceği dağılmış şekilde olan yansımalar düz bir şekilde olan yansılardan daha az tehlikelidir.

Dalga Boyu (Wavelength): Aynı faza sahip periyodik olan iki başarılı nokta (puls-darbe) arasındaki mesafe.

Darbeli Laser (Pulsed Laser): Enerjisini tek bir puls veya bir puls dizisi şeklinde dağıtan laserlerdir. Puls un devam süresi (duration) 0.25 saniyeden daha azdır.

Bir darbe süresi 0.25 sn'den az olduğu tek darbe veya bir darbe dizisi şeklinde **enerji** yayınlayan lâzer.

Darbe Tekrarlanma Hızı:

f_p

Bir tekrarlanan dârbeli laserinin saniyedeki laser darbesi sayısı.

Demet Çapı:

d_u

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

<dairesel güç (enerji)> Toplam demet gücünün %u'luk kısmını ihtiva eden demet eksenine dik bir düzlemde dairesel bir açıklığın en küçük çapı.

Not: Bu tarife açıklık getirmesi amacıyla “demet çapı” teriminin her zaman d_u veya d_σ sembollerinden uygun olanı ile birlikte kullanılması tavsiye edilir.

Demet Eksen: Homojen bir ortamdaki demet yayılım yönündeki birbirini izleyen konumlarda gücün enine kesit profilinin ilk uzaysal momenti ile tanımlanan kütle merkezini bağlayan düz çizgi.

Demet En Kesit Alanı:

A_u

<dairesel güç (enerji)> toplam demet gücünün (enerjisinin) %u'luk kısmını ihtiva eden tamamen dolu en küçük alan.

Not: Bu tarife açıklık getirmesi amacıyla “demet en kesit alanı” teriminin her zaman A_u veya A_σ sembollerinden uygun olanı ile birlikte kullanılması tavsiye edilir.

Demet Genişlikleri:

$d_{x,u}$ $d_{y,u}$

<dairesel güç (enerji)> Demet eksenine dik seçilmiş x ve y yönlerinin toplam gücünün(enerjisinin) %u'luk kısmına geçiren en küçük alanın genişliği.

Not1: Seçilen yönler en küçük demet genişliği ve dik yön ile verilir.

Not2: Dairesel Gauss demetleri için $d_{x,95.4}$ ve $d_{86.5}$ eşittir.

Not3: Bu tarife açıklık getirmek için “demet genişliği” teriminin her zaman $d_{\sigma x}$, $d_{\sigma y}$ veya $d_{x,y}$, $d_{y,u}$ sembollerinden uygun olanı ile birlikte kullanılması tavsiye edilir.

Demet Konumu: Optik sistemin mekanik eksenine dik belirtilmiş bir düzlemde optik sistemin sabit mekanik eksenine göre demet ekseninin yer değiştirmesi.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

Demet Yarıçapı:

w_u

<dairesel güç(enerji)>Toplam ışın gücünün %u'luk kısmını ihtiva eden demet eksenine dik bir açıklığın en küçük yarıçapı.

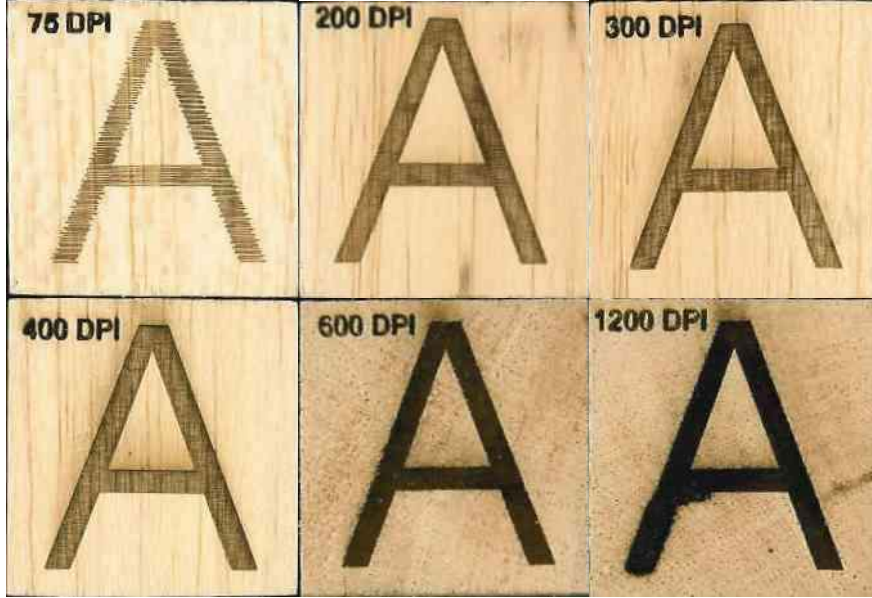
Not: Bu tarife açıklık getirmek için “demet yarıçapı” teriminin her zaman w_u veya w_σ sembollerinden uygun olanı ile birlikte kullanılması tavsiye edilir.

Devamlı Dalga (Continuous Wave – CW): Pulse (darbe) modundan ziyade laserin devamlı çalışıp çıkış vermesi. Emniyet ile ilgili değerlendirmede bulunmak için 0.25 saniye veya daha büyük bir periyotta devamlı çıkış verecek şekilde çalışan laserlere CW laserler denir.

Distorsiyon (distortion): Deforme olmuş, biçim yitimi, şekli bozulmuş.

DPI: (Dots Per Inch or Pixels Per Inch) İnç başına piksel veya inç başına nokta. Bir imgenin nokta/piksel başına çözünürlüğünü tanımlar. 500 DPI demek, laserin bir inçlik alanda 500 yanık oluşturmasını ifade etmektedir.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları



Şekil 1.1. Farklı DPI ayarlarının sonuçları

Driver: Bilgisayarın çeşitli çevre birimleriyle (yazıcı, tarayıcı, ekran, laser makinesi, vb.) bilgi alış verişi yapmasını sağlayan bilgisayar yazılımı.

Düzgün Yansıma (Specular Reflection): Bir aynadan olan yansıma (düz ve parlak bir yüzeyden olan bir yansımanın neticesi). Belirlenmiş bir laser huzmesinin düzgün olan yansımaları dağınık olan yansılardan daha tehlikelidir.

Enerji (Energy): İş yapma kapasitesidir. Enerji genellikle pulslu (darbeli) laserlerinin çıkış güçlerini karakterize etmek için kullanılır ve genellikle joule (J) olarak ifade edilir.

Enine Mod: Bir rezonatör içinde elektrik alan dağılımının öz fonksiyonunun dağılımı veya elektromagnetik dalganın yayılım yönüne dik doğrultudaki laser demetinin güç yoğunluk dağılımı.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

Not: Dikdörtgen simetrisinin elektromagnetik dalganın yayınım yönüne dik doğrultuda x ve y yönlerinde alan dağılım düğümleri için m ve n sayıları kullanılır (Hermit-Gauss modları).

01 modu merkezde düğümlü bir dairesel simetri sağlayan dikdörtgen biçimi 10 ile 0,1 modlarının doğrusal birleşimidir.

Silindir biçimli simetride radyal ve azimut düğümler yerine p ve l kullanılır.

Error Diffusion: (Dithering Method) Belli bir sırada rasgele siyah ve beyaz noktalar oluşturarak gölgeleme yapmak için kullanılan bir efekttir.

Karelerde hata düzeltmesi yapar, parlama gibi yanlışlıkları törpüler.

Eş Fazlılık: Her nokta arasında sabit faz ilişkisinin bulunduğu bir elektromagnetik alan karakteristiği.

Feet: İngiliz ölçü birimi. “foot”un çoğul biçimi. 0,3048 m.

Firmware: Programlar sürekli bilgisayar içindeki ROM çiplerinde bulunmaktadır. Bu bilgiler bilgisayar çiplerine kalıcı olarak kaydedilir ve sadece çipler değiştirildiği zaman değiştirilebilir. Türkçe karşılığı olarak ta “bellenim” terimi uygun görülmüştür.

Frekans (frequency): Belirli bir zaman diliminde tekrarlanan olayların sayısı.

Devirli hareketlerde bir saniye içinde meydana gelen titreşim sayısı.

Periyodun tersidir. Birimi Hertz dir.

Gobo: Mercek siperi. Işığı kontrol etmek amacıyla üretilen malzemelerdir. Projektörden konuya yöneltilen, ancak loş veya tam karanlık kalması istenen veya ışığın o bölgeye gitmesinin istenmediği yerlere giden ışığı kesmek amacıyla

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

kullanılırlar. Genelde hafif metallerden, plastik malzemelerden, kartondan, kumaş kaplı çelik çerçeveden ve strafordan üretilirler.

Görülebilir Radyasyon (Visible Radiation – Light): İnsan gözü ile fark edilebilir (görülebilir) elektromanyetik radyasyondur. Bu terim genellikle dalga boyu 400 nm ile -700 nm arasında olan radyasyonları tarif etmek için kullanılır.

Göz Açıp Kapama Refleksi ve Karşı Sakınma Refleksi (Blink Reflex or Aversion Response): Parlak ışığın zehirli uyarıcılığına maruz kalmamak için refleksiyle göz kapaklarının kapanması hareketi. Bu hareketler genellikle gözün refleksiyle açılıp-kapanması dahil 0.25 saniyede meydana gelir.

Güç (Power): Yayılan, değişime uğrayan veya alınan enerjinin watt/saniye veya joule/saniye olarak miktarıdır. Aynı zamanda radiant güç olarak ta adlandırılır.

Hertz: Frekans birimi olarak hertz, bir saniyede yapılan tekrar sayısının ifadesidir. 1/saniye cinsindendir.

HPO (Health Protection Office): Sağlık Koruma Ofisi. IOWA üniversitesinde laser ile ilgili programın emniyetli uygulanmasını ve takibini yapan sorumlu bölüm.

Işığa Maruz Kalma (Radiant Exposure – H): Alınan joule/cm² ışık enerjisinin yüzey yoğunluğu.

Işık Akışı (Radiant Flux – F): Radyasyon şeklinde alınan, nakledilen veya yayılan güçtür. Ve watt olarak ifade edilir.

Işık Akış Yoğunluğu (Irradiance – E): Bir yüzeyin üzerindeki birim bölgelerde oluşan ışık gücü, her bir cm²'de watt (w/cm²) olarak ifade edilir.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

Inch: İngiliz ölçü birimi. 2,54 cm

Interlock: Bir cihazın yalnız önceden belirlenmiş şartlarda çalışabilmesine imkan veren güvenlik tertibatı.

Dahili kilitleme anahtarı.

1. (f.) birbirine bağlamak, birbirine kenetlemek; (mak.) birlikte işlemleri için manivelaları birbirine bağlamak..
2. birbirine bağlamak. birbirine bağlanmak.

İletme (Transmittance): Neşredilen (yayılan) toplam ışık gücünün, meydana getirilen toplam ışık gücüne olan oranıdır.

Inversiyon: Hava koşullarına bağlı olarak havadaki zehirli gazların yere çökmesi sonucu oluşan tehlikeli olay.

Kararlı Rezanatör: Eksenel olmayan ışınları rezanatör içinde kalarak sonsuz sayıda dönüş yapan iki uç ayna içeren rezanatör.

Kararsız Rezanatör: Eksenel olmayan ışınları rezanatör içinde belirli sayıda dönüş yaparak rezanatörü terk eden iki uç ayna içeren rezanatör.

Not: Sapma ihmal edildiği sürece tek eksenli ışın rezanatör içinde kalır

Kapasitör: Kondasatör.

İçinde buhar veya elektrik enerjisi biriktiren cihaz, miksefe.

Kızılötesi Radyasyon (Infrared Radiation - IR): Dalga uzunluğu 1 mm ile 700 nm arasında olan elektromanyetik radyasyondur.

Kondanse: sıvılaşma

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

1. (gaz) yoğunlaşmak. sıvılaşmak. koyulaşmak. yoğunlaştırmak. özetlemek.
2. yoğunlaştırmak. yoğunlaştırmak. koyulaştırmak. özetlemek. kısaltmak.

Kontrollü Bölge (Controlled Area): Laser radyasyonunun ve buna bağlı tehlikelerden korunmak ve denetim altında bulundurulup kontrol etmek gayesi ile aktivitelerde bulunulan ve bu maksatlar için ayrılmış bulunan bölge.

Konvansiyonel (conventional):

1. (s). âdetlere uygun, göreneksel, geleneksel; beylik, basmakalıp; (güz. san). konvansiyonel. conventional warfare nükleer silah kullanılmayan harp. conventional usage kabul edilen düzen. conventionalism (i). âdetlere bağlılık. conventionalize (f).
2. törel. geleneksel. uzlaşımsal. (silah) konvansiyonel.
3. geleneksel .

Kriyojenik (cryogenics): soğutucu

(i)., (fiz). soğukla ve özellikle son derece soğukla ilgili ilim dalı.

Laser: Moleküler ve elektronik durum değişikliği neticesinde daha düşük güç seviyelerine geçerek, şiddetli yönlendirilmiş uyarıcı bir ışık üreten cihazdır. Laser kelimesi Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation kelimelerinin başlangıç harflerinin alınarak kısaltılmış şeklidir.

Laser Operatörü: Laser veya laser sisteminde çalışmak için gerekli olan bilgiye sahip, tıbbi olarak gözetimi yapılan ve laser emniyet kuralları ile ilgili eğitim almış olan kişidir.

Laser Birimi: Kullanım, ölçme ve kontrol sistemlerini meydana getirmek için bir veya daha fazla laser sistemi.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

Laser Cihazı: Laseri çalıştırmaya yarayan ilâve temel tesislerle birlikte (soğutucu, güç ve gaz kaynakları) ışınının oluşturulduğu lâzer.

Laser Demeti: Uzaysal yönlendirilmiş laser ışınımı.

Laser Işınımı: Laser tarafından meydana getirilmiş dalga boyu 1mm'ye kadar olan aynı fazdaki elektromagnetik ışınım.

Laser Sistemi: Demet kullanımı ve oluşumu ile ilgili normalde optik, mekanik ve/veya özel elektrik sistem bileşenlerinin bir araya gelmesiyle oluşan laser cihazı.

Laser Verimi:

η_l

Laser ışını içindeki toplam gücün doğrudan lâzere besleme yapılan toplam pompa gücüne oranı.

Maksimum Müsaade Edilen Maruz Kalma (Maximum Permissible Exposure – MPE): Deri ve gözde biyolojik zarara sebep olmayacak şekilde ve hasara sebebiyet vermeyecek şekilde bir şahsın maruz kalabileceği normal radyasyon seviyesi. MPE ışık ısıısına (laser ışınlarına korumasız) maruz kalmayı (joule/cm^2) veya ışık yayılması (irradiance) (watt/cm^2) olarak ifade eder.

Maser: Microwave (Molecular) Amplification by Stimulated Emission of Radiation. (Uyarılmış Işın Yayınımıyla Mikrodalga Kuvvetlendirilmesi.)

Morötesi Radyasyon (Ultraviolet Radiation - Light - UR): Görülebilir radyasyondan daha küçük dalga boyuna sahip olan elektromanyetik radyasyonlardır. Laserin emniyetli olması için 180 nanometre den – 400 nanometre ye kadar olmalıdır.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

Nominal Tehlike (Hasar) Bölgesi (Nominal Hazard Zone – NHZ): Bu bölge, doğrudan, yansımış, saçılmış radyasyon seviyelerine, normal çalışma sırasında kabul

edilebilir MPE seviyesinin aşıldığı yerdir. NHZ sınırlarının dışındaki maruz kalma seviyeleri uygulanabilir MPE seviyesinin altındadır.

Nozzle:

1. (i.) hortum başı; ibrik ağzı; körük burnu; argo burun. ağızlık.
2. hortum başı. ağızlık. meme.
3. emzik. meme. hortum başı. hortum. hamlaç. enjektör memesi. burun. boru. ağızlık. masura.

Optik Yoğunluk (Optical Density – Di): Geçirgenliğin 10 tabanında logaritmik olarak karşılığıdır. $D_i = \log T$, bu formülde t =transmittance-geçirgenliktir.

Ömür: Bir lâzer cihazı veya lâzer sisteminin imalâtçı tarafından belirlenmiş (zaman veya darbe sayıları) performans karakteristiklerini sürdürdüğü aralık.

Not: Servis ve bakım şartları imalâtçı tarafından belirtilir.

Paralel Cable: Bilgisayar ve farklı bir çevre birimi arasındaki bağlantıyı sağlayan kablo. Genellikle yazıcı için kullanılır. Bu kablo aynı zamanda birden fazla bit'in (bilginin) bilgisayar tarafından gönderilmesini sağlar.

Paralel Port: Bilgisayarın elektronik çevre birimlerine eş zamanlı olarak bilgi göndermesini veya bilgi paylaşmasını sağlayan çıkış yeri, ağız, port. Yaygın kullanım ismi ise "LPT Port" tur.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

Penetrasyon (penetration):

1. i. içine işleme, nüfuz etme, girme; etki, tesir; feraset, zekâ, anlayış. , kavrama/nüfuz etme/girme.
2. içe girme. içe işleme. penetrasyon. girim. yaygınlık.
3. yaygınlık. girme. nüfuz. duhul. idrak. anlayış. (reklamcılık) halka ulaşmada ve insanları ikna etmede reklamın etkinliği. bir radyo ya da televizyon aygıtı gibi. bir coğrafi bölgedeki toplam hane sayısında belirli bir ürüne sahip olanların yüzdesi. hulul.

Polarizasyon: Elektromagnetik dalga hareketinin belli yönlerde sınırlandırılması.

Not: Bu olay elektromagnetik ışınının enine dalga hareketi şeklinde olduğu temel bir olgudur. Titreşimler yayınım yönüne göre dik açıdır bu titreşimler elektrik alan vektöründeki gibi düşünülebilir.

PPI: (Pulses Per Inch) İnç başına puls (atım). PPI, laserin doğrusal inç başına düşecek olan puls miktarını tayin eder. PPI sadece vektör ayarları içindir. PPI ayarı 500 yapıldığında 0.002” sıklıkla atım (puls) yapar. (İnç başına 500 kere.) Eğer 2” lik mercek kullanılırsa vektör odak noktası 0.007” tir. Daha yüksek PPI değerlerinde daha koyu/derin sonuçlar elde edilir. Yani laser pulsarı (atım) üst üste biner. PPI değeri 150 den daha düşük ayarlandığı zaman her bir laser pulsı (atımı) tek tek parçalar halinde birbirlerine bir etkileri olmadan uzak noktalara yayılırlar. Düşük PPI ayarına kağıt üzerinde delik delmek iyi bir örnektir.

Puls: Bir sinyaldeki sonlu süreli ve çoğun sabit genlikli değişme. Atım.

Raster: Bu yöntem kesme veya oyma işlerinde çoklu yatay hatların işlenmesinde kullanılır. Örneğin; laser kullanarak bir kare keserek boşaltırken veya oyarken, işin taslağını birçok yatay çizgi ile doldurarak hazırlamak “raster”i tanımlamaktadır.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

Raster Image: Bir şekli tanımlarken, çizgileri oluşturan noktaların (pixel) dikdörtgensel çizgiler halinde hazırlanmasıdır. Bir “raster image” bir “Bitmap” grafiğe benzer.

Raster Line: Raster image üzerinde bulunan her bir yatay çizgiye denir.

Q Anahtarlı Laser: Q anahtarı tarzında yüksek güce sahip kısa süreli (~30 nano saniye) darbeler (pulses) yayan laserlerdir. Bir Q anahtarı elektronik enerji depolamasını ve boşaltmasını artırarak laser ortamının içine ve dışına sıra ile vererek çok kısa süreli şiddetli laser darbeleri üretir.

Rezonatör (resonator): Tınlatici, elektrik akımını yankılayan araç.

RF: Radyo frekansı.

Serial Communication: Bir bilgisayar ve arabirim arasında belli bir zaman diliminde, bir bit’in (verinin) transfer edilmesidir.

Serial Port: Bilgisayardan ikincil bir aygıtta birim zamanda bir birim bilginin gönderilmesi için kullanılan bağlantı noktası. Genellikle “COM Port” diye isimlendirilir.

Sürekli Dalga Gücü:

p

Sürekli dalga lâzerinin güç çıktısı.

Standart Çalıştırma Prosedürleri (Standart Operating Procedure – SOP): Belli bir laser veya laser sistemi için olan belirlenmiş çalıştırma talimatları. Bu prosedürler

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

takip edildiğinde laserin veya laser sisteminin emniyetli ve doğru bir şekilde çalıştırılmasını sağlayan talimatları içerir.

Sublimleşme (sublimation): Bir cismi katı durumdan doğrudan doğruya gaz durumuna getirmek.

Sürekli Dalga Laseri: 0.25 sn'ye eşit veya daha büyük süre ile sürekli ışınım yayan lâzer.

Tekrarlanmış Darbeli Laserler (Repetitively Pulsed Laser): 1 Hz (Hertz) frekans ile düzenli bir şekilde oluşan çoklu darbe dizisine sahip ışık enerjisinden oluşan laserdir.

Termodinamik (thermodynamics): Fiziğin, ısı ve diğer enerjiler arasındaki ilişkisini inceleyen dalıdır. Termodinamik yasaları şunlardır:

0- A ve B nesneleri C nesnesi ile termodinamik dengede ise A ve B kendi başlarına da termodinamik dengededir.

1- Bir sistemin iç enerjisi, sisteme aktarılan ısı artı sistem üzerine yapılan iş ile artırılabilir.

2- Üç özdeş form vardır : (1) Çevresine ısı yaymayan ve mekanik iş ile çalışan bir ısı makinesi yapılamaz. (2) Düşük sıcaklıktan daha yüksek sıcaklığa ısı transferi yaparak elde edilen soğutucular ancak mekanik iş kullanılarak yapılabilir. (3) Bir sistemin entropisi daima artma eğilimindedir.

3- Mutlak sıfıra deneysel olarak yaklaşılabılır fakat ulaşılamaz.

Ulaşılabılır Maruz Kalma Limiti (Accessible Exposure Limit – AEL): Belirli bir laser sınıfında müsaade edilen ulaşılabilir maksimum laser emisyon (yayılma) seviyesi.

EK -1 (Devam) Terimlerin açıklamaları

Vantilasyon (ventilation):

1. duyuru/havalandırma.
2. havalandırma.
3. havalandırma. (bir odanın, bir binanın vb.) havasını değiştirmek.

Vector: Bir imgeyi keserken veya oyarken tek bir yatay, dikey veya kavisli çizgi kullanmayı ifade etmektedir. Örneğin: Laser kullanarak bir karenin kesimini yaparken veya oyarken, şeklin dış hatlarını tekli bir çizgiyi takip edecek şekilde ayarlamak “vector” ayarını ifade etmektedir.

Watt: Gücün veya ışık akışının birimidir. 1 watt = 1 joule/saniye

EK -2 Örnek işler



EK -2 (Devam) Örnek işler



EK -2 (Devam) Örnek işler



EK -2 (Devam) Örnek işler



EK - 3 100 Wattlık bir laser sisteminin teknik özellikleri ve içerikleri



Eurolaser M-1200/100 Watt (Pls-M12-100)

- (Entegre) Laserli kesim sistemi, (Kapalı sistem Karbondioksit Laser Normal Güç: 100 Watt)
- Laser güç kumanda paneli,
- Mükemmel (kenar) kesim kalitesi için, Işın genişletici ile Işın yayılmalarını telafi etme,
- Acil durdurma sistemi,
- Laser kenetleme fonksiyonu,
- Aktif ve Pasif Işın koruma mekanizması,
- Odaklama (Fokus) için Sistem-Alet-Kafa ayar mekanizması,
- Alüminyum vakum tablası
- İşlem emisyonunu tahliye için 360 derecelik ağız,
- Besleme Gerilimi: 400 Volt, Trifaze (3 Faz), 50 Hz,
- Çalışma sıcaklığı: +10 ile +32 derece arası,
- Çalışma Alanı: 1300 x 1200 mm,
- Maksimum iş parçası (materyal) eni: 1410 mm, sınırsız boyda,
- Kesim hızı: 1 - 1000 mm/sn (60 m/dak),

EK - 3 (Devam) 100 Wattlık bir laser sisteminin teknik özellikleri ve içerikleri

- Eksenel ivme: 5 m/sn²,
- Ölçüm sistemi çözünürlüğü: 0.005 mm,
- Ortalama statik tekrarlamadaki sapma: ± 0.02 mm,
- Boyutlar: 1655 x 2300 x 2300 mm,
- Tepkisiz (Sarsıntısız) Servo Kontrollü DC motor sürücü,
- Donanım (Bilgisayar) haberleşme arabirimi RS 232C,
- Yazılım komut seti HPGL, ayrıca ZUND tarafından geliştirilmiş özel komutlar,
- Veri transfer hızı 600 ile 39200 Baud arası,
- Vektörler için değişken ön hesaplama,
- İşlem tekrarı için 1 MByte'lık hafıza,

EK- 4 Makine örnekleri



Şekil 4.1. Beam Lumen DCC-9000



Şekil 4.2. Universal Versa Laser

EK- 4 (Devam) Makine örnekleri



Şekil 4.3. Sei Eureka



Şekil 4.4. Euro Laser M-1200

EK- 4 (Devam) Makine örnekleri



Şekil 4.5. LaserPro Mercury



Şekil 4.6. Sei Mercury

EK- 4 (Devam) Makine örnekleri



Şekil 4.7. Sei Spooky II



Şekil 4.8. Sei Spooky Plus

EK- 4 (Devam) Makine örnekleri



Şekil 4.9. LaserPro Venus



Şekil 4.10. Universal X2-Superspeed

EK- 4 (Devam) Makine örnekleri



Şekil 4.11. CEIEC Zhejiang Company EZFXSFA002



Şekil 4.12. LaserPro Neptune

ÖZGEÇMİŞ

31 Ekim 1976 tarihinde Bursa'nın İnegöl ilçesinde dünyaya geldi. 1997 yılında, Uludağ Üniversitesi “Bilgisayar Donanımı” bölümünden mezun oldu. 2002 yılında, Düzce Teknik Eğitim Fakültesi, “Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği” bölümünden mezun oldu. 2002-2003 Eğitim-Öğretim yılında, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Halen yüksek lisans eğitimine devam eden Fatih Alıcı, özel bir mobilya firmasında Ar-Ge sorumlusu olarak çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.