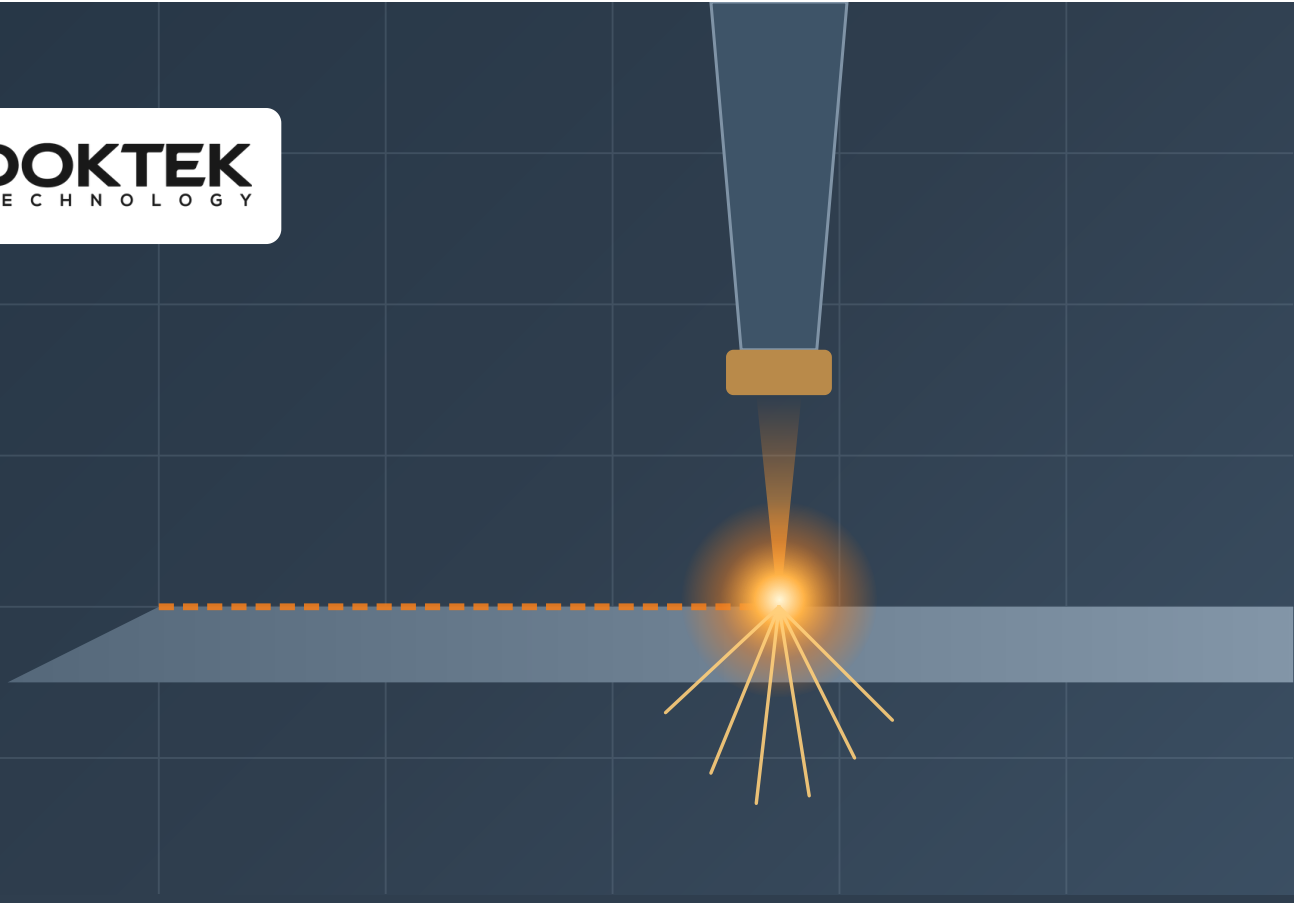


OPERATÖR VE KULLANICI EL KİTABI

Fiber Lazer Kesim Kılavuzu

Gaz seçimi, güç ve hız tabloları, fokus ve nozul ayarı, bakım, güvenlik ve "kesmiyorsa ne yapmalı" — 1 kW'tan 30 kW'a.

1 – 30 kW · Raycus · Max · IPG · Reci

Siyah sac · Paslanmaz · Galvaniz · Alüminyum · Pirinç · Bakır · Türkçe · TR

19	6	12	Adım adım
bölüm ve ekler	malzeme	güç tablosu, 1 – 30 kW	arıza teşhisi

DOKTEK Technology
Akçeşme Mah. 2017 Sok. No: 15/A, 20020 Merkezefendi / Denizli
Salih Akkaya: +90 542 525 11 59 · İbrahim Küçükoğul: +90 530 891 44 04
info@doktek.com · doktek.com

Sürüm 1.0
Kasım 2026 · TR

İçindekiler

Sayfa numaraları kapaktan sonraki gövdeye aittir.

00 Bu kılavuz nasıl kullanılır? 3
- 0.1 Kime yönelik, nereden başlamalı? 3
- 0.2 Semboller ve kutular 4
- 0.3 Sorumluluk ve sürüm 4
- 0.4 Parametre tabloları nereden gelir? 5

01 Güvenlik 6
- 1.1 Sınıf 4 lazer ve yansıma 6
- 1.2 Yangın, duman ve toz 8
- 1.3 Gazlar ve basınçlı hava 9
- 1.4 Elektrik, hareket ve bakımda LOTO 10
- 1.5 Yetki, KKD ve günlük güvenlik kontrolü 11

02 Makineyi tanıyın 13
- 2.1 Sistemin genel yapısı 13
- 2.2 Her parçanın görevi ve operatör kontrolü 15
- 2.3 Kesim kafasının iç yapısı 16
- 2.4 Elle odak ve otomatik odak kafa 17
- 2.5 Chiller: iki devre, sıcaklık ve yoğuşma 18
- 2.6 Tabla, palet ve yardımcı tesisatlar 19

03 Açma, homing, kalibrasyon, kapatma 20
- 3.1 Güvenli açma sırası 20
- 3.2 Homing: makinenin referansını bulması 21
- 3.3 Kapasitif yükseklik kalibrasyonu 22
- 3.4 İlk kurulum sırası ve nozul merkezleme 23
- 3.5 Kuru çalıştırma ve çerçeve kontrolü 24
- 3.6 Kapatma, donma ve uzun duruş sonrası 25

04 Çizimden kesime iş akışı 27
- 4.1 İşin tamamını planlayın 27
- 4.2 DXF / DWG hazırlama 28
- 4.3 İçe aktarma, katman ve parametre 29
- 4.4 Giriş ve çıkış hatları 30
- 4.5 Kerf telafisi ve mikro bağlantı 31
- 4.6 Kesim sırası, sac yerleşimi ve kenar bulma 32
- 4.7 Simülasyon, başlatma ve kaldığı yerden devam 33
- 4.8 Parça alma, ilk parça kontrolü ve kayıt 34

05 Nesting (yerleşim) 35
- 5.1 Yerleşimin amacı ve terimler 35
- 5.2 Otomatik ve elle yerleşim 35
- 5.3 Parça aralığı, kenar payı ve yön 36
- 5.4 Ortak kenar ve delik içine parça 37
- 5.5 Kesim sırası ve iyi yerleşim 37
- 5.6 Artık sacı kaydetme ve yeniden kullanma 38
- 5.7 İskeleti bölme ve verim hesabı 38
- 5.8 Yerleşim yazılımları ve son kontrol 39

06 Kesim teknikleri 40
- 6.1 Giriş ve çıkış hattı seçimi 40
- 6.2 Mikro bağlantı ve köprü 40
- 6.3 Köşe işleme ve güç–hız eğrisi 41
- 6.4 Küçük delikler 41
- 6.5 Flycut (uçarak kesim) 42
- 6.6 Leapfrog (kurbağa atlaması) 43
- 6.7 Ön delme, soğutma noktası ve sıra 43
- 6.8 Yeni tekniği devreye alma 44
- 6.9 Boru kesime kısa not 44

07 Gaz seçimi 45
- 7.1 Oksijen, azot ve hava nasıl çalışır? 45
- 7.2 Saflık ve basınçlı havanın hazırlanması 45
- 7.3 Gaz kaynağını seçme 46
- 7.4 Malzemeye göre gaz seçimi 48
- 7.5 Gaz gecikmesi ve hattı süpürme 48
- 7.6 Gaz maliyetini değerlendirme 49
- 7.7 Vardiya başlangıcı kontrolü 49

08 Güç seçimi 51
- 8.1 Güç, kalınlık ve hızın ilişkisi 51
- 8.2 Azami kalınlık özetini okuma 51
- 8.3 İnce sacda güç ve makine dinamiği 52
- 8.4 Kalın siyah sacda O_2 ve ışın yapısı 52
- 8.5 Doğru güç seçimi kontrol listesi 53
- 8.6 12–30 kW ile çalışmak 53

09 Kesim parametre tabloları 55
- 9.0 Tablolar nasıl okunur? 55
- 9.1 1 kW (1000 W) 57
- 9.2 1,5 kW (1500 W) 59
- 9.3 2 kW (2000 W) 61
- 9.4 3 kW (3000 W) 63
- 9.5 4 kW (4000 W) 65
- 9.6 6 kW (6000 W) 67
- 9.7 8 kW (8000 W) ★ 70
- 9.8 10 kW (10000 W) ★ 73
- 9.9 12 kW (12000 W) 76
- 9.10 15 kW (15000 W) 79
- 9.11 20 kW (20000 W) ★ 82
- 9.12 30 kW (30000 W) 85

10 Malzemeye özel notlar 87
- 10.1 Siyah sac: S235 ve S355 87
- 10.2 Paslanmaz: 304, 316 ve koruyucu folyo 87

10.3 Galvaniz: çinko kaplamayı hesaba katın 88
10.4 Alüminyum: yüzey oksidi ve çapak 88
10.5 Pirinç ve bakır: geri yansıma 89
10.6 Kaplamalı ve boyalı sac 89

11 Fokus, nozul ve yükseklik 91
11.1 Fokus işareti: + / 0 / – 91
11.2 Odak testini yapma 91
11.3 Otomatik odak ve lens odak uzaklığı 92
11.4 Nozul tipi ve çapı 93
11.5 Bant testiyle merkezleme 93
11.6 Nozul yüksekliği ve kapasitif sensör 94
11.7 Sapmayı ayırma ve kayıt 95

12 Delme 96
12.1 Delme yöntemi seçimi 96
12.2 Yükseklik, süre, frekans ve duty 97
12.3 Kalın sacda sıçrama ve ön delme 97
12.4 Delmeden kesime geçiş 98
12.5 Delme sorunları tablosu 98
12.6 Delme reçetesini kaydetme 99

13 Kesim kalitesi ve kusur teşhisi 100
13.1 Kalite kontrol listesi 100
13.2 Çapak ve kenar kusurları — teşhis tablosu 102
13.3 Tek parametre kuralı ve adım büyüklükleri 103
13.4 Kusur fotoğraf örnekleri 104

14 Lazer kaynakları 106
14.1 Lazer kaynağı ne yapar? 106
14.2 Güç, çekirdek çapı ve ışın kalitesi 106
14.3 Raycus, Maxphotonics (Max), IPG ve Reci 108
14.4 Tek modül ve çok modül yapısı 108
14.5 Parametreyi başka kaynağa taşıma 109
14.6 Çevre koşulları ve kaynak bakımı 109
14.7 Güç ölçümü ve performans takibi 110
14.8 Garanti ve servis için kaynak kaydı 110

15 Yazılım rehberleri 111
15.1 Ortak iş akışı ve terimler 111
15.2 CypCut 113
15.3 CypOne 115
15.4 CypNest ve HypCut 116
15.5 Raytools XC3000 serisi 117
15.6 Ermaksan Fibermak 118
15.7 Durma HD-FL — Siemens 119
15.8 Diğer yazılımlar ve CAM'den makineye dosya akışı 120

16 Bakım 122
16.1 Bakım planı ve sorumlular 122
16.2 Nozul değiştirme 123
16.3 Seramik halka değiştirme 123
16.4 Koruyucu cam kontrolü, temizliği ve değiştirme 124
16.5 Fokus/kolimasyon lensleri ve bakım sonrası doğrulama 125
16.6 Chiller bakımı 126
16.7 Gaz ve hava hattı bakımı 127
16.8 Mekanik bakım: ray, kremayer, kayış ve tabla 128
16.9 Duman emiş ve elektrik kabini 129

17 Sorun giderme 131
17.0 Belirti dizini 131
17.1 Kesmiyor / malzemeyi geçmiyor 132
17.2 Delmiyor 133
17.3 Kafa çarpıyor / yükseklik sensörü uyarısı 133
17.4 Koruyucu cam çabuk kirleniyor / yanıyor 134
17.5 Parça kalkıyor / devriliyor 135
17.6 Ölçü hatası / şekil kayması 135
17.7 Lazer kaynağı alarmları 136
17.8 Chiller alarmları 137
17.9 Gaz basıncı alarmları 137

90 Ekler 139
Ek A — Makine başı hızlı başvuru kartı 139
Ek B — Günlük kontrol formu: haftalık 7 gün 140
Ek C — Parametre değişiklik formu 141
Ek D — Terimler sözlüğü: Türkçe–İngilizce 142
Ek E — Servis için gereken bilgiler 144
Ek F — Kaynakça 144

00

Bu kılavuz nasıl kullanılır?

Makineyi güvenle hazırlamak, bir işi çizimden parçaya taşımak ve doğru denemeyi yapmak için bu kılavuzu makine başında kullanın.

0.1 Kime yönelik, nereden başlamalı?

Bu kitap, DOKTEK'ten fiber lazer kesim makinesi alan müşteriler ve eğitimli operatörler içindir. İşletme sorumlusu, bakım ekibi ve kalite görevlisi de aynı kontrol dilini kullanabilir. İlk kez çalışıyorsanız yalnız parametre tablosunu açarak kesime başlamayın. Önce güvenliği, makinenin parçalarını ve açma sırasını okuyun.

İhtiyacınız	Okuma yolu	Beklenen sonuç
İlk eğitim / yeni operatör	01 → 02 → 03 → 04; sonra gözetimli uygulama	Acil stopu, çalışma sınırını ve güvenli başlatmayı öğrenin.
Yeni malzeme / yeni kalınlık	07 → 08 → 09 → 10 → 11 → 12	Gazı, reçeteyi ve delme yöntemini doğrulayın.
Parça kalitesi bozuldu	13; ardından 11, 12 ve 17	Görünen kusurdan kontrollü denemeye gidin.
Vardiya başı / sonu	03, 16 ve 90'daki kontrol formları	Makineyi aynı sırayla hazırlayın, durumu kaydedin.
Yazılım farklı görünüyor	15 ve makinenizin yazılım kılavuzu	Aynı işlevi kendi sürümünüzde bulun.

Bölüm başındaki büyük sayı ana konuyu gösterir. İçindekiler hem ana bölümü hem alt başlığı listeler. Sayfa numarası kapaktan sonra 1'den başlar. Bir bağlantı sizi ilgili alt başlığa götürür; basılı nüshada İçindekiler'den numarayı bulun.

> **Üç bilgiyi birlikte okuyun**
>
> **Açıklama** parçanın görevini anlatır. **Prosedür** uygulama sırasını verir. **Dikkat** kutusu işlemi durdurmanız gereken koşulu belirtir. "Neden?" paragrafı kontrolün hangi hatayı önlediğini açıklar.

Tablo değerini kullanmadan önce makinenizin lazer kaynağı gücünü, fiber çekirdeğini, kafa modelini ve optik oranını belirleyin. Etiketi okuyamadığınız bir parçanın özelliklerini tahmin etmeyin. Devreye alma kaydını veya DOKTEK servis bilgisini kullanın.

Bu kitapta fotoğraf yerine görülen kesik çizgili alanlar DOKTEK makinesinden eklenecek fotoğraf veya ekran görüntüsü yeridir. SVG çizimler işlevi açıklar; gerçek ürünün ölçülü imalat resmi değildir. Ekran yerleşimleri ve menü adları sürüme göre değişebilir.

0.2 Semboller ve kutular

İşaret	Anlamı	Nasıl davranın?
★	DOKTEK türetilmiş veya ara değer	Üretici ölçümü saymayın; deneme kesimiyle doğrulayın.
◆	Üreticinin deneme değeri	Seri üretim reçetesi olarak kullanmayın.
◯ S	Tek kat nozul	Çapı ve kafa uyumluluğunu birlikte kontrol edin.
◎ D	Çift kat nozul	S ile aynı çapta olsa bile eşdeğer varsaymayın.
+ / – / 0	Fokus: yüzeyin üstü / malzemenin içi / üst yüzey	Yazılımın işaret yönünü üretici tanımıyla karşılaştırın.
O_2	Turuncu: oksijen	Oksijen hattına yağ veya gres bulaştırmayın.
N_2	Mavi: azot	Kapalı alanda boğulma riskini unutmayın.
Hava	Gri: basınçlı hava	Kuru, yağsız ve filtreli beslemeyi doğrulayın.

Gaz renkleri bu kitabın okuma kolaylığı içindir; tüp rengi, boru standardı veya hortum bağlantı kodu değildir. Sahadaki gazı etiketi ve tesisat tanımıyla belirleyin. Renk tek başına tanımlama için yeterli değildir.

Dikkat

Yaralanma, yangın veya makine hasarı doğurabilecek koşulu belirtir. Önce tehlikeyi giderin.

İpucu

Doğru işi daha tutarlı yapmanıza yardım eder. Güvenlik kontrolünün yerine geçmez.

Bilgi

Donanım, terim veya uygulama farkını açıklar. Birden fazla geçerli yöntem olduğunda hangi kılavuza bakacağınızı söyler.

0.3 Sorumluluk ve sürüm

Değerler bilgi amaçlıdır; makinenizin üretici tablosu ve DOKTEK servisinin önerisi önce gelir. Malzeme partisi, gaz kalitesi, optik durum, yazılım ve mekanik ayar değiştikçe sonuç değişebilir. Parametre tablosu güvenlik eğitimi, işletme risk değerlendirmesi veya yetkili bakım talimatı yerine geçmez.

Sürüm 1.0 · Türkçe · Kasım 2026. Makine başına kullanılan nüshada seri numarasını, kontrol sistemini ve yerel reçete sorumlusunu kaydedin. Başarılı ayarı tarih ve malzeme bilgisiyle saklayın; kontrolsüz değişikliği ana reçetenin üzerine yazmayın.

0.4 Parametre tabloları nereden gelir?

İki yaklaşımı ayırın. Kapalı üretici kütüphanesi modelinde TRUMPF, makineyle sınanmış lazer teknoloji tabloları (LTT) ve yönlendirmeli optimizasyon sunar. Amada AP100 yardımındaki tablo salt okunur referanstır; düzenleme özel erişim gerektirir. TRUMPF tablosunun üzerine yazma yetkisi bu kaynakta açıklanmaz. Açık kütüphane modelinde CypCut katman parametrelerini düzenleyip malzeme kütüphanesine kaydedebilirsiniz; Raytools XC3000 malzeme → kalınlık ağacında içe/dışa aktarma sağlar.

Her tablonun dayanağını birlikte okuyun: tabloyu yayımlayan kaynak ve belge tarihi, lazer kaynağı modeli/gücü, fiber çekirdek çapı, kafa modeli, kolimasyon ve fokus optiklerinin odak uzunlukları. Malzeme, gaz saflığı/basıncı ve nozul da aynı koşul takımına aittir. Eksik bilgiyi eşdeğer varsaymayın; üreticiden doğrulayın. Aynı güç, aynı optik düzen anlamına gelmez.

Raycus'un yayımladığı standart çıkış çekirdekleri aşağıdadır. Bunlar bütün Raycus modellerinin veya bu kılavuzdaki her tablonun donanım tanımı değildir; kurulu model belgesini esas alın.

Güç	Raycus notundaki çekirdek çapı
≤1 kW	25 µm
1,5 / 2 / 3 kW	50 µm
4–20 kW	100 µm
30 kW	200 µm; 150 µm seçeneği

Üreticilerin "yalnız referans" kaydını koruyun. Bodor, değerleri gerçek kesime göre ayarlamanızı; CypCut, lazer kaynağı ve gaz düzeni değişince parametrelerin farklılaşabileceğini belirtir. Bir tabloyu makineniz için seri üretim garantisi saymayın.

Kendi makinenizde denediğiniz reçeteyi kendi malzeme kütüphanenize ayrı kayıt olarak kaydedin. Malzeme/kalınlık, gaz, kafa/optik ve nozul bilgisini sonuçla birlikte saklayın. Başlangıç tablosunu koruyun; başarılı ayarı yeniden kullanırken koşulların aynı olduğunu doğrulayın. Menü adları sürüme göre değişebilir.

TRUMPF LTT · Amada AP100 · CypCut V6.5 · Raytools XC3000 · Raycus · Bodor

01

Güvenlik

Lazer, hareket, elektrik, gaz ve sıcak metal tehlikelerini birlikte yönetin. Koruma düzeni çalışmıyorsa üretimi başlatmayın.

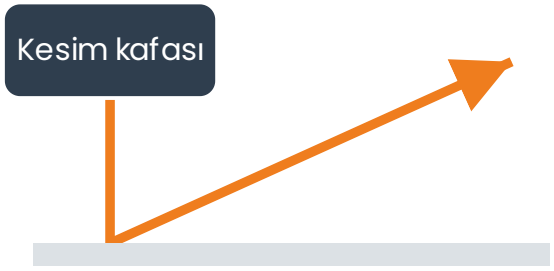
1.1 Sınıf 4 lazer ve yansıma

Kesim kaynağı Sınıf 4 lazer tehlikesi oluşturur. Endüstriyel fiber kesim sistemlerinin yaklaşık 1064–1080 nm yakın kızılötesi ışını görünmezdir. Görünür kırmızı işaret ışığı kesim ışınının kendisi değildir. Parlaklık görmemeniz, ışının bulunmadığı anlamına gelmez. Doğrudan ışın, ayna gibi yansıma ve tehlikeli saçılma göz veya ciltte ağır hasar oluşturabilir.

IEC 60825-1'e göre, kilitlemeli ve doğrulanmış kapalı kabinli makine normal kullanımda Sınıf 1 olabilir; içindeki lazer kaynağı Sınıf 4'tür. Kabin açıldığında veya servis sırasında erişim koşulu değişir. Kesim bölgesine, nozula veya yansıyan yüzeye bakarak ışın kontrolü yapmayın.

! Muhafaza ve perdeyi ayırın

ISO 11553-1:2020, lazer işleme makinelerinde lazer ışınımı güvenliğini ele alır; EN 12626'nın yerini alan standart serisidir. Kesim bölgesini çevreleyen koruyucu muhafaza için IEC 60825-4:2022'yi esas alın. EN 12254 perdelerinin kapsamı en fazla 100 W ortalama güç veya darbe başına 30 J ile sınırlıdır; kW sınıfı kesim makinesinde birincil koruma olarak kullanmayın. ISO 11553-1:2020 duman ve yangın gibi diğer tehlikeleri kapsamaz; bunları işletmenin risk değerlendirmesinde ayrıca ele alın.



Kapalı, kilitli kabin

Işın yolu ve yansıma içeride tutulur.

Gözlük tek başına kabinin yerine geçmez.

Şematik gösterim. Gerçek yansıma yönü ve şiddeti kesim sırasında değişebilir.

Göz ve cilt koruması

Yalnız optik yoğunluk (OD) değeri yetmez. EN 207:2017 işaretli lazer gözlüğü kullanın. İşaret; dalga boyunu, çalışma modunu ve LB koruma düzeyini belirtir; örneğin D 1064 nm LB6, sürekli dalga (D) için bir ürün işareti örneğidir, her makine için seçim önerisi değildir. Gerçek dalga boyuna, çalışma moduna ve maruziyet değerlendirmesine uygun LB düzeyini lazer güvenlik sorumlusuna doğrulatın. Genel amaçlı renkli gözlük, kaynak maskesi veya güneş gözlüğünü eşdeğer saymayın. Gözlüğü çizik, çatlak, kir ve oturuş yönünden inceleyin.

Kabin gözlem camını sıradan cam veya plastikle değiştirmeyin. Uygun dalga boyu koruması, çerçeve ve sızdırmazlık bütünlüğü birlikte gereklidir. Camın hasarını, kararmasını veya işaretinin okunamamasını sorumluya bildirin. Açık ışın servis işlemi yalnız yetkili ekibin tanımlanmış alanında yapılır.

Kapı ve kilitler

Kapı, bakım kapağı, palet alanı koruması ve emniyet kilitlerini atlatmayın (bypass yapmayın). Anahtar, mıknatıs, bant veya yazılım müdahalesiyle kilidi yanıltmayın. Kilit arızasında makineyi durdurun ve yetkili servise bildirin.

Neden? İnsan gözü görünmez ışına karşı zamanında kaçınma tepkisi veremez. Mühendislik koruması, kişisel koruyucu donanımdan önce gelir.

1.2 Yangın, duman ve toz

Dumanın tehlikeli madde emisyonunu risk değerlendirmesinde EN 1093 ve ISO 14123-1/-2 ile, emiş ekipmanının ayırma verimi testini ise ISO 21904-2:2020 ile ele alın; Ek F'deki atıfları kullanın.

Lazer sıcak metal, kıvılcım ve cüruf üretir. Yağlı sacı, bilinmeyen kaplamayı, kartonu, ambalajı ve temizleme bezlerini kesim bölgesinden uzak tutun. Tabla altını ve cüruf kutusunu vardiya planına göre kontrol edin. Birikmiş ince metal, yağ ve toz karışımı uzun süre sıcak kalabilir; iş bittiğinde için için yanma olabilir.

Alüminyum tozunu ve diğer yanıcı metal tozlarını genel atölye süpürgesiyle toplamayın. Emiş ve filtre sistemi kesilecek malzemenin yangın ve patlama riskine uygun olmalıdır. Malzeme değiştirirken filtre üreticisinin karışık metal tozu ve kıvılcım yönetimi talimatını izleyin. Islak toz toplama sistemini yalnız uygun tasarım ve üretici talimatıyla kullanın.

Kaynak	Risk	Kontrol
Yağ, kaplama, koruyucu folyo	Alev, yoğun duman, bilinmeyen ayrışma ürünleri	Malzeme güvenlik bilgisini ve folyonun lazer uygunluğunu doğrulayın.
Galvaniz / çinko	Çinko oksit dumanı; metal dumanı ateşi	Kaynağında filtreli emiş kullanın; dumanı solumayın.
Paslanmaz	Krom VI dahil tehlikeli metal bileşikleri oluşabilir	Uygun emiş, filtreleme ve maruziyet değerlendirmesi sağlayın.
Bakır ve alaşımları	Metal dumanı ve alaşım elementleri	Malzeme bileşimini bilin; genel havalandırmaya güvenmeyin.
Sıcak cüruf ve filtre	Gecikmeli yangın	Biriktirmeyin; soğuma ve atık yönetimi prosedürünü izleyin.

Yangında ilk davranış

Amaç: İnsanları koruyup olayın yayılmasını önleyin. **Gerekenler:** İşletmenin yangın planı, açık kaçış yolu ve uygun söndürücü.

1. Kesimi durdurun ve tehlike varsa acil stopa basın. Çevredekileri uyarın.
2. Güvenliyse gaz/enerji beslemesini işletme planındaki güvenli noktadan kesin; tehlikeli bölgeye girmeyin.
3. Yangın alarmını verin. Eğitimli değilseniz veya kaçış yolu güvenli değilse tahliye olun.
4. Yalnız eğitimli kişi başlangıç yangınına uygun söndürücüyle müdahale etsin.

Söndürücü sınıfını malzemeye göre seçin

Yanıcı metal yangını için uygun D sınıfı ajan gerekir; her D ajan her metale uymaz. Yağ/yanıcı sıvı, katı madde ve elektrikli ekipman için uygunluk farklıdır. İşletmenin risk değerlendirmesine göre etiketli cihaz bulundurun. Metal yangınına suyu veya genel amaçlı söndürücüyü rastgele uygulamayın.

Neden? Kapıyı açmak oksijeni artırabilir ve dumanı çalışma alanına yayabilir. Emiş arızalıyken kesmek, kabin içindeki dumanın çalışanlara ulaşmasına yol açar.

Boğaz tahrişi, baş ağrısı, ateş benzeri yakınma veya yoğun duman maruziyetinde işi durdurun, temiz alana çıkın ve işyeri acil sağlık prosedürünü uygulayın. Belirtiyi "alışılır" diye geçiştirmeyin.

1.3 Gazlar ve basınçlı hava

O_2 yanıcı değildir fakat yanmayı şiddetlendirir. Oksijenle temas eden yağ, gres ve uyumsuz malzemeler tutuşma ve şiddetli yangın/patlama riski doğurur. Oksijen regülatörüne, valfine, bağlantısına ve eldiveninize yağ bulaştırmayın. Oksijen hattını yağlamak veya parçayı oksijenle temizlemek yasaktır.

N_2 kokusuzdur; kaçak kapalı veya çukur bir alanda oksijeni azaltabilir. Nefesle fark etmeye güvenmeyin. Azot depolanan/beslenen alan için havalandırma ve gerektiğinde oksijen izleme sistemi işletme değerlendirmesiyle kurulmalıdır. Şüpheli alana arkadaşınızı kurtarmak için korumasız girmeyin; acil yardım çağırın.

Kontrol noktası	Uygulama
Tüp	Dik konumda uygun sabitlemeyle tutun. Taşırken uygun araba ve valf koruması kullanın. Tüpü yuvarlamayın veya regülatörden kaldırmayın.
Regülatör	Gaz türüne ve besleme basıncına uygun, bakımı yapılmış regülatör kullanın. Uymayan bağlantıyı adaptörle zorlamayın.
Hortum / boru	Kesik, yanık, şişme, sürtünme ve gevşek bağlantı arayın. Basınç altında somun sıkmayın.
Kaçak testi	Gaza uygun kaçak tespit ürünü veya onaylı yöntem kullanın. Alevle veya elle aramayın.
Valf	Üretici sırasıyla, yavaş açın; regülatörün önünde durmayın. Sıkışmış valfi zorlamayın.
Hava	Kompresör, kurutucu ve filtreyi birlikte kontrol edin. Gaz/hava hattının izin verilen basıncını aşmayın.

Gaz hattına müdahale

Amaç: Bağlantıyı enerji boşaltılmış durumda açın. **Gerekenler:** Yetki, doğru gaz ekipmanı ve işletmenin gaz izolasyon planı.

1. Kesimi durdurun. Lazer emisyonunu devre dışı bırakın ve güvenli park yapın.
2. İlgili besleme valfini kapatın; yetkisiz açılmasını önleyin.
3. Hattın basıncını tanımlanmış boşaltma noktasından güvenle giderin. Manometrede sıfırı ve yeniden basınçlanmama durumunu doğrulayın.
4. Uygun ekipmanı takın. İş bitince gazı kontrollü açın ve onaylı kaçak kontrolünü yapın.

> **Basınçlı gazla temizlik yapmayın**
>
> Vücudunuza, kıyafetinize veya başka bir kişiye hava/gaz tutmayın. Basınçlı hava parçacık fırlatır, cilde zarar verir ve tozu havaya kaldırır. Hat açmadan önce kalan basıncı giderin.

Neden? Vanayı kapatmak hortum içindeki depolanmış enerjiyi boşaltmaz. Oksijenle uyumsuz bir malzeme, küçük bir sızıntıyı ağır olaya dönüştürebilir.

1.4 Elektrik, hareket ve bakımda LOTO

Elektrik panosu, lazer kaynağı, servo sürücüler ve kompresör yalnız yetkili personel tarafından açılır. Ana şalter kapalı olsa bile kondansatörlerde enerji kalabilir. Gerilim yokluğunu uygun ölçümle doğrulama ve üreticinin boşalma süresini bekleme elektrik yetkilisinin işidir. Operatör sigorta köprülemez veya pano içinden arıza aramaz.

Koruyucu topraklama, makine güvenliği için gereklidir. Sac ile tabla arasındaki temas kapasitif ölçümü etkiler; bu temas, elektrik tesisatının koruyucu topraklamasının yerine geçmez. Gevşek topraklama, hasarlı kablo, yanık kokusu veya elektrik çarpması hissinde makineyi durdurun ve yetkiliye bildirin.

Portal, Z ekseni, palet değiştirici ve hidrolik/pnömatik mekanizmalar ezilme ve sıkışma noktalarıdır. Koruma sınırının içine uzanmayın. Palet altında kimse bulunmasın. Ağır sac ve iskeleti kaldırırken uygun kaldırma ekipmanı kullanın; kesim tablasını insan taşıma platformu olarak kullanmayın.

Kilitleme–etiketleme: LOTO

Amaç: Bakım sırasında beklenmedik başlatmayı ve depolanmış enerjinin açığa çıkmasını önleyin. **Gerekenler:** İşletmeye özgü enerji izolasyon planı, yetkili bakım personeli, kişisel kilit/etiket ve doğrulama araçları.

1. İşi tanımlayın. Lazer, elektrik, gaz, pnömatik/hidrolik, yerçekimi ve sıcak yüzey enerji kaynaklarını belirleyin; etkilenenleri bilgilendirin.
2. Makineyi normal sırayla durdurun. İlgili enerjileri gerçek izolasyon noktalarından ayırın.
3. Kişisel kilit ve etiketleri takın. Grup bakımında işletmenin grup LOTO yöntemini uygulayın.
4. Basıncı boşaltın; hareketli/aşağı düşebilecek parçaları güvenli mekanik destekle sabitleyin. Sıcak parçaların soğumasını bekleyin.
5. Enerjisiz durumu yetkili yöntemle doğrulayın. Kontrollü başlatma denemesi yapılacaksa çevrenin güvenli olduğunu doğrulayın; ardından kumandayı kapalı konuma getirin.
6. Bakımı bitirin. Aletleri ve destekleri tanımlı sırayla kaldırın, korumaları yerine takın, insanları uzaklaştırın.
7. Kilitleri yalnız tanımlı yetki ve prosedürle kaldırın. Enerjiyi kontrollü verin ve korumaları doğrulayın.

> **! Acil stop enerji izolasyonu değildir**
>
> Acil stop hareketi/tehlikeli işlemi durdurmak içindir; ana enerji kesici veya kişisel kilit değildir. Yazılımda “ışın kapalı” görünmesi de bakım için tek başına yeterli değildir. Kilidi başkası adına gelişigüzel kaldırmayın.

Neden? Alarm sıfırlaması, uzaktan komut veya otomatik çevrim beklenmeyen hareket başlatabilir. Enerjisiz durumu doğrulamak yalnız bir düğmeye basmaktan daha kapsamlıdır.

1.5 Yetki, KKD ve günlük güvenlik kontrolü

Makineyi yalnız eğitim almış ve yetkilendirilmiş operatör kullansın. Eğitim; normal kesimi, gaz değişimini, alarmda davranışı, acil stopu, yangın planını ve yasak servis müdahalelerini kapsasın. Yeni operatör ilk uygulamayı gözetim altında yapsın. Ziyaretçiyi işaretli güvenli alanda tutun.

KKD	Seçim / kullanım	Sınır
Göz koruması	Parça alma/çapak için uygun darbe gözlüğü; lazer erişimi olan yetkili görevde dalga boyu, çalışma modu ve LB düzeyi uygun EN 207 işaretli lazer gözlüğü; yalnız OD yetmez	İki koruma birbirinin yerine geçmez; kabini açarak üretim yapmayın.
Kesilmeye dayanıklı eldiven	Sac ve iskelet taşırken uygun sınıf; sıcak parça için ayrıca ısıl uygunluk	Hareketli mekanizmaya yaklaşma izni vermez.
İş ayakkabısı	Burun ve taban koruması; zemine uygun kaymazlık	Ağır sacı güvenli kaldırmanın yerine geçmez.
İş kıyafeti	Uygun kapalı kıyafet; bol kol, takı ve sarkan parça olmasın	Kıvılcım ve sıcak metal için risk değerlendirmesine uyun.
İşitme koruması	Ölçülen gürültü ve işyeri planına göre	Uyarıları duymayı sağlayan çalışma düzeni gerekir.
Solunum koruması	Maruziyet değerlendirmesi, uygun filtre/maske, uyum testi ve eğitimle	Arızalı emişi telafi etmek için kesime devam etmeyin.

Günlük güvenlik kontrolü

Amaç: Vardiyaya korumaları çalışır durumda başlayın. **Gerekenler:** Vardiya formu, yetki ve üreticinin emniyet test yöntemi.

1. Kaçış yollarını, söndürücü erişimini ve çalışma sınırını açın. Tabla altında yanıcı birikim ve soğumamış cüruf arayın.
2. Kapıları, gözlem camını, kilitleri ve palet alanını gözle kontrol edin. Fonksiyon testini yalnız üretici yönteminde, ışın üretmeden ve güvenli koşulda yapın.
3. Acil stoplara erişimi kontrol edin. Test ve yeniden devreye alma sırasını üretici planına göre uygulayın; koruma testini kesim yaparak denemeyin.
4. Emiş/filtre, chiller, gaz ve hava hattını kontrol edin. Kaçak, alarm ve kırık bağlantı varsa kaydedin.
5. Makine çevresinde kimse olmadığını, bakım kilidi bulunmadığını ve önceki vardiyanın açık işi kalmadığını doğrulayın.
6. Kontrolü imzalayın. Kusuru sorumluya aktarın; tehlikeli uygunsuzluk kapanmadan kesime başlamayın.

> **Acil duruş sonrası**
>
> Önce insanları ve tehlikenin nedenini kontrol edin. Acil stopu çevirip sıfırlamak, yeniden başlatma izni değildir. Kafa/sac konumunu, eksen referansını, paleti ve kalan programı inceleyin; gereken referans ve kalibrasyonu tamamlayın.

Neden? İmzalı kontrol, yalnız yapılmış kontrolün kaydıysa anlamlıdır. Tekrarlanan emniyet arızasını alışkanlıkla sıfırlamak tehlikeyi görünmez kılar.

Güvenlik uygulamalarını makinenin emniyet talimatı, işletme risk değerlendirmesi, gaz tedarikçisi bilgisi ve yetkili servis prosedürüyle birlikte uygulayın.

Mevzuat ve uygunluk

20 Ocak 2027'den itibaren AB'de piyasaya arz edilen makineler için (AB) 2023/1230 Makine Tüzüğü uygulanır. Türkiye'de Makine Emniyeti Yönetmeliği, 16 Ekim 2026 tarihli ve 33402 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmıştır; hükümlerinin çoğu 20 Ocak 2027'de yürürlüğe girer. Makinenizin piyasaya arz tarihi ve değişiklik geçmişine göre geçerli şartları üretici/yetkili kuruluşla doğrulayın.

Türkiye yönetmeliğine göre dijital kullanım talimatı basılabilir veya indirilebilir olmalı ve en az 10 yıl çevrimiçi kalmalıdır. Kullanıcının talebinde kısa kâğıt nüsha bir ay içinde ücretsiz sağlanmalıdır. Güç yükseltmesi veya koruyucu düzenin değiştirilmesi esaslı değişiklik sayılabilir. Bu kutu hukuki uygunluk kararı değildir; talimatın sunumunu ve değişiklik sonrası uygunluk değerlendirmesini üretici/yetkili kuruluşla doğrulayın.

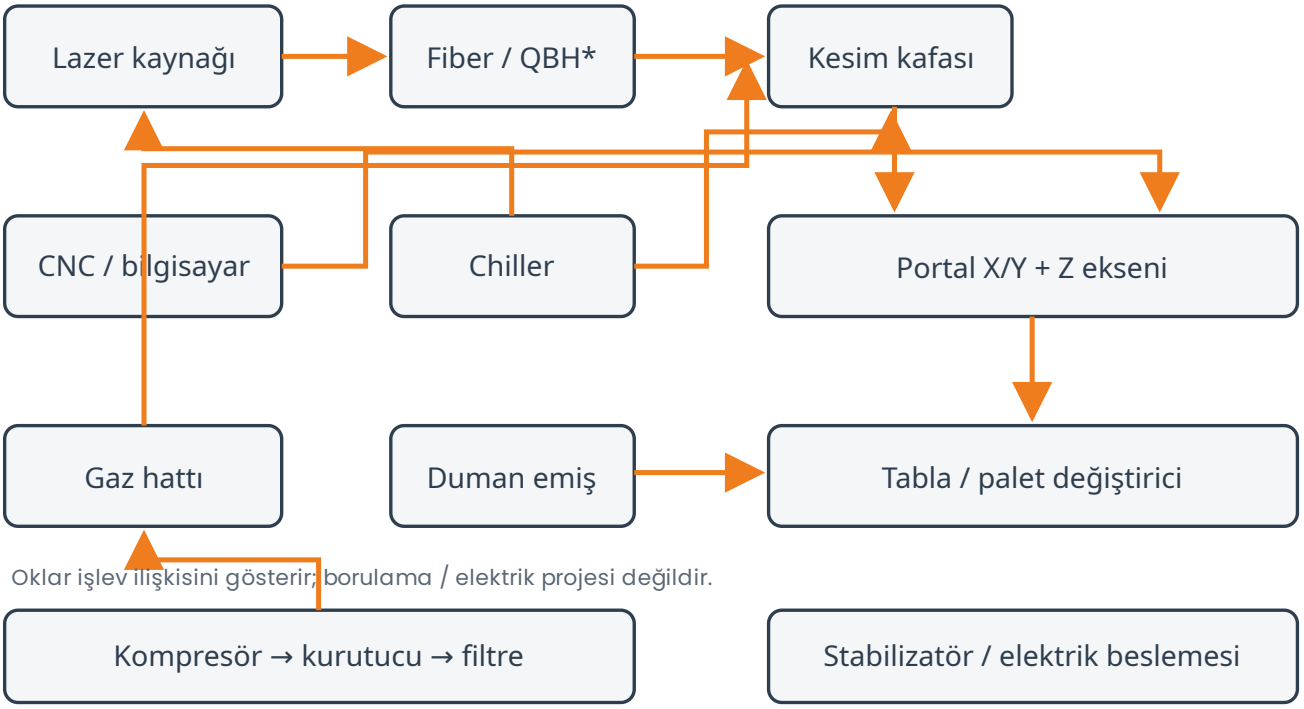
02

Makineyi tanıyın

Kesim tek bir cihazın işi değildir. Işın, hareket, soğutma, gaz ve emiş aynı anda doğru çalışmalıdır.

2.1 Sistemin genel yapısı

Lazer kaynağı ışığı üretir; iletim fiberi ışığı kesim kafasına taşır. Kafa ışını odaklar ve yardımcı gazı kesim bölgesine yönlendirir. Portal X/Y eksenleri çizim yolunu izler. Z ekseni nozulun sac yüzeyine uzaklığını düzenler. Kontrol sistemi bu hareketi, ışını, gazı ve delme zamanlamasını eşleştirir.



*QBH yaygın bir fiber bağlantı tipidir; gerçek makinedeki konnektör farklı olabilir. Konnektöre operatör müdahale etmez.

Şemada ardışık görünen kutuların hepsi fiziksel olarak arka arkaya durmaz. Chiller kaynak ve kafayı soğutur; gaz hattı kafaya bağlanır; emiş tabla altından duman çeker. Stabilizatör varsa elektrik beslemesini düzenler. Kompresör yalnız hava kesimi için değil makinenin pnömatik işlevleri için de kullanılabilir; üretici şemasını inceleyin.

Makine kimlik kartını hazırlayın

Makine modelini/seri numarasını, lazer kaynağı marka/gücünü, kafa modelini, kontrol sistemi sürümünü, chiller modelini ve gaz besleme türünü kaydedin. Aynı görünümlü makinelerde farklı kaynak veya kafa bulunabilir.



DOKTEK makinesinin genel görünümü, kesim kafası ve kontrol bilgisayarı.

2.2 Her parçanın görevi ve operatör kontrolü

Parça	Görevi	Operatör neyi kontrol eder?
Lazer kaynağı	Kesim ışınını üretir; emisyon iznini ve alarmları yönetir.	Hazır durumu, alarm, soğutma şartı; gövde açılmaz.
İletim fiberi / QBH	Işını kafaya iletir.	Dıştan ezilme, aşırı bükülme, çekilme; bağlantı sökülmez.
Kesim kafası	Kolimasyon/odaklama, koruyucu optik ve gaz akışını sağlar.	Alarm, fokus, cam/nozul durumu, gaz sızdırmazlığı.
Portal X/Y	Konturu yatay düzlemde izler.	Yolun boşluğu, olağandışı ses, hareket alarmı.
Z ekseni / kapasitif sensör	Nozul yüksekliğini izler ve sacı takip eder.	Kalibrasyon, seramik/nozul, sac teması ve çarpışma izi.
Tabla / destek lamaları	Sacı taşır; ışın ve ergiyik alta geçer.	Cüruf birikimi, eğri lama, küçük parça devrilme riski.
Palet değiştirici	Yükleme tablası ile kesim tablasını değiştirir.	Kilit, konum, alanın boşluğu ve yük dağılımı.
CNC / bilgisayar	Çizimi hareket ve işlem komutlarına çevirir.	Doğru dosya, ölçü, katman, orijin, parametre ve alarm.
Chiller	Kaynak/kafa ısısını uygun aralıkta tutar.	Seviye, sıcaklık, akış/alarm ve kaçak; uygun soğutucu.
Gaz hattı	Yardımcı gazı uygun basınç ve debide verir.	Gaz türü, doluluk, kaçak, dinamik basınç.
Duman emiş / filtre	Kesim dumanını kaynağında toplar.	Çekiş, filtre/alarm, kıvılcım ve toz yönetimi.
Kompresör / kurutucu / filtre	Gerekli basınç ve kalitede hava sağlar.	Yoğuşma tahliyesi, kurutucu ve filtre durumu.
Stabilizatör / besleme	Elektrik girişini makine şartına uygun tutar.	Alarm ve besleme durumu; ölçüm/onarım yetkiliye aittir.

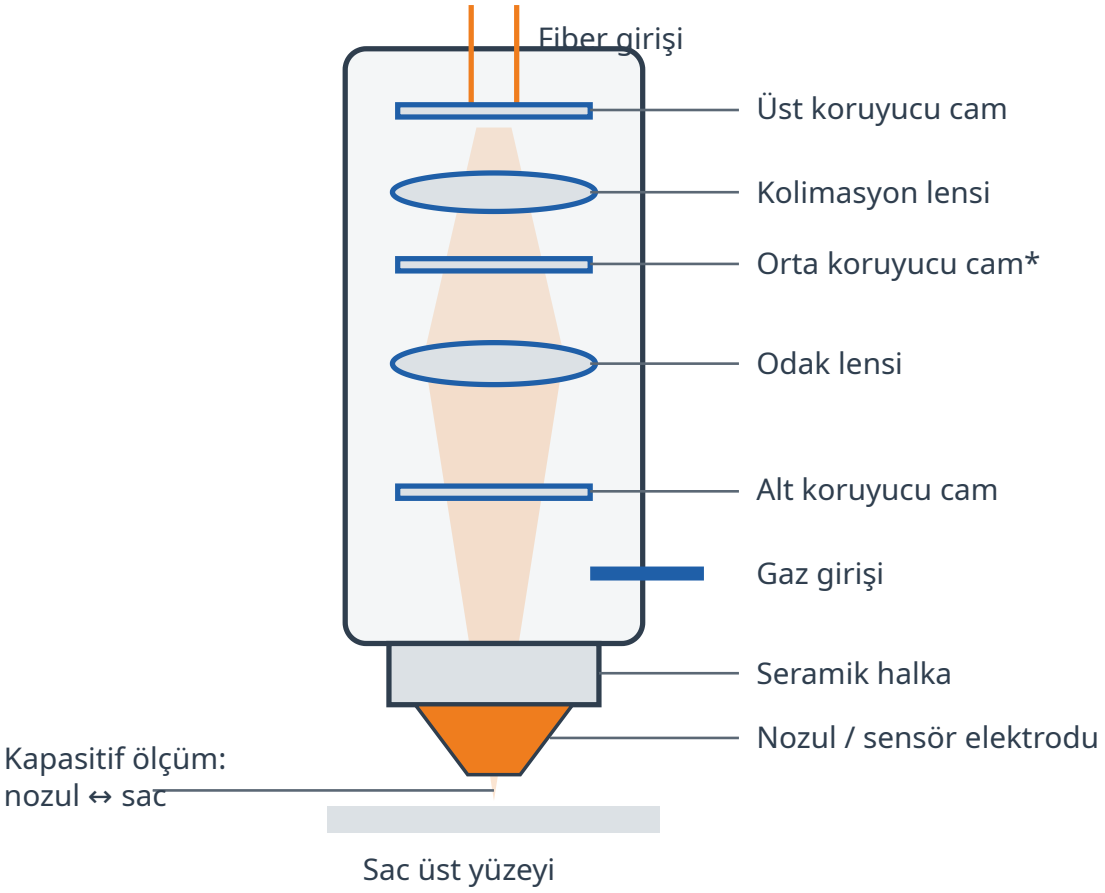
Bir alarmı tek bileşene indirgemeyin. Kaynak “hazır değil” uyarısı chiller koşulundan; yükseklik hatası kötü sac temasından; gaz basıncı düşmesi yetersiz hat debisinden kaynaklanabilir. Belirtiyi, ne zaman başladığını ve birlikte görülen alarmları kaydedin.

✓ Etiketi okuyun, tahmin etmeyin

Lazer kaynağı markası kafa markası değildir. Optik oranı kolimasyon/odak lenslerinin odak uzaklıklarını anlatır; fiber çekirdeği farklı bir özelliktir. Parametre tablosu eşleştirmesinde bu bilgileri ayrı ayrı kullanın.

2.3 Kesim kafasının iç yapısı

Kesim kafası ışını küçük bir noktada toplarken gazı aynı eksende sac yüzeyine verir. Aşağıdaki çizim işlevsel bir kesittir. Üst/orta/alt koruyucu camın sayısı, konumu ve adı modele göre değişir; bazı kafalarda üç ayrı cam bulunmaz. Parça siparişini bu çizime göre vermeyin.



*Şematik model. Parça yerleşimi ve servis erişimi kendi kafa kılavuzuna göre belirlenir.

Kolimasyon lensi fiberden çıkan ışının demetini düzenler. **Odak lensi** ışını kesim bölgesine toplar. **Koruyucu cam** pahalı optiği toz ve sıçramaya karşı korur; kirlenirse ışını soğurup ısınabilir. Çizik veya yanık camı kullanmaya devam etmeyin.

Seramik halka nozul bağlantısında elektriksel yalıtım ve modele bağlı mekanik koruma sağlar. Çatlak veya gevşek seramik yüksekliği kararsızlaştırabilir. **Nozul** gazı şekillendirir; aynı zamanda kapasitif algılamanın elektrodudur. Ezik uç, çapak veya yanlış sıkma hem akışı hem ölçümü bozar.

> **Optik yolu açmak servis işidir**
>
> Üst lensleri veya fiber bağlantısını rutin kontrol için sökmeyin. Koruyucu cam erişimini yalnız eğitim ve üretici prosedürü kapsamında, güvenli enerji durumunda ve temiz ortamda yapın.

2.4 Elle odak ve otomatik odak kafa

Fokusun fiziksel konumunu bu kılavuzda sac üst yüzeyine göre anlatırız: + yüzeyin üstü, – malzemenin içidir. Ancak tabloların geldiği Raytools kafa/CypCut kontrol düzeninde fokus değeri nozul ucuna göredir; Raytools bant noktalamasında sıfır nozul ucudur. Bu işaret kuralıyla **yüzeye göre fokus ≈ kontrolcü değeri + nozul yüksekliği**. Kontrolcü 0, yükseklik 1 mm ise odak sacın ≈1 mm üstündedir; kontrolcü -1 mm, yükseklik 1 mm ise yüzeydedir. Kendi kontrolcünüzün referansını ve işaretini kullanım kılavuzundan doğrulayın. Nozul yüksekliği ile iç optiğin fokus ayarını birbirinin yerine kullanmayın.

Raytools BM115 · Friendess CypCutPro

Özellik	Elle odak	Otomatik odak
Ayar	Üreticinin halka/ölçek mekanizmasıyla yapılır.	Motor iç optiği reçete değerine götürür.
Malzeme değişimi	Operatör ayarı kontrol eder ve kaydeder.	Katman veya işlem reçetesi farklı fokus çağırabilir.
Referans	Ölçek ve odak sıfırı doğrulanır.	Motor referansı, yazılım işaret yönü ve mekanik sıfır doğrulanır.
Hata olasılığı	Yanlış ölçek, gevşek kilit, hatalı okuma	Yanlış reçete, referans kaybı, hareket/alarm sorunu
Ortak gereklilik	Doğru nozul, merkezlenmiş ışın, sağlam seramik, temiz cam ve kapasitif kalibrasyon	

Odak tipini işe hazırlama

Amaç: Tablodaki fokus değerini doğru mekanizmayla uygulayın. **Gerekenler:** Kafa modeli, kafa kılavuzu ve onaylı reçete.

1. Kafa modelinden elle/otomatik odak tipini belirleyin. Dış görünüşten karar vermeyin.
2. Elle odakta lazeri güvenli duruma alın; üretici yönteminde ayar ölçeğini kullanın ve kilidi kontrol edin.
3. Otomatik odakta hazır/referans durumunu ve komut edilen değeri kontrol edin. Alarm varken zorla devam etmeyin.
4. İşaret yönünü doğrulayın. Bu kitapta + üstte, – içeridedir; yazılımdaki tanım farklıysa üreticinin dönüşümünü kullanın.
5. Uygun deneme kuponunda kesimi doğrulayın; ayarı reçeteye kaydedin.

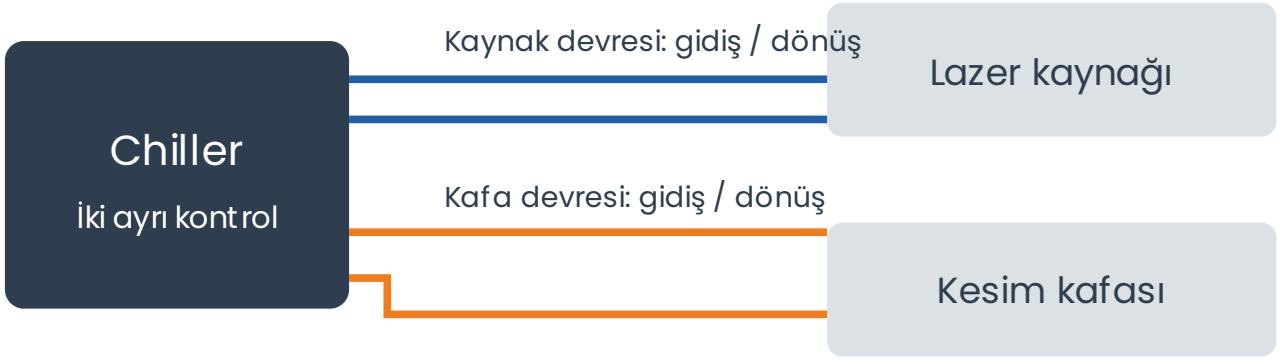
> **Fokus sıfırı ile kapasitif sıfır farklıdır**
>
> Kapasitif kalibrasyon nozul–sac mesafesini öğrenir. Optik fokus sıfırını kendiliğinden düzeltmez. Kafanın sacı düzgün takip etmesi optik odak ayarının doğru olduğunu kanıtlamaz.

Neden? Yanlış fokus enerji dağılımını ve kesim aralığını değiştirir. Yanlış nozul yüksekliği ise gazın kesim kanalına girişini ve çarpışma riskini etkiler.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **elle odak ölçeği ve otomatik odak kafanın model etiketi; enerji güvenli durumda**

2.5 Chiller: iki devre, sıcaklık ve yoğuşma

Chiller (soğutucu) lazer kaynağını ve kesim kafasının uygun parçalarını soğutur. Birçok sistemde kaynak ve kafa için iki farklı devre bulunur. Devre sıcaklıkları, akışları ve soğutucu şartları aynı olmak zorunda değildir. Hortum etiketlerini izleyin; kaynak ve kafa devresini yer değiştirmeyin.



Devreler şematiktir. Ortak depo veya ayrı depolu tasarım üreticiye göre değişir.

Çiy noktası, havadaki nemin yüzeyde suya dönüşmeye başladığı sıcaklıktır. Soğutma suyu veya kafa yüzeyi ortamın çiy noktasının altına inerse yoğuşma oluşabilir. Özellikle sıcak ve nemli atölyede çok soğuk ayar yapmayın. Ortam sıcaklığı ve nemiyle birlikte üreticinin izin verdiği çalışma aralığını değerlendirin.

Bu kitap tek bir evrensel chiller sıcaklığı vermez. Kaynak, kafa ve chiller üreticilerinin birlikte izin verdiği ayarı kullanın. Soğutucuyu yalnız daha çok soğutmak için rastgele düşürmeyin. Chiller hazır görünse bile kafa üzerinde terleme varsa kesime başlamayın.

Vardiya başında soğutma kontrolü

Amaç: Emisyon öncesinde kararlı ve sızdırmaz soğutma sağlayın. **Gerekenler:** Üretici seviye/sıcaklık şartı, doğru soğutucu ve kontrol formu.

1. Makine güvenli durumdayken seviyeyi, hortumları, bağlantıları ve zemini kontrol edin.
2. Chiller'ı açın; devrelerin ayarına ulaşmasını ve akışın kararlı olmasını bekleyin.
3. Alarm bulunmadığını, gidiş/dönüşte kaçak olmadığını ve kafa/fiber çevresinde nem oluşmadığını doğrulayın.
4. Değerleri kaydedin. Akış veya sıcaklık alarmını sıfırlayıp kesime zorlamayın; nedeni giderin.

> **Uygun olmayan sıvıyı karıştırmayın**
>
> Su kalitesi, katkı ve değişim aralığını üretici belirler. Otomotiv antifrizini veya bilinmeyen kimyasalı eklemeyin. Donma önlemi ve uzun duruş için bölüm 3.6 sırasını izleyin.

Neden? Hatalı sıvı korozyon ve tıkanma oluşturabilir. Yetersiz akış ve yoğuşma optik veya elektrik hasarına yol açabilir.

2.6 Tabla, palet ve yardımcı tesisatlar

Tabla lamaları sacı taşır; aralıklar ışının, gazın ve ergiyiğin aşağı geçmesini sağlar. Cürufla dolu veya eğri lamalar sacı düz tutmaz. Küçük parça kesilip devrilirse kafanın yolu üzerinde kalabilir. Sac yüzeyinin düzensizliği her zaman yükseklik kontrolünün düzeltebileceği bir hata değildir.

Palet değiştirici, kesilen palet ile yükleme paletini değiştirerek hazırlık süresini azaltır. Hareket alanı, palet kilitleri ve erişim korumaları makineye göre değişir. Konum sensörünün görülmesi veya ekranda bir işaret bulunması, alanın insanlardan boş olduğunu tek başına göstermez.

Palet değişimine hazırlık

Amaç: Sacı ve paleti çarpışma olmadan değiştirin. **Gerekenler:** Üreticinin palet sırası, yetkili operatör ve uygun kaldırma ekipmanı.

1. Kesimi tamamlayın veya üretici yönteminde güvenli duruş yapın; kafa ve portalı tanımlı palet değişim konumuna götürün.
2. Yükleme ve kesim tarafında kimse olmadığını doğrulayın. Tabla altında ve palet geçişinde alet/iskelet bulunmasın.
3. Sacın sınır dışına taşmadığını, devrilmiş parçaların çıkarıldığını ve yükün uygun yerleştiğini kontrol edin.
4. Korumaları kapatın; değişim komutunu üretici sırasıyla verin. Hareket sırasında alana girmeyin.
5. Paletin son konum ve kilit durumunu doğrulayın. Yeni sac için iş orijini/kenar bulma kontrolünü yapın.

> **Sıkışan paleti itmeyin**
>
> İnsan gücüyle, forkliftle veya koruma alanına girerek hareketi tamamlamaya çalışmayın. Durdurun, enerjiyi güvenli duruma alın ve yetkili bakım sürecini başlatın.

Neden? Kafa güvenli konuma gelmeden palet hareketi kafa, sac ve portalın çarpışmasına neden olabilir. Konumu belirsiz palet iş koordinatını da geçersiz kılabilir.

Hava ve emişi birlikte düşünün

Kompresör kapasitesinin yanında kurutucu, filtre, depo ve boru hattı da kesimdeki basınç/debiyi belirler. Boşta görülen basınç kesim anında düşebilir. Kuru hava için yalnız su tutucu yeterli olmayabilir; kurutucuyu ve tahliyeyi kontrol edin. Emişte tıkalı filtre veya kapalı bölge klapesi kesim dumanını kabine yayar.

Hava kesimi için basınç kaybı, kurutucu ve ISO 8573-1 sınıf üçlüsünü bölüm 7.2'deki hava kesimi altyapısı kutusundan doğrulayın.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **palet güvenlik alanı, chiller devre etiketleri ve kompresör–kurutucu–filtre sırası**

03

Açma, homing, kalibrasyon, kapatma

Her vardiyada aynı sırayı izleyin. Makinenizin devreye alma talimatı farklı bir sıra veriyorsa üretici sırası önce gelir.

3.1 Güvenli açma sırası

Amaç: Kaynağı soğutması ve yardımcı sistemleri hazırken devreye alın. **Gerekenler:** Günlük güvenlik kontrolü tamamlanmış makine, yeterli gaz/hava, uygun soğutucu ve yetkili operatör.

1. **Stabilizatör / ana şalter:** Çalışma alanını kontrol edin. Bakım kilidi varsa işe başlamayın. Varsa stabilizatörü, sonra makine ana beslemesini üretici sırasıyla açın.
2. **Chiller:** Seviyeyi ve kaçak olmadığını kontrol edin. Soğutucuyu çalıştırın; kaynak ve kafa devrelerinin üreticinin istediği sıcaklık ve akış koşuluna gelmesini bekleyin.
3. **Kompresör ve gaz:** Kurutucu/filtreyi ve emişi hazır edin. Uygun gaz beslemesini ve makine vanalarını tanımlı sırayla açın. Kaçak veya uygunsuz basınç varsa durun.
4. **Lazer kaynağı anahtarı:** Soğutma hazırken kaynağı açın. Anahtarı açmak ile kesim emisyon izni vermek farklıdır; ışını işlem için gerekli ana kadar devre dışı tutun.
5. **CNC / bilgisayar:** Kontrol sistemini çalıştırın. Açılış uyarılarını okuyun; önceki vardiyadan kalan otomatik işi başlatmayın.
6. **Yazılım:** Makineye ait doğru yapılandırma ve iş dosyasını açın. Bağlantı, eksen ve güvenlik durumunu kontrol edin.
7. **Servo etkinleştirme:** Alanın boş olduğunu doğrulayın. Üretici yönteminde hareket iznini verin. Beklenmeyen hareket veya alarm varsa durdurun.
8. **Homing:** Bölüm 3.2 sırasıyla referans noktasına dönüşü yapın.
9. **Kalibrasyon:** Nozul, seramik ve merkezlemeyi kontrol edin. Gerekli kapasitif kalibrasyonu ve üreticinin diğer açılış kontrollerini tamamlayın.

> **Hazır olmadan ışın vermeyin**
>
> Soğutma, gaz, emiş, korumalar veya eksen referansı uygun değilse kesim denemesi yapmayın. Bir alarmın sürekli geri gelmesini “açılışta olur” diye kabul etmeyin.

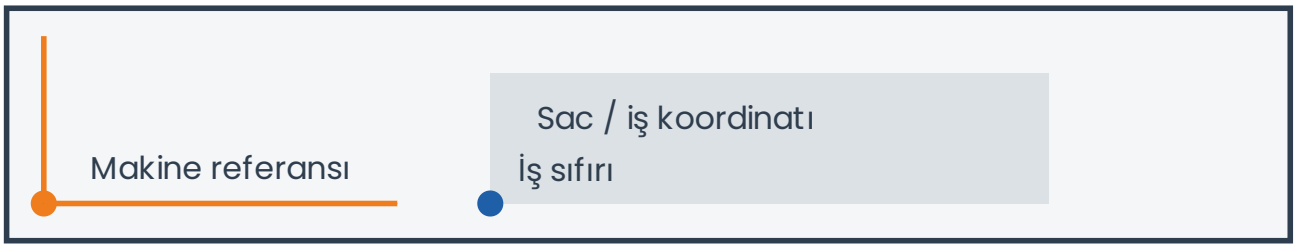
Neden? Kesim yazılımı açıkken yardımcı sistemlerin de hazır olduğu varsayılamaz. Adımları aynı sırayla uygulamak eksik hazırlığı erken görünür kılar.

Devam şartı	Kontrol
Kaynak hazır	Soğutma koşulları uygun; açıklanmamış kaynak alarmı yok.
Hareket hazır	Alan boş, servo durumu uygun, referans tamam.
İşlem hazır	Doğru gaz, emiş, korumalar ve onaylı reçete seçili.

Bu sıra genel bir operatör akışıdır. Kontaktör, anahtar ve yazılım menülerinin adı makineye/sürüme göre değişebilir.

3.2 Homing: makinenin referansını bulması

Homing (referans noktasına dönüş), makinenin referans/orijin sensörleri ve kontrol sisteminin konum bilgisiyle eksenlerin mutlak makine konumunu yeniden belirlemesidir. İş parçası sıfırı bundan farklıdır. Sac köşesini iş sıfırı seçmek, eksen referansı oluşturmaz.



Homing eksenleri tanımlar; iş sıfırı programı sac üzerine yerleştirir.

İki koordinat sistemini ayrı doğrulayın. Ok yönleri yalnız açıklama içindir.

Yazılım limitleri, güvenli hareket alanı ve palet konumları doğru referansa bağlıdır. Referans kaybolduğunda ekranda görülen mesafe gerçek mekanik mesafeyi temsil etmeyebilir. Homing çarpışma korumasının parçalarından biridir; tek başına engel algılama veya güvenli alan garantisi vermez.

Ne zaman?	Ek kontrol
Her açılışta	Üreticinin referans tamamlama göstergesini doğrulayın.
Acil stoptan sonra	Önce duruş nedenini giderin; gereken referansı yeniden kurun.
Servo / enkoder alarmında	Alarm nedenini giderin; konum güvenini varsaymayın.
Çarpmadan sonra	Nozul, seramik, kafa bağlantısı ve eksenleri kontrol ettirin.
Mekanik müdahaleden sonra	Yetkili bakımın referans ve limit doğrulamasını tamamlamasını bekleyin.

Amaç: Hareket sınırlarını doğru makine koordinatına bağlayın. **Gerekenler:** Sağlam eksen sistemi, serbest hareket yolu ve üreticinin homing sırası.

1. Tabla ve portal yolunu boşaltın. Yükselmiş sac, devrilmiş parça, alet veya kelepçe olmadığını kontrol edin.
2. Z eksenini üretici yönteminde güvenli yukarı konuma alın. Konumu bilinmeyen kafayı sac üstünde yatay sürmeyin.
3. Korumaları kapatın; homing komutunu verin. Eksen sırası ve referans yönü üreticiye göre değişir; elle tahmin etmeyin.
4. Hareketi güvenli yerden izleyin. Yanlış yön, engel, olağandışı ses veya limit alarmında durdurun.
5. Tamamlanma durumunu doğrulayın. İş sıfırını ve palet konumunu ayrıca kontrol edin.

! Yapılmazsa ne olur?

Yanlış yazılım sınırı, sac dışına hareket, hatalı palet konumu ve çarpışma riski doğabilir. Referans alamayan ekseni limit veya sensör korumasını atlayarak çalıştırmayın.

Neden? İş koordinatı ancak makine koordinatı güvenilir olduğunda doğru yere oturur. Alarm sıfırlaması referansın fiziksel doğruluğunu kanıtlamaz.

3.3 Kapasitif yükseklik kalibrasyonu

Kapasitif sensör, nozul ile sac arasındaki elektriksel ilişkiyi kullanarak mesafeyi izler. BCS100 gibi yükseklik kontrol sistemlerinde kalibrasyon bu ilişkiyi öğrenir. Optik fokus ayarıyla veya X/Y homing işlemiyle aynı işlem değildir.

Nozul/seramik değişiminden, çarpışma incelemesinden, belirgin malzeme veya sıcaklık değişiminden sonra ve yükseklik sapmaya başladığında kalibrasyonu yeniden değerlendirin. Günlük sıklık ve kabul ölçütünü kafa/yükseklik kontrolü üreticisinin talimatından alın. Çatlak seramiği veya gevşek nozulu kalibrasyonla düzeltmeye çalışmayın.

Amaç: Nozulun sacı kararlı ve doğru mesafeden takip etmesini sağlayın. **Gerekenler:** Sağlam, temiz nozul/seramik; düzgün ve temiz, tabla ile elektriksel teması iyi sac; uygun referanslı makine ve üretici talimatı.

1. Kesim emisyonunu devre dışı bırakın. Nozul ve seramiğin doğru takıldığını, kablo/bağlantıların sağlam olduğunu kontrol edin.
2. Temiz sacı uygun destek üzerinde düz yerleştirin. Pas, yağ, cüruf, kalın kaplama veya folyo ölçümü etkiliyorsa üreticinin uygun kalibrasyon yöntemini kullanın.
3. Kafayı sacın düz, kenardan ve delikten uzak bir bölgesinin üstüne getirin. Altında boşluk veya devrilecek küçük parça bulunmasın.
4. Yükseklik kontrolünün kalibrasyon komutunu çalıştırın. Menü adları sürüme göre değişebilir; çoğu sürümde sensör/kapasitans kalibrasyonu ayrı bir işlevdir.
5. Otomatik yaklaşmayı izleyin. Beklenmeyen temas, sürekli titreşim veya anormal inişte durdurun.
6. Sonuç eğrisini ve üreticinin kalite/tutarlılık göstergesini inceleyin. Düzgün ve tekrarlanabilir olmalı; kesinti, ani sıçrama veya başarısızlık uyarısını kabul etmeyin.
7. Üreticinin güvenli yükseklik kontrolünü uygulayın. Sacın farklı düz bölgelerinde kararlı takip olduğunu, nozulun sürtmediğini doğrulayın; sonucu kaydedin.

> **Kalibrasyon başarısızsa**
>
> Önce sacın elektriksel temasını, nozul temizliğini, seramiği, sensör kablosunu ve ortam kararlılığını kontrol edin. Yanlış eğriyi kaydetmeyin; “kafayı biraz kaldırarak” üretime devam etmeyin.

Neden? Yanlış ölçüm kafayı fazla yaklaştırabilir veya uzaklaştırabilir. Hem kesim gazı etkilenir hem çarpma riski artar.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **BCS100 veya kullanılan yükseklik kontrolünde başarılı kalibrasyon eğrisi ve sürüm bilgisi**

3.4 İlk kurulum sırası ve nozul merkezleme

İlk kurulum: yetkili servis işlemi

Amaç: Hareket ve takip ayarlarını güvenilir mekanik temele oturtun. **Gerekenler:** Yetkili devreye alma personeli, makineye ait FSCUT/BCS100 kılavuzları ve doğru sürüm/yapılandırma.

1. Servis, mekanik montajı ve elektrik bağlantılarını doğrulasın; servo yönü, enkoder, limit ve referans sensörlerini kontrol etsin.
2. İlk servo kalibrasyonu/uygun ayarı yetkili yöntemle tamamlasın. Kazanç ve motor parametrelerini operatör deneme amacıyla değiştirmesin.
3. Üretici sırasıyla orijine dönüşü ve makine koordinatını doğrulasın.
4. Sağlam nozul ve uygun sacla kapasitif kalibrasyonu tamamlasın.
5. BCS100/FSCUT sürümünün istediği otomatik ayarı güvenli koşullarda uygulasın; takip ve hareket doğrulamasını yapsın.

> **! Sıra sürüme göre değişebilir**
>
> "Servo ayarı → orijine dönüş + kapasitif kalibrasyon → otomatik ayar" genel bağımlılık sırasıdır. Tam komut ve ön koşullar için kullanılan FSCUT/BCS100 kılavuzuna bakın. Bu paragraf devreye alma servis talimatı değildir.

Neden? Yanlış mekanik veya sensör durumu üstüne yapılan otomatik ayar hatalı sonucu kalıcılaştırabilir.

Nozul merkezleme: bant testi

Amaç: Işının nozul deliği merkezinden geçtiğini üreticinin onaylı test yöntemiyle doğrulayın. **Gerekenler:** Bu iş için eğitim, kafa üreticisinin onaylı test malzemesi ve düşük enerjili merkezleme prosedürü; çalışır kabin/kilitler.

1. Emisyonu güvenli duruma alın; kafayı onaylı test konumuna park edin. Nozul, seramik ve doğru sıkmayı kontrol edin.
2. Üreticinin önerdiği bant/test malzemesini nozul altına yerleştirin. Yerleştirme sırasında ışın üretimi mümkün olmamalıdır.
3. Alanın boş olduğunu doğrulayın, kabini kapatın. Yalnız üreticinin belirlediği düşük enerjili, kısa test atışını uygulayın; rastgele güç/süre seçmeyin.
4. Emisyonu yeniden güvenli duruma aldıktan sonra bandı çıkarın. Deliğin nozul izine göre merkezini değerlendirin.
5. Kayma varsa kafa kılavuzunun izin verdiği merkezleme ayarını küçük adımlarla yapın; her kontrolde güvenli yerleştirme–kapalı test–güvenli çıkarma sırasını tekrarlayın.
6. Merkez kararlıysa test malzemesini tamamen çıkarın; nozulda kalıntı olmadığını doğrulayın. Gerekli yükseklik kalibrasyonunu tamamlayın.

> **! Açık kapıda atış yok**
>
> Nozulun altına bakarak atış yapmayın. Kilitleri atlatmayın. Düzensiz/büyük yanık, sürekli merkez kayması veya ayar sınırına ulaşma varsa durun ve servise başvurun.

Neden? Merkez kaçıklığı gaz akışını dengesizleştirir, tek taraflı çapak ve nozul ısınması oluşturabilir. Test, açık ışınla çalışma izni vermez.

3.5 Kuru çalıştırma ve çerçeve kontrolü

Frame (çerçeve) kontrolü, işin dış sınırını sac üzerinde hareketle kontrol eder. Kuru çalıştırma, ışın vermeden program yolunu izler. Simülasyon ise bilgisayarda yol/sıra kontrolüdür. Üçü farklı sorulara cevap verir: “program doğru mu?”, “iş sacın içinde mi?”, “gerçek hareket yolu açık mı?”



İş dosyası veya iş sıfırı değişirse önceki doğrulamayı yeniden değerlendirin.

Amaç: İlk ışın öncesi yerleşim ve hareket hatasını bulun. **Gerekenler:** Referansı/kalibrasyonu tamamlanmış makine, bağlı sac, doğru dosya ve emisyonun devre dışı olduğu doğrulanmış test modu.

1. Programın gerçek ölçüsünü, sac ebatını ve iş sıfırını kontrol edin. Kenar bulma/açı düzeltmesini gerekiyorsa tamamlayın.
2. Simülasyonda iç konturların sırasını, girişleri, mikro bağlantıları, delme noktalarını ve hızlı hareketleri izleyin.
3. Kafayı üreticinin belirlediği güvenli yüksekliğe alın. Sac üzerindeki engelleri, kavisli kenarları ve kelepçeleri değerlendirin.
4. Işınsız çerçeve işlevini çalıştırın; işin tamamının sac ve güvenli hareket sınırları içinde kaldığını izleyin.
5. Kuru çalıştırmayı güvenli test hızında uygulayın. Bazı sürümlerde gaz/izleme işlevleri farklı davranabilir; emisyonun kapalı olduğunu ayrıca doğrulayın.
6. Hata varsa dosya/orijini düzeltin ve ilgili kontrolü yeniden yapın. Başarılıysa ilk deneme kuponunu kesime hazırlayın.

Kuru çalışma da hareketlidir

Işın kapalıyken portal, Z ve palet tehlikesi devam eder. Kabin veya hareket alanına elinizi uzatmayın. Beklenen yolla gerçek yol uyuşmazsa kesime geçmeyin.

Neden? Simülasyon gerçek sacın eğriliğini veya tabla üzerindeki aleti göremez. Çerçeve kontrolü de bütün iç hareketlerin güvenli olduğunu tek başına kanıtlamaz.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **kullanılan yazılımda iş sınırı, iş sıfırı ve ışınsız test göstergesi**

3.6 Kapatma, donma ve uzun duruş sonrası

Normal kapatma

Amaç: İşi ve yardımcı sistemleri kontrollü duruma getirin. **Gerekenler:** İş kayıtları, üretici kapatma sırası ve sıcak parçalar için uygun alan.

1. Kesimi tamamlayın veya programı güvenli duruşla sonlandırın. Sıcak parça ve cürufu kontrol edin; emişin çalışma sonrası gereksinimini uygulayın.
2. Lazer emisyonunu devre dışı bırakın. Kafayı ve portalı üreticinin park konumuna alın; paleti güvenli konumda bırakın.
3. İş/reçete değişikliklerini, alarmı ve kalan işi kaydedin. Yazılımı ve CNC/bilgisayarı uygun yöntemle kapatın.
4. Lazer kaynağını üretici sırasıyla kapatın. Kaynak kapandıktan sonra chiller'ın kısa süre daha çalışması gerekiyorsa **üretici kılavuzuna bakın**; sabit süre uydurmayın.
5. Gaz beslemesini ve kompresör/yardımcı sistemleri işletme planına göre kapatın. Gerekli hat basıncı boşaltmasını güvenli yöntemle yapın.
6. Chiller'ı ve ardından makine ana beslemesini/stabilizatörü tanımlı sırayla kapatın. Soğutma, donma koruması veya emiş için kalması gereken beslemeyi üreticiye göre yönetin.
7. Çevreyi kontrol edin; için için yanma, kaçak ve açık iş bulunmadığını doğrulayın. Vardiya formunu teslim edin.

> **! Acil duruş ayrı bir durumdur**
> Tehlikede normal kapatma sırasını bitirmeye çalışmayın; acil duruş ve işletme acil planını uygulayın. Normal kapatma da bakım için LOTO yerine geçmez.

Neden? Kontrol bilgisayarının elektriğini birden kesmek iş kaydını kaybettirebilir. Kaynak çalışırken soğutmayı erken kesmek donanıma zarar verebilir.

Kış / donma önlemi

Amaç: Duran sistemde suyun donmasını önleyin. **Gerekenler:** Kaynak, kafa ve chiller'ın birlikte onayladığı kış prosedürü.

1. Ortamın en düşük sıcaklığını ve elektrik kesintisi olasılığını değerlendirin.
2. Üreticinin önerdiği ortam ısıtma, dolaşım, uygun sıvı veya boşaltma yöntemini seçin; uyumsuz antifriz eklemeyin.
3. Boşaltma gerekiyorsa kaynak/kafa iç ceplerini de kapsayan yetkili yöntemi uygulayın. Kontrolsüz basınçlı havayla üflemeyin.
4. Alınan önlemi etiketleyin. Yeniden dolum ve hava alma tamamlanmadan kaynağı çalıştırmayın.

> **! Donma şüphesinde çalıştırmayın**
> Buz açmak için kaynağı çalıştırmayın. Çatlak, kaçak ve akış kaybını yetkili personele kontrol ettirin.

Neden? Dış hortum boş görünse bile iç kanallarda sıvı kalabilir.

Uzun duruş sonrası açılış

Amaç: Sistemi yeniden güvenilir duruma getirin. **Gerekenler:** Duruş kaydı ve bakım planı.

1. Sıvı, hortum, filtre, gaz hattı, mekanik ve elektrik dış kontrolünü yapın; depolama korumalarını üreticiye göre kaldırın.
2. Soğutma devrelerini hazır edin; kaçak/yoğuşma ve alarm olmadığını doğrulayın.
3. Normal açma, homing, merkezleme ve gerekli kapasitif kalibrasyonu yapın. Kuru çalıştırma ve deneme kuponuyla üretime dönün.

> **! Eski reçete tek başına yeterli değildir**
> Malzeme, gaz ve optik koşulu değişmiş olabilir. İlk parçayı ölçmeden seri üretime başlamayın.

Neden? Duruş sırasında nem, kirlenme ve sızıntı gelişebilir; önceki başarılı iş bunları dışlamaz.

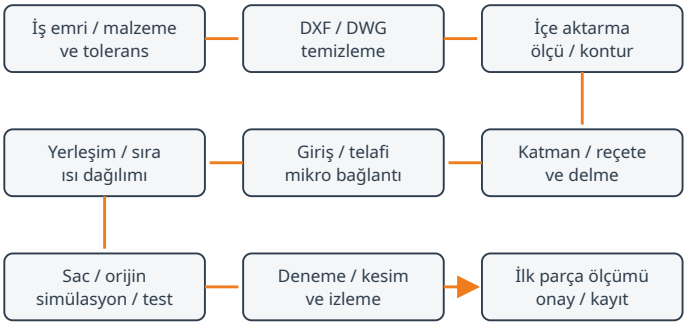
04

Çizimden kesime iş akışı

Önce çizimi temizleyin, sonra kesim yolunu oluşturun. Ekranda doğru görünen şekli makine üzerinde ayrıca doğrulayın.

4.1 İşin tamamını planlayın

Bir kesim işi yalnız bir DXF dosyası değildir. Malzeme cinsi, gerçek kalınlık, adet, ölçü toleransı, kenar beklentisi ve sonraki işlemler reçeteyi belirler. Boyanacak parçayla kaynağa gidecek parçanın kenar şartı aynı olmayabilir. İş emrindeki belirsizliği kesim sırasında deneme yaparak çözmeyin; sorumluya netleştirin.



Bir düzeltme sonraki adımları etkileyebilir. Ölçek, kontur veya yerleşim değiştiyse yol kontrolünü yenileyin.

İşe başlamadan	Kaydedilecek bilgi
Teknik resim	Revizyon, kritik ölçüler, tolerans ve kenar şartı
Malzeme	Cins/kalite, kalınlık, parti, kaplama/folyo, yüzey durumu
Makine / reçete	Kaynak, kafa, gaz ve onaylı parametre kimliği
Plan	Adet, yerleşim, parça yönü, kaldırma ve iskelet yönetimi

İlk parçaya yer bırakın

Yeni işe doğrudan bütün sacı keserek başlamayın. Ölçüm ve kenar kontrolü yapabileceğiniz bir deneme kuponu veya ilk parça planlayın. Kullanılan dosya ve reçete revizyonunu birlikte saklayın.

4.2 DXF / DWG hazırlama

Çizim dosyası, kesilecek geometrinin tek ve tutarlı temsilini içermelidir. Ölçü çizgileri, görünmez kopyalar ve açık uçlar, programın fazladan yol veya istenmeyen delme oluşturmasına neden olabilir. Görsel yakınlaştırma kadar geometri kontrolünü de kullanın.

Hazırlık	Yapılacak işlem	Kontrol
Birim / ölçek	Çizimi mm biriminde ve gerçek ölçekte hazırlayın.	Bilinen bir dış ölçü ve bir delik çapını ölçün.
Tek çizgi	Kesim için her kenarı bir kez tanımlayın.	Çizgi kalınlığının ayrı kapalı kontur oluşturmadığını görün.
Kapalı kontur	Parça ve delik sınırlarını kapatın.	Uç noktaları ve küçük açık boşlukları bulun.
Çift / üst üste çizgi	Kopya geometriyi ve aynı yerdeki segmentleri temizleyin.	Kontur sayısını ve simülasyonda tekrar geçişi kontrol edin.
Yazı	Kesilecek yazıları kontura çevirin.	Harf içlerinin düşmemesi için gerekli köprüleri değerlendirin.
Spline	Kontrolün gerektirdiği toleransla yay/çizgiye dönüştürün.	Fazla kısa segment, köşe ve ölçü sapması oluşmadığını görün.
Küçük boşluk	Onaylı birleştirme toleransıyla uçları birleştirin.	Gerçek tasarım aralığını yanlışlıkla kapatmayın.
Yardımcı nesne	Ölçü, tarama, çerçeve ve açıklamayı kesim geometrisinden çıkarın.	İçe aktarınca beklenmeyen katman/kontur kalmasın.

Çizimi temizleme prosedürü

Amaç: Makinenin işleyeceği tekil, kapalı konturlar oluşturun. **Gerekenler:** Onaylı resim, CAD dosyası ve yedek kopya.

1. Dosyanın revizyonunu doğrulayın; çalışma kopyasını açın. Birimi ve bilinen ölçüyü kontrol edin.
2. Kesilmeyecek nesneleri ayırın. Blokları/nesneleri kontrol yazılımının desteklediği biçime dönüştürün.
3. Tekrarlı çizgileri temizleyin. Açık konturları bulun; gerçek tasarıma göre kapatın.
4. Yazı ve spline dönüşümünü yapın. Küçük yayların ve harf içlerinin kaybolmadığını kontrol edin.
5. Uygun DXF/DWG sürümüne kaydedin ve yeniden açıp ölçün.

> **! Otomatik düzeltme tasarımı değiştirebilir**
>
> Birleştirme/yumuşatma toleransını büyütüp bütün uyarıları yok etmeyin. Küçük bir açıklık işlevsel bir yarık olabilir. Kritik şekil değişikliğini teknik resim sorumlusuna onaylatın.

Neden? Çift çizgi aynı yerin tekrar ısınmasına; açık kontur ise yanlış iç/dış tanımına veya eksik parçaya yol açabilir.

4.3 İçe aktarma, katman ve parametre

İçe aktardıktan sonra dosyanın doğru açılması, kesime hazır olduğu anlamına gelmez. Ölçü, parça sayısı, iç/dış kontur ilişkisi ve katman görevi tekrar incelenmelidir. Ekran rengi fiziksel gazı tanımlamaz; renk çoğu yazılımda yalnız işlem katmanını belirtir.

Amaç: Her kontura doğru işlemi ve reçeteyi atayın. **Gerekenler:** Temiz dosya, iş emri, malzeme bilgisi ve bölüm 9.0 ile seçilmiş/onaylanmış reçete.

1. Dosyayı kontrol yazılımına alın. Menü adları sürüme göre değişebilir; çoğu sürümde içe aktarma ve geometri kontrolü ayrı işlevlerdir.
2. Toplam genişlik/yüksekliği ve bilinen bir deliği ölçün. Parça adedini ve dönme/ayna durumunu doğrulayın.
3. Kapalı/açık konturları ve iç konturları inceleyin. Çizimdeki her nesnenin görevi belli olsun.
4. Kesim, işaretleme veya diğer desteklenen işlemleri ayrı katmanlara atayın. Desteklenmeyen işlevi sırf katman rengi var diye kullanmayın.
5. Her kesim katmanına doğru malzeme, gaz, basınç, nozul, yükseklik, fokus, güç ve hızı birlikte atayın. Delme reçetesini ayrıca kontrol edin.
6. Kesilmeyecek yardımcı katmanların işlem dışı olduğunu doğrulayın. Katman listesini ve kontur sayılarını gözden geçirin.
7. Dosyayı yeni iş adı/revizyonuyla kaydedin. Ana reçeteyi deneme ayarlarıyla kontrolsüz değiştirmeyin.

> **Makine sınırını ve birimleri kontrol edin**
>
> Yazılım güç için W veya yüzde, hız için farklı birim gösterebilir. Tablodaki W ve m/dk değerlerini ekrandaki birimle eşleştirin; Değeri dönüştürüp doğrulamadan uygulamayın. Yetkili makine yapılandırmasını değiştirmeyin.

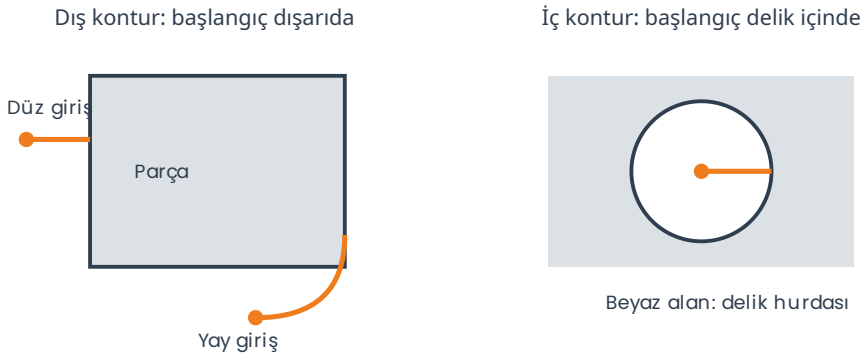
Neden? Aynı geometriyi farklı katmana taşımak yalnız rengi değil gazı, delmeyi ve hareket koşulunu da değiştirebilir.

Son kontrol	Soru
Geometri	Doğru revizyon mu; dış ölçü ve delikler doğru mu?
Katman	Her nesnenin işlemi açık mı; yardımcı çizgiler devre dışı mı?
Reçete	Gaz ve bütün satır değerleri birlikte mi; delme yöntemi uygun mu?
Kayıt	İş dosyası ile parametre revizyonu izlenebilir mi?

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **içe aktarılan parça, ölçü kontrolü ve işlem katmanları**

4.4 Giriş ve çıkış hatları

Lead-in (giriş hattı), delme noktasından gerçek kontura yaklaşma yoludur. Lead-out (çıkış hattı), desteklenen iş akışında kontur sonunda ayrılma yoludur. Delme izi ve başlangıç kararsızlığı parça kenarını bozmasın diye girişin büyük bölümü hurda tarafında kalır.



Turuncu çizgiler giriş örnekleridir; gerçek uzunluk/yarıçap kesim denemesiyle belirlenir. Çizim ölçekli değildir.

Seçim	Ne zaman düşünün?	Ne kontrol edin?
Düz giriş	Yeterli hurda alanı ve uygun bağlanma noktası varsa	Kontura bağlanırken çentik/köşe izi bırakmaması
Yay giriş	Daha yumuşak yön değişimi gerekiyorsa	Yayın başka parça veya dar delik sınırına taşmaması
Kalın sac	Delme ve kararlı kesime geçiş daha fazla alan istiyorsa	Başlangıcın bitmiş parça dışında, yeterli hurda içinde olması
Küçük iç kontur	Girişe az yer varsa	Delme kraterinin ölçü yüzeyine ulaşmaması
Köşe yakını	Tasarım/sonraki işlem özel olarak gerektiriyorsa	Yavaşlama, ısı birikimi ve kenar birleşim izi

Giriş hattını yerleştirme

Amaç: Delme ve hızlanma izini hurda tarafında tutun. **Gerekenler:** İç/dış konturu tanınmış parça ve uygun delme reçetesi.

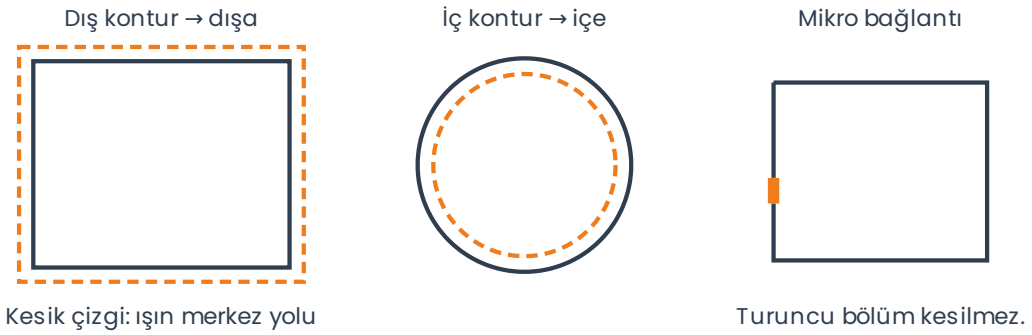
1. Bitmiş parça ve hurda tarafını belirleyin. Dış konturda dışarıdan, iç konturda delik içinden yaklaşın.
2. Ölçü veya görünüş açısından kritik olmayan bir bağlanma noktası seçin. Varsayılan olarak keskin köşede başlamayın.
3. Düz/yay biçimini ve uzunluğunu malzeme, kalınlık ve boş alana göre seçin; sabit evrensel uzunluk kullanmayın.
4. Delme izi, giriş ve varsa çıkışın komşu parçaya ulaşmadığını simülasyonda kontrol edin.
5. İlk parçada bağlanma izini inceleyin; gerekiyorsa tek değişkenle düzeltin ve kaydedin.

> **Uzun giriş her zaman daha iyi değildir**
>
> Dar yerleşimde giriş başka parçayı kesebilir. Gereksiz uzun çıkış ayrılmış parçayı yeniden ısıtabilir. Köşede başlama zorunluysa yöntemi denemeyle doğrulayın.

Neden? Delme henüz kararlı kesim değildir. Başlangıç noktasını bitmiş kenardan uzaklaştırmak krater ve çentik riskini azaltır.

4.5 Kerf telafisi ve mikro bağlantı

Kerf (kesim aralığı), ışının kaldırdığı kanal genişliğidir. Telafi, bitmiş ölçüyü korumak için ışın merkez yolunu hurda tarafına kaydırır. Dış konturda merkez yolu dışa; iç konturda delik merkezine doğru içe gider. CAD ölçüsünü büyütüp bir de yazılım telafisi uygulamayın.



Telafi miktarı şemada büyütülmüştür. Gerçek kesim aralığını deneme parçasında ölçerek belirleyin.

Telafiyi doğrulama

Amaç: Parça ve delik ölçüsünü teknik resme yaklaştırın. **Gerekenler:** Ölçü aleti, temiz deneme parçası ve tek yerde uygulanan telafi.

1. Nominal CAD ölçüsünü ve daha önce telafi yapılıp yapılmadığını kontrol edin.
2. İç/dış sınıflandırmayı doğrulayın; uygun telafi yönünü seçin.
3. Deneme parçasını kesin, soğutun ve çapaktan etkilenmeyen yüzeyden ölçün.
4. Dış ölçü ile delik ölçüsünü ayrı karşılaştırın. Yalnız telafi ayarını kontrollü değiştirin; tekrar ölçün.

> **Geometriyi telafiyle gizlemeyin**
>
> Oval delik, koniklik veya farklı yönlerde değişen ölçü yalnız telafi hatası olmayabilir. Nozul merkezini, mekanik durumu ve reçeteyi inceleyin.

Neden? Ters telafi yönü dış parçayı küçültürken deliği büyütebilir. Çift telafi ise iki kez ölçü kaydırır.

Mikro bağlantıyı planlama

Micro joint (mikro bağlantı), parçayı iskelete küçük kesilmemiş bölgelerle bağlı tutar. Küçük parçanın devrilmesini, yükselmesini ve kafaya çarpmasını azaltır. Bağlantı genişliği/adedi malzeme, kalınlık, şekil, destek ve sonraki ayırma işlemine göre seçilir; bu kitap tek bir boyut vermez.

Amaç: Parçayı kesim bitene kadar kararlı tutun. **Gerekenler:** Yerleşim, parça alma planı ve izin verilen yüzey bölgesi.

1. Devrilme ve düşme riski olan parçaları belirleyin.
2. Kritik ölçü, delik, görünür yüzey ve keskin köşelerden uzak bağlantı yeri seçin.
3. Boyut/adedi deneme ile belirleyin; çok zayıf bağlantı bırakmayın, ayırma yükünü gereksiz büyütmeyin.
4. Bağlantının gerçekten kesilmediğini simülasyonda ve ilk parçada kontrol edin.

> **Parçayı çekip koparmayın**
>
> İnce parçayı eğmeden uygun ayırma/çapak alma yöntemi kullanın. Iskelet bağlı parça yüküyle beklenmedik hareket edebilir.

Neden? Bağlantı kesim güvenliğini artırabilir; yanlış yeri ise ölçü veya görünüşü bozabilir.

4.6 Kesim sırası, sac yerleşimi ve kenar bulma

Genel sıra içten dışadır: önce delikler ve küçük iç konturlar, sonra parçanın dışı kesilir. Dış konturu önce kesmek parçayı gevşetir; iç kontur kesilirken konum veya destek kaybolabilir. Küçükten büyüğe sıra da çoğu işte yararlıdır; ancak ısı, ince bağlar ve devrilme riski için bütün yerleşimi değerlendirin.

Yan yana küçük parçaları art arda kesmek aynı bölgede ısı biriktirir. Kesim sırasını farklı bölgelere dağıtın; sacın kaldırma/çarpılma eğilimini gözleyin. Hızlı boş hareketi azaltmak tek hedef değildir. Common line (ortak kenar) veya flycut (uçarak kesim) gibi yöntemleri yalnız uygun yazılım/makine işlevi ve doğrulanmış reçeteyle kullanın; ayrıntı için bölüm 06ya bakın.

Karar	Kontrol
İçten dışa	İç kontur tamamlanmadan parça serbest kalıyor mu?
Küçükten büyüğe	Küçük parça erkenden devrilip sonraki yolu kapatıyor mu?
Isı dağılımı	Dar bir bölgede ardışık delme/kesim yoğunluğu var mı?
Destek	Kesim sonrası parça lamalara oturuyor mu; mikro bağlantı gerekir mi?
Boş hareket	Kafa devrilmiş parça veya yükselmiş iskelet üzerinden geçiyor mu?

Kenar bulma ve sac açısı düzeltme

Amaç: Programı gerçek sac sınırına ve açısına yerleştirin. **Gerekenler:** Referansı/kalibrasyonu yapılmış makine, düz yerleştirilmiş sac ve yazılımın desteklediği kenar bulma yöntemi.

1. Sacı uygun destekle yerleştirin; sabitleme ve yüzey durumunu kontrol edin. Eğimli, gevşek veya çatısı kalkmış sacı yazılımla düzeltmeye çalışmayın.
2. Makine koordinatını ve iş sıfırı seçimini doğrulayın. Önceki sacın orijinini otomatik olarak doğru kabul etmeyin.
3. Üreticinin kenar bulma işlevini çalıştırın. Ölçüm yolu üzerinde delik, kopuk kenar veya kelepçe bulunmasın.
4. Hesaplanan sac açısı ve sınırı beklenen yerleşimle karşılaştırın. Ters yön/şaşırtıcı açı varsa sonucu kabul etmeyin.
5. Yerleşimi güncelleyin; bütün işin sac içinde kaldığını çerçeve kontrolüyle doğrulayın.

> **Kenar bulma homing değildir**
>
> Makine referansı hatalıysa sac açısı düzeltmek bunu düzeltmez. Yeni sac, palet veya iş sıfırı değişiminde hareket sınırını yeniden kontrol edin.

Neden? Küçük bir açı farkı, işin uzak köşesinde sac dışına taşmaya neden olabilir. Yazılım dönüşümü yalnız doğru ölçüm üzerine güvenilirdir.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **sac kenarı ölçümü, bulunan açı ve işin gerçek sac sınırına yerleşimi**

4.7 Simülasyon, başlatma ve kaldığı yerden devam

Kesimi başlatma

Amaç: Doğrulanmış işi kontrollü ilk kesime alın. **Gerekenler:** Onaylı dosya/reçete, uygun sac, korumalar, gaz, soğutma ve emiş.

1. Simülasyonda sıra, delmeler, giriş/çıkış, telafi ve mikro bağlantıları son kez inceleyin.
2. Çerçeve ve ışınsız kuru çalıştırmayı bölüm 3.5 sırasıyla tamamlayın.
3. Kabin ve palet alanının boş/kapalı olduğunu doğrulayın. Doğru gazın seçildiğini, dinamik beslemenin ve emişin hazır olduğunu görün.
4. Kesimi üretici yönteminde başlatın. İlk delmeyi ve kenarı yalnız onaylı gözlem penceresi/kamera üzerinden izleyin.
5. Anormal yukarı kıvılcım, sürekli kesmeme, duman birikimi, çarpma veya alarm varsa durdurun. Kusuru devam ederek büyütmeyin.
6. İlk parçayı güvenli zamanda alın; bölüm 4.8 kontrolünü yapın. Onay olmadan seri işe geçmeyin.

> **! Kesim bölgesine müdahale etmeyin**
>
> İşlerken parçayı bastırmayın, devrilen parçayı almayın, kafa önünü temizlemeyin. Gerekli duruşu yapın ve güvenli erişim koşulunu sağlayın.

Neden? İlk konturlar, yanlış gazı veya iş sıfırını erken gösterir. Program ilerledikçe hatanın malzeme ve zaman maliyeti büyür.

Duraklatma ve breakpoint

Breakpoint (kaldığı yerden devam), kesilen programa kayıtlı bir noktadan dönmeyi sağlar. Kontrolün hangi gaz/delme/hareket durumunu sakladığı sürüme göre değişir. Duraklatma, acil stop ve enerji kesintisi aynı kurtarma durumu değildir.

Amaç: Kalan işi güvenli konum ve doğru konturdan sürdürün. **Gerekenler:** Sabit sac/parça konumu, bilinen duruş nedeni ve yazılımın devam prosedürü.

1. Duruş nedenini belirleyip giderin. Çarpma veya referans şüphesinde önce mekanik kontrol, homing ve gereken kalibrasyonu yapın.
2. Sacın, paletin ve parçaların oynamadığını doğrulayın. İş dosyası, iş sıfırı, açı ve katman ayarını kontrol edin.
3. Yazılımda kayıtlı devam noktasını ve kesilmiş/kesilmemiş yolu inceleyin. Geri dönüş/yeniden delme mesafesini üretici yöntemine göre seçin.
4. Geri dönüş hareketinde kafa yolu açık olsun. Yeniden delmenin bitmiş kenarı bozmayacağını ve ayrılmış parçaya denk gelmeyeceğini doğrulayın.
5. Korumaları kapatın, üretici devam komutuyla başlayın ve ilk yeniden birleşmeyi izleyin.

> **! Konum kaydı yoksa tahminle devam etmeyin**
>
> Oynamış sac veya kayıp referans, ekrandaki işaretle düzeltilmiş sayılmaz. Yetkili yeniden konumlandırma yöntemi yoksa işi durdurup planı yeniden yapın.

Neden? Konturu birkaç adım geriden başlatmak her koşulda güvenli değildir; zaten serbest kalmış parçayı tekrar kesebilir.

4.8 Parça alma, ilk parça kontrolü ve kayıt

Parçayı ve iskeleti güvenli alma

Amaç: Sıcak, keskin veya dengesiz malzemeyi kontrollü boşaltın. **Gerekenler:** Duruş/erişim izni, uygun KKD, kaldırma ekipmanı ve parça istifi alanı.

1. Kesimin bittiğini, ışının güvenli durumda olduğunu ve kafa/portalın park ettiğini doğrulayın. Palet hareketi bitmeden yaklaşmayın.
2. Parçaların ve cürufun soğumasını değerlendirin. Görünür kızıllık olmaması soğuk olduğu anlamına gelmez.
3. Mikro bağlantıları ve kesilmemiş yerleri inceleyin. Parçayı zorla çekmeyin; tanımlı ayırma yöntemiyle alın.
4. Küçük parçaların lamalar arasına düşmesini ve iskeletin bükülerek kapanmasını önleyin. Ağır parçada uygun kaldırma/taşıma planını uygulayın.
5. İskeleti dengeli kaldırın; keskin kenarları ve altında takılmış parçaları kontrol edin. Tabla temizliğini güvenli duruşta yapın.

> **İskeletin üstüne çıkmayın**
>
> Kesilmiş dar bağlar ağırlık altında kırılabilir. Elle uzanarak tabla altından parça almayın; uygun erişim ve enerji izolasyonu yöntemini kullanın.

Neden? Kesim sonrası sacın taşıma rijitliği değişir. Büyük bir iskelet, küçük bir hareketle katlanıp kesici kenar oluşturabilir.

İlk parçayı onaylama

Amaç: Seri üretimden önce ölçü ve kenar kalitesini doğrulayın. **Gerekenler:** Teknik resim, kalibre ölçü aleti, soğumuş parça ve kayıt formu.

1. Doğru parça/revizyonu ve malzemeyi doğrulayın. Ölçümü etkileyecek çapak veya sıcaklık farkını değerlendirin.
2. Kritik dış ölçüyü, delikleri, delik konumlarını ve gerekiyorsa köşeleri ölçün. Toleransı teknik resimden alın.
3. Üst/alt kenarı, çapak (dross), koniklik, çizgilenme, yanık, renklenme ve giriş izini inceleyin.
4. Kusuru sınıflandırın; bölüm 13 yardımıyla tek değişkenli deneme yapın. Her seferinde aynı ölçüm koşulunu kullanın.
5. Onaylı sonucu sorumlunun yöntemine göre kaydedin; ancak bundan sonra seri işi sürdürün.

> **Hızı kaliteye rağmen yükseltmeyin**
>
> Parçanın düşmesi yeterli kabul ölçütü değildir. Kaynak, boya veya montaj için gerekli kenar şartını da sağlayın.

Neden? Ölçü ve kenar birlikte değerlendirilmezse doğru ölçülü fakat kullanılamayan parça üretilebilir.

Kayıt alanı	İçerik
İş / malzeme	Resim revizyonu, dosya adı, parti, cins, kalınlık ve yüzey
Reçete	Gaz, basınç, nozul, yükseklik, fokus, güç, hız ve delme ayarı
Sonuç	Ölçüler, kenar/çapak, deneme değişikliği ve fotoğraf
İzlenebilirlik	Makine, operatör, tarih, parametre revizyonu ve onay

Kesim hazırlama akışı, FSCUT ailesinin genel işleme yaklaşımı ve Linde kesim kontrol başlıklarıyla birlikte değerlendirilmiştir. Gerçek yazılım sürümü ve makine üreticisinin talimatı esas alınır.

05

Nesting (yerleşim)

Nesting (yerleşim), siparişteki parçaları sac üzerine kesilebilir bir düzen içinde yerleştirmektir. Malzemeyi iyi kullanın; ısıyı, boşta hareketi ve parçaları ayırma işçiliğini de hesaba katın.

5.1 Yerleşimin amacı ve terimler

Yerleşim yalnız boşlukları doldurmak değildir. Aynı sacdan daha çok sağlam parça almak, fireyi azaltmak, delme sayısını ve kesim süresini düşürmek amaçlanır. Sökmesi zor, devrilen veya ısıdan bozulan parçalar malzeme kazancını geri alır. Sonucu kabul edilen parça ve toplam işçilik üzerinden değerlendirin.

Terim	Anlamı	Operatörün kontrolü
Sac / plaka	Yerleşimin yapılacağı başlangıç malzemesi.	Malzeme türünü, kalınlığı, gerçek ölçüyü ve yüzeyi doğrulayın.
Parça	Üretilecek kapalı dış kontur ve varsa iç konturlar.	Adedi, revizyonu ve delikleri kontrol edin.
Parça aralığı (spacing)	Komşu parçalar arasındaki açıklık.	Giriş hattı ve ısıl etki için alan bırakın.
Kenar payı (margin)	Sac sınırı ile en yakın parça arasındaki mesafe.	Dalgalı kenarı, bağlama alanını ve destekleri hesaba katın.
Dönüş açısı	Parçanın yerleşimde döndürülebileceği yönler.	Lif, fırça ve folyo yönü şartını koruyun.
Common line (ortak kenar)	İki parçanın aynı sınırının tek kez kesilmesi.	Ölçü telafisini ve ortak kenarın sırasını doğrulayın.
Part-in-part (delik içine parça)	Büyük parçanın atılacak iç boşluğuna başka parça yerleştirme.	İçteki parçayı, onu taşıyan boşluk ayrılmadan kesin.
Skeleton (iskelet)	Parçalar çıktıktan sonra kalan bağlantılı sac ağı.	Kaldırma ve boşaltma sırasında dağılmayacağını kontrol edin.
Remnant (artık sac)	Sonraki iş için saklanan kullanılabilir malzeme.	Şeklini, yönünü, kalınlığını ve stok kimliğini kaydedin.

Kesim aralığı, kerf (kesim yarığı) telafisiyle ilişkilidir; parça aralığıyla aynı değildir. Yazılımın aralığı nominal çizgilerden mi, telafi edilmiş kesim yollarından mı ölçtüğünü kontrol edin. Aynı dosyada iki kez telafi uygulamayın.

5.2 Otomatik ve elle yerleşim

Otomatik yerleşim çok sayıda parçayı hızla dener. Parça adedi, dönüş açıları, sac ölçüsü, aralık ve kenar payı yanlışsa hızlı biçimde yanlış sonuç üretir. Elle yerleşim; tek parça işlerde, düzensiz artık sacda ve yön şartı olan yüzeylerde yararlıdır. Otomatik sonucu elle düzeltmek çoğu işte uygun bir yoldur.

Amaç: Üretim şartlarını koruyan, güvenle kesilebilir bir yerleşim hazırlayın.

Gerekenler: Onaylı çizim, parça listesi, sac ölçüsü, malzeme bilgisi ve makineye uygun kesim reçetesi.

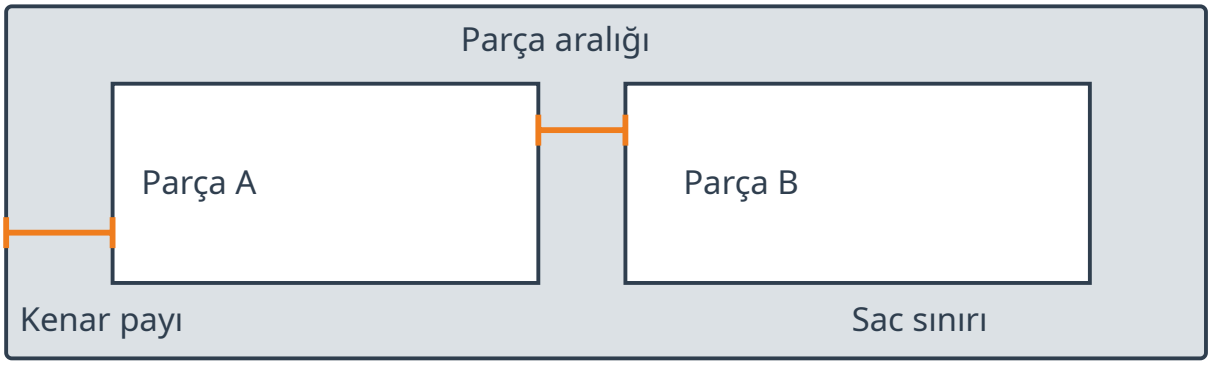
1. Çizimde açık kontur ve üst üste çizgi kontrolünü tamamlayın; iş akışı için bölüm 4'ü kullanın.
2. Sacın gerçek sınırını tanımlayın. Kusurlu, eğri veya bağlama için ayrılan alanları kullanıma kapatın.
3. Her parçaya doğru adet ve izin verilen dönüş açılarını verin. Aynalanmasına izin verilmeyen parçayı kilitleyin.
4. Önce büyük ve yönü zorunlu parçaları yerleştirin. Küçükleri kalan alanlarda deneyin.
5. Otomatik yerleşimi çalıştırın veya parçaları elle taşıyın. Girişler, ortak kenarlar ve iç içe parçaları inceleyin.
6. Kesim sırasını ve boşta geçişleri simülasyonda izleyin. Net parça adedini siparişle karşılaştırın.

> **Dikkat**
> Yüzde verimi yükseltmek için yön kilidini, kenar payını veya güvenli aralığı kaldırmayın. Simülasyondaki boş alanın gerçek tezgâhta bağlama elemanıyla dolu olmadığını doğrulayın.

Neden? Yerleşim hatası bütün sacı etkiler. İlk parça sağlam görünse bile son parçalarda destek ve ısı koşulları değişir.

5.3 Parça aralığı, kenar payı ve yön

Başlangıç için parça aralığını genellikle en az sac kalınlığı kadar düşünün; ince sacda 1–3 mm sık kullanılan bir planlama aralığıdır. Bunlar kesim reçetesi veya her iş için alt sınır değildir. Giriş hattı, delme krateri, ısı birikimi ve parçanın destek durumu daha geniş açıklık gerektirebilir. Kalın sacda ince sac aralığını doğrudan kullanmayın.



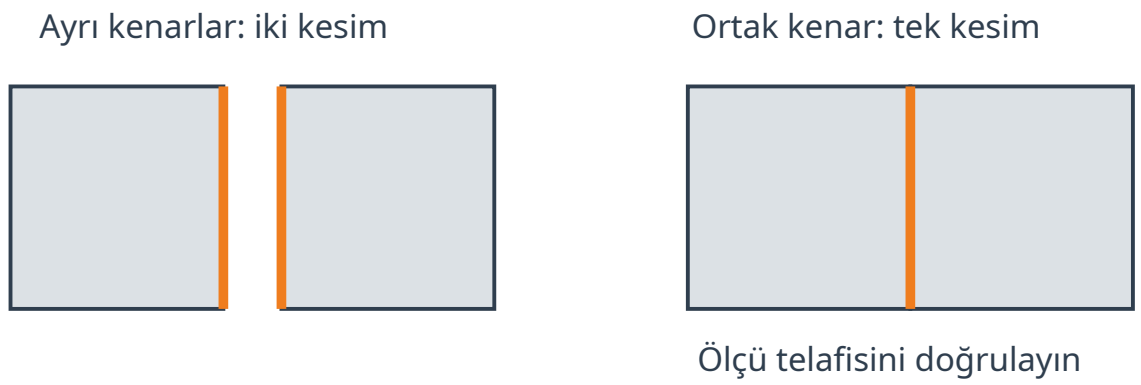
Şematik ölçülerdir. Aralığı ve kenar payını ayrı tanımlayın.

Sac kenarında delme ve giriş hattına yer ayırın. Eğri kesilmiş kenarı kullanılabilir sınır kabul etmeyin. Kenar payına sabit bir sayı vermek yerine gerçek kenar durumunu, kafa yolunu ve makinenin çalışma alanını kontrol edin.

Fırçalı paslanmazda yüzey yönünü; bükülecek parçada istenen hadde yönünü; dekoratif veya folyolu sacda görünüş yönünü koruyun. Teknik resimde yön şartı varsa dönüş açılarını buna göre sınırlayın. Parçayı aynalamak, döndürmekle aynı işlem değildir.

5.4 Ortak kenar ve delik içine parça

Ortak kenar ince sacda kesilecek yol ve delme sayısını azaltabilir. İki bağımsız çizgiyi yalnız üst üste koymayın; yazılımın ortak kenar işlevini kullanın. Ortak hattın telafisi her iki parçanın ölçüsüne uygun olmalıdır. Dar toleranslı parçada önce numune ölçün.



Turuncu çizgi kesilen kenarı gösterir. Kalın sacda ardışık komşu kesimler ısıyı aynı bölgede toplar.

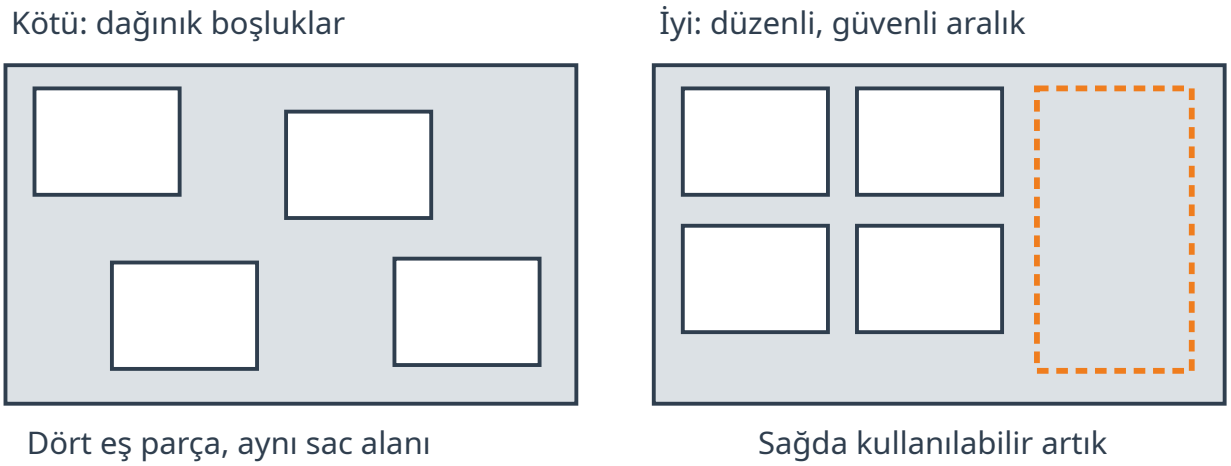
Kalın sacda ortak hattın tekrar ısınması, köşe yanması ve ölçü değişimi riski büyür. Yerleşim kazancını, kesim kalitesi ve ayırma işçiliğiyle karşılaştırın. Her malzemeye aynı ortak kenar düzenini uygulamayın.



İç boşluğu kesip düşürdükten sonra içindeki parçayı kesemezsiniz. Küçük parçanın da ızgara üzerinde desteklenmesini sağlayın.

5.5 Kesim sırası ve iyi yerleşim

Genellikle iç delikleri dış konturdan önce kesin. Yakın bölgeleri peş peşe ısıtmak yerine kesimleri sac üzerinde dağıtın. İnce uzun parçaları erken serbest bırakmayın. Küçük parçaların ızgaraya düşmesini veya yukarı kalkmasını önlemek için bölüm 6.2'deki mikro bağlantıları değerlendirin.



Aynı parça alanı aynı anlık verimi verir; kalan alanın şekli sonraki işteki kazancı değiştirir. Şema kesim sırası göstermez.

En kısa boşta yol her zaman en güvenli yol değildir. Kafayı ayrılmış parçanın üzerinden geçirmeyin. Bölüm 6.6'daki kurbağa atlaması, yol üzerindeki kalkmış parçayı güvenli hâle getirmez. Kalan iskeletin bütünlüğünü kesimin sonuna kadar değerlendirin.

5.6 Artık sacı kaydetme ve yeniden kullanma

Amaç: Kullanılabilir artığı, malzemesi ve sınırı belli bir stok kalemi olarak saklayın.

Gerekenler: Artık sac kayıt sistemi veya formu, ölçüm aracı, silinmeyecek stok etiketi ve güvenli taşıma ekipmanı.

1. Kesim bitince sacın soğumasını bekleyin. Kullanılabilir bölgeyi keskin ve dayanıksız iskeletten ayırın.
2. Malzeme sınıfını, kalınlığı, parti bilgisini ve yön şartını kaydedin. Görünüşe bakarak paslanmaz sınıfı tayin etmeyin.
3. Artığın dış sınırını ölçün; oyuk ve kusurları kayda işleyin. Dikdörtgen kutu ölçüsüyle yetinmeyin.
4. Fiziksel etiket ile yazılımdaki stok kaydına aynı kimliği verin. Depo konumunu ekleyin.
5. Yeniden yüklerken yönü, referansı, destekleri ve kapasitif yükseklik algılamasını doğrulayın. Sınır kontrolünü lazer kapalı yapın.

> **Dikkat**
> Küçük veya eğilmiş artığı yalnız tezgâha sığıyor diye kullanmayın. Kafa hareketi boyunca desteklenmeyen, sallanan malzemeyi kesmeyin.

Neden? Yanlış malzeme kimliği sonraki siparişi bozar; yanlış sınır ise boşluğa delme ve kafa çarpması doğurabilir.

5.7 İskeleti bölme ve verim hesabı

Scrap cut (iskelet bölme kesimi), kalan ağı taşınabilir parçalara ayırır. Bölme çizgisini bitmiş parçadan ve saklanacak artıktan uzak tutun. Yazılımda destek ve kesim sırasını kontrol edin; bölme işlemini iskeleti erken çökertecek sırada yapmayın. Ağır iskeleti uygun kaldırma ekipmanıyla alın. Makine çalışırken sacı elle çekmeyin.

> **Dikkat**
>
> İskelet sıcak, keskin ve dengesiz olabilir. Hareketi durdurun, lazeri güvenli duruma alın ve boşaltma prosedürünü uygulayın. İnce şeritlerin yaylanmasını, parçaların düşmesini ve kaldırma sırasında dağılmasını hesaba katın.

Alan verimi (%) = kabul edilen parçaların toplam net alanı ÷ kullanılan sac alanı × 100. Delikler üründe malzeme bırakmıyorsa net parça alanından çıkarın. Fire, kesim yarığı ve kullanılmayan alan paydanın içindedir.

Hesap örneği: Tek sac 1.000 × 2.000 mm olsun. Sac alanı 2.000.000 mm²'dir. Delikleri çıkarılmış toplam kabul edilen parça alanı 1.500.000 mm² ise verim 1.500.000 ÷ 2.000.000 × 100 = **%75** olur. Kalan %25'in tamamını hurda saymayın; içindeki kullanılabilir artığı ayrıca kaydedin. Bu sayılar yalnız alan hesabı örneğidir.

Yazılım dış kontur alanını kullanıyorsa ekrandaki yüzde net verimden yüksek olabilir. Aynı tanımla karşılaştırma yapın. Malzeme veriminin yanına delme adedini, toplam kesim yolunu, öngörülen süreyi ve ayırma işçiliğini ekleyin.

5.8 Yerleşim yazılımları ve son kontrol

Yazılım	Kullanım	İşi göndermeden önce
CypCut içi yerleşim	Kesim hazırlığıyla birlikte temel yerleşim; işlevler sürüm ve lisansa bağlıdır.	Mevcut otomatik yerleşim ve ortak kenar seçeneklerini doğrulayın.
CypNest	Ayrı ücretli yerleşim yazılımı/eklentisi; otomatik yerleşim ve ortak kenar hazırlığı.	Lisansı ve CypCut sürümüyle dosya uyumunu doğrulayın.
Lantek	Sac yerleşimi ve kesim programlama çözümleri.	Makinenize uygun çıktı dönüştürücüsünü doğrulayın.
SigmaNEST	Parça gruplama, yerleşim ve üretim hazırlığı.	Kesim teknolojisi ile kontrolcü uyumunu doğrulayın.
ProNest	Durma dahil birçok makine için uygun yapılandırmalarla kullanılabilen yerleşim çözümü.	Marka desteğini yeterli saymayın; model ve kontrolcü için post işlemciyi doğrulayın.

Menü adları sürüme göre değişebilir; çoğu sürümde yerleşim, dönüş ve aralık ayarları iş hazırlama araçlarında bulunur. Her marka ve lisans aynı seçenekleri sunmaz. Çıktıyı makineye uygun post işlemciyle, yani kontrolcünün anlayacağı programa dönüştüren yapılandırmayla hazırlayın.

- Parça adedi, revizyon, yön ve malzeme doğru mu?
- Girişler boş alanda mı; iç konturlar ve ortak kenarlar doğru sırada mı?
- Devrilme riski ve iskeletin son durumu kontrol edildi mi?
- Artık sac kaydı ve boşaltma yöntemi hazır mı?

Dayanak: Yerleşim ve yazılım kapsamı çalışma briefine dayanır. Aralık önerilerini numune kesimiyle doğrulayın; kesim reçetesi için bölüm 9'u kullanın.

06

Kesim teknikleri

Aynı reçete, farklı giriş ve kesim sırasıyla farklı sonuç verir. Önce parçayı sağlam tutun; sonra delme, boşta hareket ve köşe sürelerini azaltın. Yeni tekniği bütün saca uygulamadan numunede doğrulayın.

6.1 Giriş ve çıkış hattı seçimi

Lead-in (giriş hattı), delme yerini bitmiş kenardan uzaklaştırır ve ışını kontura taşır. Lead-out (çıkış hattı), kontur bitimindeki geçişi yönetir. Çizimden programa geçiş için bölüm 4'e bakın; burada parçanın biçimine göre tür seçin.

Tür	Uygun durum	Kontrol edilecek nokta
Düz giriş	Geniş atık alanı olan basit konturlar.	Kontura sert katılma izi ve delme kraterinin uzaklığı.
Yay giriş	Bitmiş kenara daha yumuşak katılma istenen parçalar.	Yayın atık içinde kalması; komşu parça ve dar delikle çakışmaması.
Teğet giriş	Kontur doğrultusuna uyumlu katılma gereken kenarlar.	Teğet uzantının ürüne girmemesi ve fazla ısı oluşturmaması.
Kısa giriş	Alanı dar iç boşluklar.	Delmenin tamamlanması ve kraterin ölçü yüzeyine taşmaması.
Çıkışsız / kısa çıkış	Kontur kapandığında parçanın serbest kalacağı işler.	Bitişte kesilmemiş nokta veya yeniden yanmış çentik kalmaması.
Yay veya teğet çıkış	Bitiş izinin atık tarafa taşınabildiği konturlar.	Çıkışın ayrılan parçayı takip etmemesi ve komşu konturu kesmemesi.

Dış konturda giriş genellikle parçanın dışında; iç konturda atılacak deliğin içinde kalır. Delme noktası ile girişin kontura bağlandığı noktayı ayrı inceleyin. Girişi dar köşeye, işlevsel ölçü yüzeyine veya mikro bağlantıya getirmeyin. Kalın sacda krater ve sıçrama için daha fazla alan gerekebilir.

Giriş uzunluğunu ve hızını ana kesimden bağımsız değerlendirin. Gereksiz uzun giriş süreyi ve ısıyı artırır; gereğinden kısa giriş, kararlı kesim oluşmadan ürüne ulaşır. Sayısal reçeteyi bölüm 9 ve makinenin giriş/delme tablosundan alın.

6.2 Mikro bağlantı ve köprü

Micro joint (mikro bağlantı), konturun küçük bir bölümünü kesmeden bırakarak parçayı iskelete tutar. Küçük, ince uzun veya destek çizgileri arasında kalan parçalarda kullanın. Amaç, parçanın düşmesini ve kafa yoluna kalkmasını önlemektir. Görünür kenarda kalan bağlantı izi sonradan temizleme gerektirir.

Bridge (köprü), yazılıma göre parçalar arasında taşıyıcı bağlantı veya konturları birleştiren yol anlamına gelebilir. Sadece adından hareket etmeyin; simülasyonda nerede malzeme bırakıldığını ve nerede kesim yapıldığını görün. Köprü ile mikro bağlantıyı aynı işlev saymayın.

Karar	Başlangıç yaklaşımı	Numunede kabul ölçütü
Bağlantı boyutu	Kalınlık, malzeme dayanımı ve parça ağırlığına göre makine/yazılım önerisini seçin.	Parça kesim boyunca kalkmasın; ayırırken bükülmesin.
Bağlantı sayısı	Uzun ve dengesiz parçayı birden fazla uygun noktadan tutun.	Gaz jeti ve son kesim bağlantıyı koparmasın.
Konum	Ölçü ve görünüş şartı olmayan, erişilebilir düz kenarı tercih edin.	Bağlantı izi işlevsel yüzeye zarar vermesin.
Kırma kolaylığı	En küçük güvenli tutmayı numunede belirleyin.	Soğuk parça uygun aletle ayrılsın; kenar yırtılmasın.

Sabit bir bağlantı genişliğini bütün malzemelere taşımayın. Fazla ince bağlantı erken kopar; fazla kalın bağlantı kırma işçiliğini artırır. Desteklerin yerini de kontrol edin: bağlantı, eksik desteği her durumda telafi etmez.

> **Dikkat**
> Bağlantıyı makine çalışırken elle kırmayın. Boşaltmada lazeri güvenli duruma alın, parçanın soğumasını bekleyin ve uygun eldivenle alet kullanın. Kırma yönünü yüzünüzden ve diğer kişilerden uzak tutun.

6.3 Köşe işleme ve güç–hız eğrisi

Kafa köşede yavaşlarken güç aynı kalırsa birim yol başına enerji artar. Oksijenin ekzotermik etkisi de köşeyi yakabilir. Keskin köşede yanma, deliğin genişlemesi ve ölçü kaybı görüyorsanız yalnız düz çizgi hızına bakmayın.

Power curve (güç–hız eğrisi), hız düştüğünde uygulanan gücü düzenler. Frekans eğrisi veya darbe ayarı bulunan sistemlerde bunlar ayrı işlevler olabilir. Menü adları sürüme göre değişebilir; çoğu sürümde katman veya teknoloji ayarlarında köşe gücü ve hıza bağlı güç seçenekleri bulunur. Kaynağın izin verdiği çalışma aralığı dışına çıkmayın.

Köşe döngüsü, yolu atık tarafa uzatarak keskin dönüşü daha akıcı yapabilir. Döngünün komşu parçaya girmediğini ve gereken ölçüyü bozmadığını doğrulayın. Soğutma işlevinde hareket dururken lazerin kapalı olduğunu, gaz davranışının ise reçeteye uygun olduğunu kontrol edin. Lazer açık bekleme ısıyı artırır.

- Önce nozul, gaz ve yüzey koşullarını doğrulayın.
- Düz kenar iyiyse köşeye ait güç ve hareket davranışını inceleyin.
- Eğriyi tek başına değiştirip aynı köşeyi tekrar kesin.
- Yuvarlatma yalnız teknik resim izin veriyorsa uygulansın; toleransı değiştirmeyin.

6.4 Küçük delikler

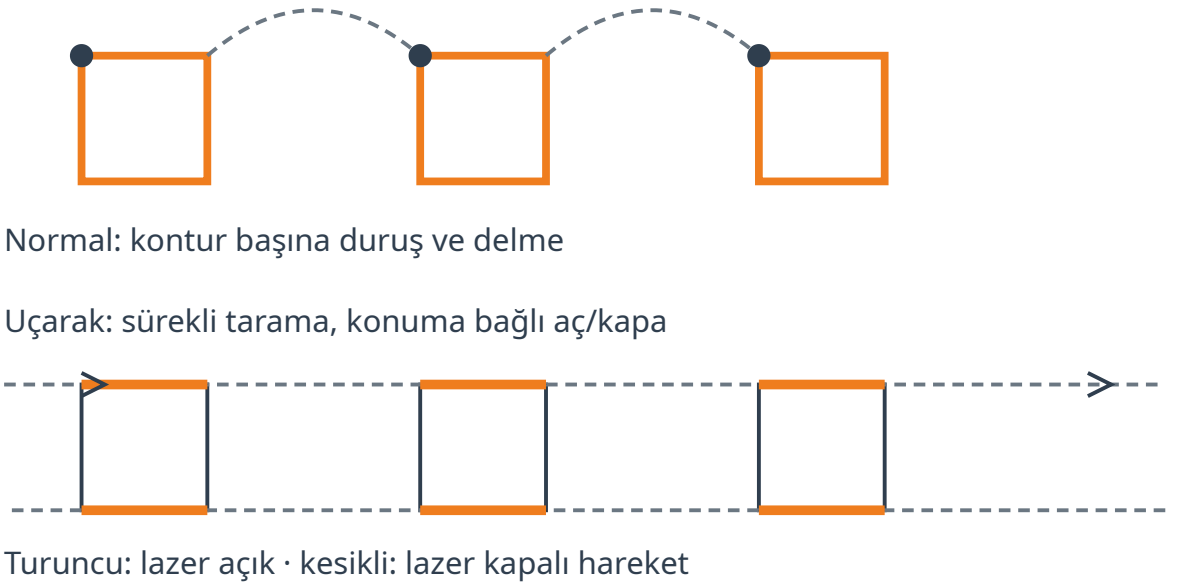
Delik çapı yaklaşık sac kalınlığına eşit veya ondan küçük olduğunda düzgün, dik ve ölçüsünde delik almak zorlaşır. Bu oran bir kapasite garantisi değildir. Delme krateri, kısa hareket mesafesi, gaz çıkışı ve köşedeki enerji birikimi birlikte etkiler.

Darbeli mod ve uygun düşük hız, onaylı küçük delik teknolojisinin parçası olabilir. Hızı tek başına fazla düşürmek deliği yakıp büyütebilir; güç, frekans ve görev oranını ilgili teknolojiyle birlikte değerlendirin. İç çapı hem üstten hem alttan ölçün. Ovalleşmeyi ve konikliği ayrı kaydedin.

Giriş için içeride yer kalmıyorsa delmeyi ölçü yüzeyine zorlamayın. Çizimin izin verdiği alternatif üretim yöntemini değerlendirin; sonradan matkapla işlenecek pilot delik ancak teknik onayla kullanılmalıdır. Çizimdeki çapı operatör kararıyla büyütmeyin.

6.5 Flycut (uçarak kesim)

Flycut (uçarak kesim), düzenli ızgara hâlindeki delik ve dikdörtgenlerde kafanın hareketini durdurmadan lazeri uygun konumlarda açıp kapatır. Uygun ince sac uygulamasında her özellikte ayrı duruş ve delme beklemesi kullanılmaz. Delmenin hareket sırasında güvenilir biçimde tamamlanması gerekir; sacın delinmesi gereği ortadan kalkmaz.



Yol ilkesi şemasıdır. Altta yalnız yatay taramalar gösterilir; dikdörtgenleri tamamlayan diğer taramalar gösterilmemiştir.

Çok sayıda düzenli açıklığı olan ince sacda duruşların kalkması büyük süre kazancı sağlayabilir. Kazanç yüzdesini varsaymayın; aynı işin toplam çevrimini karşılaştırın. Sac yükleme, kenar temizleme ve kusurlu delik düzeltme süresini de sayın.

Şart	Kontrol	Sağlanmazsa risk
Düzenli dizi	Adım, doğrultu ve açıklıklar tekniğe uygun mu?	Aç/kapa noktası kayar; kontur tamamlanmaz.
İnce ve düzgün sac	Hareket sırasında kararlı delme mümkün mü?	Kesilmemiş başlangıçlar ve altta yapışma oluşur.
Makine dinamiği	Kontrolcü, kaynak tetiklemesi ve eksenler bu işlevi destekliyor mu?	Konum ve ölçü hatası oluşur.
Doğrulanmış delme	İlk ve son dizi dahil delikler tamamen açılıyor mu?	Tekrarlanan hata bütün saca yayılır.

Rastgele konumlu deliklere, kalın saca veya makinenin desteklemediği programa zorla uygulamayın. İlk diziyi ölçün; başlangıç/bitiş izlerini ve çapakları inceleyin. Hareketli delme nedeniyle çıkan sıçramanın koruyucu cama etkisini takip edin.

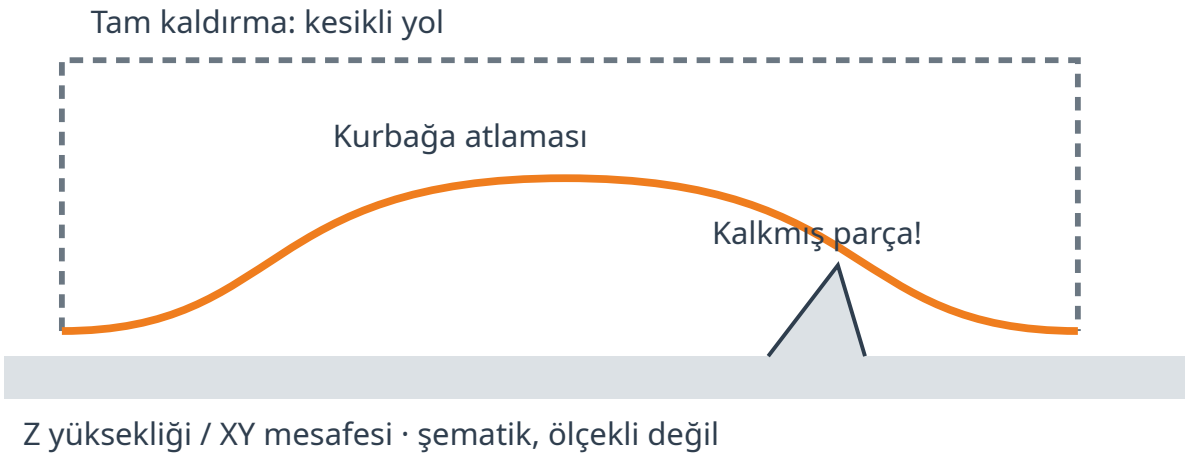
Benzer görünen hareketleri ayırın

İşlem	Lazer ne zaman çalışır?	Asıl kazanç
Normal kontur kesimi	Delme ve girişten sonra konturu izler; sonraki kontura geçişte kapalıdır.	Serbest biçimli parçalar için esnek yol.
Uçarak kesim	Sürekli tarama hareketi sırasında konuma göre açılır/kapanır.	Uygun dizide kontur başına duruş ve delme beklemesinin kaldırılması.
Kurbağa atlaması	Konturlar arası boşta geçiş sırasında kapalıdır.	Boşta kaldırma–ilerleme–indirme süresinin azaltılması.
Ön delme	Önce ayrı delme noktalarında; sonraki turda kesim yollarında çalışır.	Delme ile kontur kesimini ayrı yönetme.

Bu işlevlerin bir arada bulunması hepsinin aynı işte açılması gerektiği anlamına gelmez. Önce normal yöntemle kabul edilen parçayı elde edin. Ardından makinenin desteklediği tekniği, toplam iş süresine ve kaliteye etkisiyle değerlendirin.

6.6 Leapfrog (kurbağa atlaması)

Leapfrog (kurbağa atlaması), Z eksenini her geçişte tam yüksekliğe çıkarıp indirmek yerine XY hareketiyle uyumlu eğrisel bir kaldırma ve indirme hareketi uygular. Boşta geçiş süresi azalır. Gerçek profil ve izin verilen yükseklikler kontrolcüye ve makinenin dinamiğine bağlıdır.



Düşük geçiş yolu, yukarı kalkmış parçayla çarpışabilir. Zaman profili yerine hareketin mekânsal ilkesi gösterilmiştir.

Mikro bağlantı, güvenli kesim sırası ve geçiş rotasını birlikte hazırlayın. Özellikle son dış konturdan sonra serbest kalan parçanın üstünden geçmeyin. Dalgalı sac ve desteksiz artıklarda hız kazancını öncelik yapmayın. Simülasyon parça devrilmesini her zaman modellemez.

6.7 Ön delme, soğutma noktası ve sıra

Pre-pierce (ön delme), belirlenen delme noktalarını önce açıp sonra kesim konturlarına dönmektir. Kalın sacda delme sıçramasını ve ısı yükünü ayrı yönetmeye yardım eder. Daha çok boşta yol, gaz ve toplam süre doğurabilir. Ön delme ile uçarak kesimi aynı işlem sanmayın; ön delmede ayrı delme çevrimleri vardır.

Önceden açılmış nokta kayarsa ikinci geçiş delik yerine dolu malzemeye gelir. Sacı geçişler arasında oynatmayın; referansı koruyun. Delme sonrası cürufun, yani katılaşmış eriyik birikiminin kafanın takip yolunda kalmadığını kontrol edin. Delme ayrıntıları için bölüm 12'ye bakın.

Soğutma noktasını veya beklemesini yalnız kontrolcünün onaylı işleviyle kullanın. Lazer kapalı, gaz açık veya kapalı davranışı reçeteye göre belirlenir. Sac sıcakken bir sonraki bitişik konturu kesmek yerine farklı bölgeye geçmek çoğu zaman daha uygun olur.

- İç konturlar → destekli küçük parçalar → büyük dış konturlar sırasını işe göre düzenleyin.
- Isıyı tek köşede toplamayın; parçalar arasında dağıtın.
- Ortak kenar ve mikro bağlantıların sırasını ayrıca izleyin.
- Son dış kesimde kalan iskeletin ve artığın nasıl davranacağını kontrol edin.

6.8 Yeni tekniği devreye alma

Amaç: Süre kazancını parça kalitesini koruyarak doğrulayın.

Gerekenler: Onaylı temel reçete, aynı malzemeden numune, ölçüm aracı ve deneme kaydı.

1. Temel yöntemle numune kesin. Ölçüyü, kenarı, delme sayısını ve çevrim süresini kaydedin.
2. Yalnız bir tekniği etkinleştirin. Yazılım desteğini ve simülasyonu kontrol edin.
3. Lazer kapalı sınır kontrolünü yapın. İlk küçük grubu makinenin kapalı koruması arkasından izleyin.
4. Parçalar soğuyunca ölçün; üst ve alt kenarı, köşeyi ve giriş izini karşılaştırın.
5. Çarpma riski, kesilmeyen nokta veya kalite kaybı varsa temel yönteme dönün. Uygun sonucu revizyonlu reçete olarak saklayın.

> **Dikkat**
>
> Kapıyı açarak hareketi izlemeyin, kilitleri devre dışı bırakmayın. Numunede kalkma veya çarpma belirtisi varsa otomatik çevrimi güvenle durdurun.

Neden? Programın kısa süre göstermesi tek başına başarı değildir. Kabul edilen parça başına toplam süre ve işçilik düşmelidir.

6.9 Boru kesime kısa not

Bu kılavuzun kapsamı düz sacdır. Boru kesiminde döner eksenler, aynalar, boru desteği ve arka yüzeye ışın geçişi farklı riskler oluşturur. TubesT gibi ayrı yazılım ve makineye uygun boru kesim teknolojisi gerekebilir. Düz sac yerleşimini ve reçetesini boruya doğrudan taşımayın.

Dayanak: Teknik kapsam çalışma briefi; teşhis yaklaşımı yerel Linde “Laser cutting advice” belgesi. Kesim reçeteleri bölüm 9'dadır; yazılım işlevlerini kurulu sürümde doğrulayın.

07

Gaz seçimi

Kesim gazı erimiş metali kesim yarığından uzaklaştırır ve kenarın kimyasını etkiler. Gazı yalnız fiyatına göre seçmeyin; malzeme, kenar şartı, mevcut basınç ve sonraki işlemi birlikte değerlendirin.

7.1 Oksijen, azot ve hava nasıl çalışır?

Gaz	Kesim mekanizması ve kenar	Genel düzen
O_2 Oksijen	Oksidasyon ekzotermiktir; kimyasal tepkime ilave ısı sağlar. Siyah sacda oksit tabakalı kenar bırakır.	Genellikle düşük basınç, çift kat nozul (D), pozitif fokus.
N_2 Azot	Enerjiyi ağırlıkla lazer sağlar; azot eriyiği dışarı atar. Uygun saflıkta parlak, oksitsiz kenar elde edilir.	Genellikle yüksek basınç, tek kat nozul (S), negatif fokus.
Hava Kuru basınçlı hava	Azot ve oksijen karışımıdır. İnce–orta sacda ekonomik ve hızlı olabilir; kenar hafif koyu ve az çapaklı çıkabilir.	Uygun kompresör, kurutucu, filtreler ve onaylı hava reçetesi gerekir.

O_2: Siyah sac için tipik düşük basınç ailesi 0,5–1,5 bar olarak anılır. Yerel Maxphotonics tablosundaki yaygın O_2 satırları 0,6–0,9 bar gösterir. Bunları evrensel ayar yapmayın; seçtiğiniz satırın bütün değerlerini bölüm 9'dan alın. Bakırın özel O_2 işlemi bu düşük basınç genellemesinin dışındadır.

Oksit tabakasını boya ve kaynak öncesi ilgili iş şartına göre temizleyin. Oksitli kenarın üzerine doğrudan boya uygulamak yapışmayı etkileyebilir. Oksijeni artırmak her kusuru çözmez; aşırı basınç köşeleri yakabilir ve ince ayrıntıları bozabilir.

N_2: Genel yüksek basınç ailesi 8–25 bar olarak tarif edilir; yerel Maxphotonics tablosu çok sayıda N_2 satırında 20 bar verir. Bu aralığı ekipman kapasitesi saymayın. Regülatör, hat ve kafa için izin verilen sınırlarla makine reçetesi birlikte geçerlidir. Yüksek debi nedeniyle tüketim genellikle O_2 kesimine göre fazladır.

Hava: Uygun ince–orta sac işinde çevrim ve gaz gideri açısından avantaj sağlayabilir. Kalınlık sınırını güçten bağımsız kabul etmeyin. Havanın oksijeni, azotla aynı oksitsiz kenarı vermesini engeller. Görünüş ve sonraki işlem şartını numuneyle kabul ettirin.

> **Aralık ile reçeteyi ayırın**
>
> Bu bölümdeki genel basınç aralıkları gaz ailelerini açıklar. Operatör ayarı, bölüm 9'daki malzeme–kalınlık–güç satırı ve makinenin onaylı tablosudur. Nozul ve fokus seçimini aynı satırdan alın.

7.2 Saflık ve basınçlı havanın hazırlanması

O_2 saflık hedefini en az %99,95 (3.5) alın. N_2 için en az %99,995; oksitsiz/parlak kenar istenen kalite işlerinde 5.0 (%99,999) hedefleyin. Raytools BM115 şartnamesindeki nem ve hidrokarbon sınırlarını da kontrol edin: H_2O < 5 ppm, HC < 1 ppm. Gaz tedarik belgesini ve hattaki kirlenmeyi birlikte değerlendirin; makine/kafa üreticisinin daha sıkı şartını uygulayın.

Azot içindeki **oksijen ve nem kirliliği** kesim kenarında oksitlenme ve renklenmeye neden olabilir; **hidrokarbonlar** optiğe zarar verebilir. Toplam saflık yüzdesi tek başına her işte renksiz kenar garantisi vermez.

Basınçlı havayı kuru ve yağsız sağlayın. Tipik hazırlama zinciri **kompresör → uygun kurutucu → 1 µm ön filtre → 0,01 µm ince/koalesan filtre → makine** şeklindedir. Alıcı tank, tahliye ve filtre yerleşimini kompresör üreticisinin projesine göre düzenleyin. Bu iki filtre ölçüsü tek başına bütün yağ buharını veya nemi gidermez; gereken hava kalitesini makine üreticisinden alın. ISO 8573-1:2010 hava kalitesini parçacık.su.yağ sınıf üçlüsüyle belirtir; BEKO parçacık ve yağ için sınıf 1 veya 2 önerir, ancak makinenize gereken tam üçlüyü üretici/kafa tedarikçisiyle doğrulayın.

- Kurutucu çalışma durumunu ve kondens tahliyesini kontrol edin.
- Filtre bakımını ve basınç kaybını takip edin; tıkalı filtre yüksek kompresör basıncına rağmen debiyi azaltır.
- Yağ veya su taşıması varsa hava kesimini durdurun; sebebi giderilmeden tekrar başlamayın.
- Yağ/su kesim kafasına ulaşırsa koruyucu cam üzerinde birikerek camın yanmasına ve optik hasara yol açabilir.

Dikkat

Oksijen hattında yağ veya gres kullanmayın. Gaz ekipmanını ilgili gaz için seçin. Basınç altındaki bağlantıyı gevşetmeyin; bakımda hattı izole edip basınçsız durumu doğrulayın. Azotun birikebileceği kapalı alanlarda havalandırmayı sağlayın.

Saflık hedefleri: Linde ve Messer; H_2O/HC sınırları: Raytools BM115; hava sınıfları: ISO 8573-1 ve BEKO. Kaynak bağlantıları Ek F'dedir.

Hava kesimi altyapısı

ISO 8573-1 sınıf üçlüsünü parçacık.su.yağ sırasıyla yazın. Yukarıdaki BEKO önerisi parçacık/yağ sınıflarını kapsar; su sınıfını da içeren tam üçlüyü makine/kafa tedarikçisiyle doğrulayın.

Saidesi/GWK satıcı rehberlerinde ≥3 kW için 16 bar kompresör yaygın seçim olarak geçer; kurutucu, filtre, regülatör ve boruda toplam 1,5–3 bar kayıp bildirilmektedir. Bunlar araştırmada arama özetlerinden alınmıştır; her tesiste aynı kayıp oluşmaz. Kesim akışı sırasında makine girişinde ve üreticinin izin verdiği nozul tarafı ölçüm noktasında basıncı doğrulayın; 16 barı nozul ayarı saymayın.

Kurutucu önerileri aynı değildir: araştırmadaki satıcı özetlerinde yaklaşık -40 °C basınç çiy noktası için adsorpsiyonlu kurutucu ve 3–5 °C için soğutmalı kurutucu seçenekleri geçer; hangi önerinin hangi satıcıya ait olduğu doğrulanmamıştır. Kurutucu tipini gerekli su sınıfına ve tepe debiye göre tedarikçiyle seçin. **DOKTEK kuralı — birincil kaynak yok:** Basınç çiy noktasını izleyip kaydedin; kabul sınırı aşıldığında veya koruyucu camda buğu görüldüğünde hava kesimini durdurup kurutucu, tahliye ve filtreleri kontrol edin.

ISO 8573-1 · BEKO · Saidesi 16 bar · Saidesi 2026 · GWK

7.3 Gaz kaynağını seçme

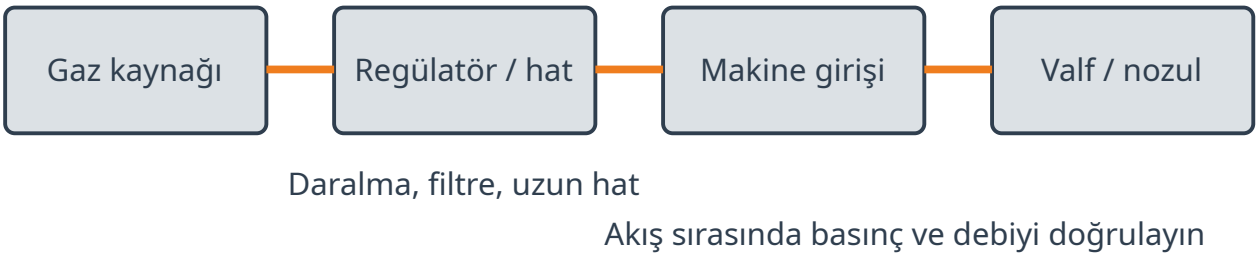
Kaynak	Yatırım	İşletme	Saflık	Basınç ve debi
Tek tüp	Genellikle düşük başlangıç yatırımı; regülatör ve güvenli bağlantı gerekir.	Düşük kullanımda pratik; sık değişim ve lojistik gideri doğar.	Satın alınan gaz sınıfı ve bağlantı temizliğine bağlı.	Regülatör kapasitesi ve tüp doluluğu sınırlar; yüksek N_2 debisinde süre kısalır.

Kaynak	Yatırım	İşletme	Saflık	Basınç ve debi
Tüp paketi	Tüpe göre daha büyük alan ve manifold düzeni.	Daha seyrek değişim; paket nakli ve kira koşulları önemlidir.	Sertifikalı gaz; dağıtım hattı temizliği korunmalıdır.	Daha uzun besleme; hat ve regülatör yine gerekli debiye uygun olmalıdır.
Sıvı tank	Tank, buharlaştırıcı ve saha altyapısı; tedarik sözleşmesine bağlı.	Sürekli yüksek tüketimde değerlendirilebilir; kayıp ve lojistiği hesaba katın.	Tedarik sınıfıyla belirlenir; uygun sistemde kararlı besleme.	Buharlaştırma kapasitesi ve çıkış basıncı kesintisiz talebi karşılamalıdır.
N_2 jeneratörü	Yüksek ilk yatırım; kompresör, hazırlama ve gerekirse yükseltici gerekir.	Elektrik, bakım ve filtre gideri; çalışma süresine bağlı ekonomi.	Hedef saflık yükseldikçe kullanılabilir debi değişir; ölçümle doğrulayın.	Kesim basıncı için depolama/yükseltici gerekebilir; anlık talebi kontrol edin.
Hava kompresörü	Basınca ve debiye uygun kompresör, kurutucu ve filtre yatırımı.	Elektrik, bakım ve hava hazırlama gideri vardır.	Hava bileşimi korunur; kurutma ve filtrasyon hava kalitesini belirler.	Kompresör etiketi yeterli değildir; kesim sırasında makine girişindeki değeri doğrulayın.

Yatırım düzeyleri göreli değerlendirmedir; fiyat veya geri ödeme süresi değildir. Aylık tüketim, vardiya düzeni, saha şartları ve tedarik sözleşmesiyle teklifleri karşılaştırın. Tepe debi karşılanmazsa dolu tank ve yüksek statik basınç bile iyi kesim sağlamaz.

Tedarikçiye yalnız “lazer için gaz” demeyin. İstenen saflığı, çalışma basıncını, kesintisiz ve anlık debiyi, eşzamanlı makine sayısını bildirin. Basıncın tüp çıkışında mı, makine girişinde mi, kesim akışı sırasında mı ölçüldüğünü rapora yazın.

Kaynak basıncı ile kesim noktasını ayırın



Bir noktada yüksek basınç ölçülmesi, zincirin devamında yeterli akış olduğunu göstermez. Şema gaz tesisatı projesi değildir.

Kesim başlamadan basınç normal, kesimde düşükse besleme kapasitesini araştırın. Regülatör debisi, vana açıklığı, hortum kesiti, filtre tıkanması ve eşzamanlı tüketim etkili olabilir. Eksik akışı gidermek için basıncı sistem sınırının üzerine çıkarmayın. Hat değişikliğini yetkili gaz tesisatı personeline bırakın.

Gaz analizi kaynağın çıkışında uygunken kenar renkleniyorsa ortak hat, valf ve bağlantılarda karışma olasılığını değerlendirin. Yalnız gaz tedarikçisini veya yalnız kesim reçetesini sorumlu tutmayın; örneklerin aynı işin başında mı yoksa tamamında mı bozulduğunu kaydedin.

7.4 Malzemeye göre gaz seçimi

Malzeme	O_2	N_2	Hava
Siyah sac	**Önerilen:** oksitli kenarın kabul edildiği, özellikle kalın sac işleri.	**Olur:** uygun ince sac ve oksitsiz kenar şartı; güç ve tüketimi değerlendirin.	**Olur:** doğrulanmış ince–orta sac reçetesi ve kabul edilen kenar.
Paslanmaz	**Önerilmez:** oksitsiz kenar ve yüzey şartını bozar.	**Önerilen:** oksitsiz kenar için yeterli saflıkla.	**Olur:** renklenme/oksit ve sonraki temizlik kabul ediliyorsa.
Galvaniz	**Tercih edilmez:** GWEIKE ≥3 mm'de numuneyle O_2 seçeneği verir; çinko tepkimesini ve dumanı değerlendirin.	**Önerilen:** uygun duman emişi ve reçeteyle.	**Olur:** kuru, yağsız hava ve numune onayıyla.
Alüminyum	**Önerilmez:** bu kılavuzdaki standart yaklaşım değildir.	**Önerilen:** kaynak ve kafa uygunluğu doğrulanarak.	**Olur:** kenar şartı ve çapak numuneyle kabul ediliyorsa.
Pirinç	**Önerilmez:** burada standart reçete olarak verilmez.	**Önerilen:** geri yansıma uygunluğu doğrulanmış sistemde.	**Olur:** yalnız üreticinin açıkça onayladığı reçeteyle.
Bakır	**Kaynağa bağlı:** BWT saf bakırda yüksek basınçlı O_2 tarif eder; yalnız uygun ve onaylı sistemde.	**Kaynağa bağlı:** Boss Laser N_2'yi olağan tercih sayar; makineye özel reçeteyi doğrulayın.	**Önerilmez:** bu kılavuzda genel bir hava reçetesi kabul etmeyin.

"Olur", her kalınlıkta ve her güçte çalışır anlamına gelmez. Tabloda önerilen gaz dahi makinenin malzeme uygunluğunu ortadan kaldırmaz. Pirinç ve bakır için bölüm 10.5'teki geri yansıma uyarısını uygulayın. İlgili satır bölüm 9'da yoksa başka malzemenin ayarını kopyalamayın.

Bakırda kaynaklar ayrışır: Çin kaynak üreticisi BWT yüksek basınçlı O_2 ister; Batılı Boss Laser N_2'yi olağan tercih sayar. IPG adına yayımlanan derleme de N_2/hava örnekleri içerir; bu birincil IPG gaz reçetesi değildir. Gazları eşdeğer saymayın; kaynak/kafa üreticinizin bakır onayını ve tam reçetesini alın.

BWT'nin ≥10 kW bakır/alüminyum önlemleri: yalnız uygun sistemde tam güçte sürekli dalga (CW) kullanın; çalışabilen en küçük nozulu seçin ve seri hızını başarılı numunenin ≈%80'ine indirin. Nozul soğutma gazını sürekli açık tutun. Bu öneriler makinenin izinlerini aşmaz; yüksek basınçlı bakır O_2 reçetesini siyah sacla karıştırmayın.

GWEIKE · BWT

7.5 Gaz gecikmesi ve hattı süpürme

Gaz gecikmesi, lazer başlamadan önce seçilen gazın kesim noktasına kararlı ulaşması için ayrılan zamandır. Uzun hat, gaz değişimi ve yetersiz debi sonucu etkiler. Özellikle azot hattındaki hava ilk parçalarda renklenmeye yol açabilir.

Amaç: Kesime doğru gaz ve kararlı akışla başlayın.

Gerekenler: Onaylı gaz hattı, regülatör, uygun basınç göstergesi ve makinenin gaz test/süpürme işlevi.

1. Doğru gazın bağlandığını ve tedarik seviyesini doğrulayın. Gaz sınıfını kayda alın.
2. Lazer kapalıyken üreticinin gaz testini çalıştırın. Akış sırasında makine giriş basıncını kontrol edin.

3. Gaz değiştiyse ortak hattı üreticinin belirttiği yöntemle süpürün. İşlem gazıyla havayı uzaklaştırın.
4. Onaylı gaz gecikmesiyle numune kesin. İlk ve sonraki parçanın kenar rengini karşılaştırın.
5. İlk parça bozuksa gecikmeyi ve hat karışmasını inceleyin. Sürekli bozuksa saflık, kaçak ve debiyi ayrıca kontrol edin.

> **Dikkat**
> Buradaki hattı süpürme, gazı makinenin kontrollü çıkışından geçirmektir. Basınçlı bağlantıyı gevşeterek "hava alma" yapmayın. Gaz tahliyesini yeterli havalandırmayla yönetin.

Neden? Manometrede basınç görmek, nozula doğru saflıkta ve yeterli debide gaz ulaştığını kanıtlamaz.

7.6 Gaz maliyetini değerlendirme

Gaz gideri = tüketim × birim fiyat. Tüketim ve fiyatı aynı hacim esasına getirin; standart hacim ile basınçlı hat hacmini doğrudan karşılaştırmayın. İş başına gider hesabına delme, ön üfleme, kesim, bekleme üflemesi ve kaçak kayıplarını ekleyin.

Parça başına gaz gideri = işin toplam gaz gideri ÷ kabul edilen parça adedi. Nozul çapı ve basınç arttıkça, diğer koşullar aynıyken tüketim genellikle artar. Debi–basınç ilişkisini düz orantı sayıp uydurma tüketim üretmeyin; akış ölçümü veya tedarikçi/nozul verisini kullanın.

Hava ücretsiz değildir: elektrik, kurutma, filtre ve bakım gideri vardır. Jeneratörde de enerji, saflık kontrolü ve bakım gerekir. Daha ucuz gazın ek çapak temizleme veya yeniden boya hazırlığı doğurup doğurmadığını toplam iş maliyetinde değerlendirin.

Nozul debisi ve metre başına azot

Aynı gaz, basınç ve benzer nozul geometrisinde debi yaklaşık olarak nozul delik çapının karesiyle orantılıdır: $Q \propto d^2$. Çapı 1,5 mm'den 2,0 mm'ye çıkarmak, $(2{,}0 \div 1{,}5)^2 = 1{,}78 \approx 1{,}8$ kat debi demektir. Bunu yalnız güç artışına bağlı tüketim kuralı saymayın.

Metre başına N_2 (L/m) = nozul debisi (L/dk) ÷ kesim hızı (m/dk). Debinin standart/normal hacim esasını belirtin ve karşılaştırmada aynı esası kullanın.

Hesap örneği — varsayım: Nozul debisi 300 L/dk, yalnız hesap için varsayılan kesim hızı 3 m/dk olsun: 300 L/dk ÷ 3 m/dk = 100 L/m = 0,10 m³/m. Bu, kesim reçetesi veya ölçülmüş debi değildir; yalnız kesimde gaz açıkken geçen süreyi kapsar. Delme, ön üfleme, bekleme üflemesi ve kaçakları iş toplamına ayrıca ekleyin.

Oxywise · Arcus

7.7 Vardiya başlangıcı kontrolü

- Malzeme ve kenar şartına uygun gaz seçili mi?
- Saflık belgesi ve gaz seviyesi uygun mu?
- Akış sırasında basınç düşüyor mu; filtre veya hat kısıtlaması var mı?
- Hava kullanılıyorsa kurutucu ve tahliye çalışıyor mu?
- Gaz değişimi sonrası hat süpürülmüş mü?
- Nozul tipi, çapı, fokus ve yükseklik aynı reçeteye ait mi?
- İlk numunenin kenar rengi ve çapak durumu kabul edildi mi?

Kaynaklar: Maxphotonics MFSC/MFMC yerel kesim verileri; Linde “Laser cutting advice”; çalışma briefi ve galvaniz için yerel v1 örneği. Sayısal kesim satırları bölüm 9'da bir arada verilir.

08

Güç seçimi

Lazer gücünü en kalın tek parçaya göre seçmeyin. Düzenli kestiğiniz malzeme, kalınlık dağılımı, istenen kenar ve vardiya yükü birlikte belirleyicidir. Etiket gücü ile reçetede kullanılan güç farklı olabilir.

8.1 Güç, kalınlık ve hızın ilişkisi

Azotla ergitme kesiminde malzemeyi eritecek enerjiyi büyük ölçüde lazer sağlar. Kalınlık arttıkça aynı güçle kararlı kesim hızı genellikle düşer. Daha yüksek güç, uygun optik ve gazla hızı veya işlenebilir kalınlığı artırabilir. Aynı güçte iki makinenin her malzemede aynı sonucu vereceğini kabul etmeyin.

Kesim hızı; ışın özellikleri, fokus, nozul, gaz debisi, yüzey ve makine hareketiyle birlikte belirlenir. Toplam çevrim süresine delme, köşe yavaşlaması, boşta geçiş ve yükleme de dahildir. Bir uzun düz çizginin tablodaki hızı, küçük delikli parçanın ortalama üretim hızı değildir.

Gücü değiştirerek kirli koruyucu camı, eksik gazı veya yanlış merkezlemeyi telafi etmeyin. Önce sistemi doğrulayın; teşhis için bölüm 13.1'i kullanın.

Tablo alt hızının %85'i ilk deneme başlangıcıdır (DOKTEK kuralı — birincil kaynak yok); ≥10 kW'ta kalın veya yansıtıcı malzemede numunede doğrulanan hızın ≈%80'ini seri üretim için kullanın. %85 tabloya göre ilk denemeyi, %80 ise başarılı numuneye göre seri üretim payını tanımlar; oranları art arda tablo hızına uygulamayın. BWT'nin %80 önerisi doğrudan ≥10 kW bakır/alüminyum içindir; kalın malzemeye genişletme DOKTEK kuralı — birincil kaynak yok.

BWT

8.2 Azami kalınlık özetini okuma

Bu liste kapasite garantisi değildir. "Seri üretim" sütunu ◆ hariç kaynak satırlarının en büyük kalınlığıdır; "deneme" ◆ dahil en büyük kalınlıktır. ★ varsa türetme içerir.

Güç	Siyah sac		Paslanmaz		Galvaniz		Alüminyum		Pirinç		Bakır	
	Seri üretim mm	Deneme mm	Seri üretim mm	Deneme mm	Seri üretim mm	Deneme mm	Seri üretim mm	Deneme mm	Seri üretim mm	Deneme mm	Seri üretim mm	Deneme mm
1 kW	12	12	6	6	6 ★	6 ★	3	3	3	3	—	—
1,5 kW	16	16	8	8	6 ★	6 ★	5	5	4	4	—	—
2 kW	20	20	8	8	6 ★	6 ★	6	6	4	4	—	—
3 kW	20	20	10	10	—	5	8	8	6	6	—	—
4 kW	22	25	12	16	6 ★	6 ★	10	12	8	8	4	4
6 kW	25	40	22	35	6 ★	6 ★	20	20	12	20	6	8
8 kW	25 ★	40 ★	22 ★	35 ★	6 ★	6 ★	20 ★	20 ★	12 ★	16 ★	6 ★	8 ★
10 kW	25 ★	40 ★	22 ★	35 ★	6 ★	6 ★	20 ★	20 ★	12 ★	16 ★	6 ★	8 ★
12 kW	35	40	30	40	6 ★	6 ★	40	40	16	16	10	10
15 kW	50	50	50	50	6 ★	6 ★	50	50	20	20	10	10
20 kW	50 ★	50 ★	30 ★	50 ★	6 ★	6 ★	30	60	20	20	10	12
30 kW	50	80	35	100	6 ★	6 ★	—	—	—	—	—	—

Bu alan, bölüm 9'un verisinden üretilen güç–malzeme kalınlık özetidir. **Azami kalınlık**, sürekli üretimde aynı kenar kalitesi ve aynı hız garantisi değildir. Malzeme ve gazı birlikte okuyun; eksik veri hücresini sıfır kapasite veya sınırsız kapasite olarak yorumlamayın.

Amaç: Özetteki kapasite bilgisini tam reçete ve gerçek üretim şartlarıyla birlikte değerlendirin.

Gerekenler: Otomatik kalınlık özeti, bölüm 9'un tam satırı, makine bilgisi ve aynı malzemeden numune.

1. Önce kaynak gücünü ve doğru malzeme sütununu bulun.
2. Özette verilen kalınlık için bölüm 9'daki tam satıra geçin.
3. Gaz, güç, nozul, fokus ve yüksekliği birlikte okuyun. Optik ve kaynak koşullarının makinenize uyduğunu doğrulayın.
4. ★ işaretini DOKTEK'in türettiği değer; ◆ işaretini “deneme değeri, seri üretim için değil” olarak değerlendirin.
5. Numunede delme, kesim sürekliliği ve kenar kalitesini ölçün. Üretim seçimini kabul edilen parça üzerinden yapın.

> **Dikkat**
>
> Özetteki en yüksek kalınlığı günlük üretim hedefi yapmayın. Seri işte malzeme partisi, uzun kontur, delme sayısı ve gaz altyapısı için kararlı sonuç gerekir. Deneme işaretli satırı üretim garantisi olarak kullanmayın.

Neden? Özet seçim yapmayı kolaylaştırır; kaliteyi belirleyen gaz, optik ve delme şartları tam reçetede bulunur.

8.3 İnce sacda güç ve makine dinamiği

İnce sacda güç artışı her zaman aynı oranda üretim artışı vermez. Küçük parçalar ve sık köşeler, eksenlerin yüksek hıza çıkmasına fırsat bırakmaz. Bu durumda ivme, kontrolcünün yolu işleme biçimi ve lazer aç/kapa davranışı çevrimi sınırlar.

Yüksek güç tamamen gereksiz sayılmaz; uzun doğrularda veya uygun azot kesiminde yarar sağlayabilir. Ancak yalnız ince ve küçük parçalar kesiliyorsa daha yüksek etiket gücü yerine gerçek program çevrimini karşılaştırın. Uçarak kesim ve yerleşim iyileştirmesi de süreyi etkileyebilir; bölüm 6.5'e bakın.

Teklifleri aynı çizim, aynı malzeme, aynı gaz ve aynı kalite kabulüyle karşılaştırın. Yükleme, delme, kesim ve boşaltma sürelerini ayrı kaydedin. Maksimum düz çizgi hızını toplam üretim süresi yerine kullanmayın.

8.4 Kalın siyah sacda O_2 ve ışın yapısı

Oksijenle kesimde kimyasal tepkime ilave ısı sağlar. Kalın siyah sacda fazla lazer gücü, kesim yarığının genişlemesini ve yanmayı artırabilir. Bu nedenle bazı reçeteler kaynak kapasitesinin altında güç kullanır. Yerel Maxphotonics tablosunda kalın O_2 satırlarının güç sütununun düşmesi bir yazım hatası olarak kabul edilmemelidir.

Bu düşüş bütün kalınlıklar için geçerli bir formül değildir. Daha ince O_2 satırında yüksek güçle farklı nozul/fokus teknolojisi bulunabilir. Tablodan yalnız hız veya yalnız güç seçmeyin; satırın tamamını koruyun. Yüksek güçlü kaynağı kalın O_2 işinde her zaman tam güçte çalıştırmak gerekmez.

Işın/çıkış örneği	Genel eğilim	Seçimde kontrol
50 µm çıkış fiberli tek modül	Uygun ışın kalitesinde küçük odak ve yüksek enerji yoğunluğu; ince sac hızında avantaj sağlayabilir.	İnce sac programında gerçek çevrim ve küçük ayrıntı kalitesini ölçün.
100 µm çıkış fiberli çok modül	Uygun optikle daha geniş işlem bölgesi; kalın sacda kararlı kenar kalitesine katkı sağlayabilir.	Kalın sacda delme ve uzun kesim sürekliliğini doğrulayın.

50 ve 100 µm burada çıkış fiberi çekirdek çapını anlatır; sac üzerindeki doğrudan odak çapı değildir. Tek modül/çok modül ile bu çaplar her üründe bire bir eşleşmez. Sonucu kolimasyon ve fokus lensi, ışın kalitesi ve kafa belirler. Yerel Max tablosundaki optik koşulları ürünün bütün serilerine genellemeyin.

8.5 Doğru güç seçimi kontrol listesi

- **Malzeme karışımı:** Siyah sac, paslanmaz, galvaniz, alüminyum, pirinç ve bakırın iş içindeki payını çıkarın. Yansıtıcı malzeme uygunluğunu ayrıca doğrulayın.
- **Kalınlık dağılımı:** En sık kalınlıkları ve nadir kalın işleri ayırın. Üretim saatini tüketen işleri esas alın.
- **Parça biçimi:** Uzun doğrular mı, küçük delikler ve köşeler mi baskın? Makine dinamiğini buna göre değerlendirin.
- **Vardiya:** Günlük çevrim, delme adedi ve planlı duruşları kaydedin. Bir numunenin kesilmesi sürekli vardiya kapasitesi değildir.
- **Gaz:** İstenen kalite için O_2, N_2 veya hava seçimini yapın. Hattın basınç/debi kapasitesini ve gaz giderini kontrol edin.
- **Kabul:** Aynı çizimde üst/alt ölçü, çapak, oksit ve son işlem süresini karşılaştırın.

Karar kaydına kaynak gücü kadar kaynak modeli, kafa, optik, gaz ve numune reçetesini yazın. Böylece daha sonra aynı işi aynı koşullarda değerlendirebilirsiniz.

Kaynak: Yerel Maxphotonics MFSC/MFMC tablosu, güç ve optik koşulların birlikte okunmasını gerektirir. 50/100 µm karşılaştırması çalışma briefindeki genel açıklamadır; ürün bazında kapasite iddiası değildir.

8.6 12–30 kW ile çalışmak

İki O_2 reçete ailesini ayırın

Kalın siyah sacda pozitif fokus/düşük güç ailesi yaklaşık 2 m/dk çevresinde kalabilir; negatif fokus/tam güç ailesi başka nozul, yükseklik ve basınç kullanır. GYC örnekleri aşağıdadır; ilk iki satır farklı kalınlıklardır, doğrudan hız kazancı deneyi değildir. Fokus sayıları kaynağın kontrolcü değerleridir; yüzeye dönüşüm için bölüm 11.1'i kullanın. Aileler arasında tek bir değeri kopyalamayın.

Kaynak/kalınlık	Güç · hız	O_2 · nozul	Fokus · yükseklik
GYC 12 kW / 10 mm, pozitif	7200 W · 2,2–2,4 m/dk	0,6 bar · 1.2E	+8 mm · 0,8 mm
GYC 12 kW / 12 mm, negatif	12000 W · 3–3,5 m/dk	1,0 bar · 1.6SP	-10 mm · 1,5 mm
GYC 20 kW / 12 mm, negatif	20000 W · 3,2–3,5 m/dk	1,0 bar · 1.6SP	-10 mm · 1,5 mm

GYC

N_2 karışımı ve yüksek güçte hava

The Fabricator, N_2 içine genellikle %1,5–5 O_2 katılmasının tepkime ısısıyla eriyiğin alta tahliyesine yardımcı olabildiğini bildirir. Notlarda bu bilgi yalnız arama özetiyle doğrulanmıştır; oksitsiz N_2 kenarına eşdeğer saymayın. Karışımı, gaz tesisatı ve makine onayıyla numunede doğrulayın; saf gaz ayarını doğrudan taşımayın.

IPG yazarlarının deneylerinde 16 mm siyah sac O_2 ile 10–30 kW boyunca yaklaşık 2 m/dk iken, 30 kW hava kesimi >9 m/dk'dır. Çapaksız 20 mm siyah sac hava kesiminde 15 kW için >16 bar, ≥20 kW için 10–12 bar bildirilir. Bunlar IPG deney düzenine ait sonuçlardır; kendi makinenizin basınç, hava kalitesi ve kafa sınırları yerine geçmez.

The Fabricator · IPG / Laser Focus World

Isınma, takip ve ızgara temizliği

Chuangxin'in yüksek güçlü kalın siyah sac notu nozul ısınmasını öne çıkarır. BWT, ≥10 kW bakır/alüminyumda sürekli kesim sırasında nozul ısınması → kapasitif sensör kayması → nozul yüksekliğinin değişmesi zincirini tarif eder; seri hızını numuneye göre ≈%80'e indirmeyi, nozul soğutma gazını sürekli açık tutmayı ve optiğin su soğutmasını önerir. Raytools BM115, nozul soğutması için <1 bar N_2 veya filtrelenmiş hava ister; O_2'yi yasaklar. Bu kafa örneğini diğer modellere genellemeyin; kendi kafa kılavuzunu izleyin.

Destek ızgarasındaki (slat) cürufu düzenli temizleyin; destek ve açıklıkları kontrol edin. The Fabricator yüksek güçte N_2 cürufunun daha sert olup temizleme işini artırabildiğini bildirir; notlarda bu iddia yalnız arama özetiyle doğrulanmıştır. Temizlik/değişim aralığını kendi üretiminizde birikime göre belirleyin.

Chuangxin / Laserfair · BWT · Raytools BM115 · The Fabricator

Birkaç dakika sonra bozuluyorsa

Amaç: soğuk numunesi iyi olup ısındıkça bozulan kesimin nedenini ayırın. Gerekenler: son başarılı reçete, numune kaydı, kafa kılavuzu ve güvenli kontrol durumu. Aşağıdaki sıra DOKTEK kuralı — birincil kaynak yok; ısınma ve kayma mekanizması BWT/Chuangxin'e dayanır.

1. Kesimi güvenle durdurun. Nozulun ısınma belirtisini, deliğini ve merkezlemesini kontrol edin; soğutma gazının sürekli aktığını ve kafa/optik su soğutmasının uygun olduğunu doğrulayın.
2. Nozul/seramik ve kapasitif kalibrasyonu kontrol edin. Lazer kapalı, üretici onaylı yöntemle gerçek yükseklik ile göstergeyi karşılaştırın; kaymayı fokus reçetesiyle gizlemeyin.
3. Koruyucu camı, gazın akış sırasındaki basınç/debisini ve ızgaradaki cürufu kontrol edin. Kusuru giderdikten sonra aynı malzemede uzun deneme yapın.
4. ≥10 kW kalın/yansıtıcı işte başarılı numune hızının ≈%80'iyle seri kararlılığı doğrulayın; kalın malzemeye genişletme DOKTEK kuralıdır. Ancak donanım ve ısıl durum kararlıysa tek parametreyle ayar yapın.

> **Dikkat**
> ısınan nozula dokunmayın; soğutmayı veya korumaları devre dışı bırakmayın. Alarm, yoğun sıçrama veya tam kesememe varsa denemeyi durdurun.

Neden? Isıyla değişen nozul yüksekliği aynı kontrolcü fokus değerinde sac üzerindeki enerji ve gaz etkisini değiştirir; soğuk numunenin iyi olması seri kararlılığı kanıtlamaz.

09

Kesim parametre tabloları

Doğru güç sınıfını, malzemeyi, kalınlığı ve gazı birlikte seçin. Bu tablolar ilk denemeyi planlamak içindir; makine üreticinizin onaylı reçetesi önce gelir.

9.0 Tablolar nasıl okunur?

Her satır bir kesim reçetesidir. Basınç, nozul, nozul yüksekliği, fokus, güç ve hızı birlikte girin. Bir satırın hızını başka satırın nozulu veya gazıyla birleştirmeyin. Aynı kalınlıkta iki gaz veya iki reçete varsa bunlar ayrı çalışma koşullarıdır. Güç sütunu anlık kesim gücüdür; tablonun nominal gücünden düşük olabilir.

1. Makinenizin gücünü ve kaynak çekirdeğini kontrol edin. Koşul kutusundaki kafa/optik ile kendi donanımınızı karşılaştırın.
2. Malzeme ve gaz grubunda gerçek sac kalınlığını bulun. Listelenmeyen kalınlığı kendiliğinizden eklemeyin.
3. Başlangıç hızıyla deneme kuponu kesin. Bu sütun üretici hız aralığının alt sınırının × 0,85 değeridir; baskıda büyüklüğüne göre yuvarlanır.
4. Kenar, ölçü ve çapak uygunsa hızı %5–10 adımlarla yükseltin. Maks. hız sütunu üretici aralığını veya ★ ara değeri gösterir; garanti edilen üretim hızı değildir.
5. Kesim kararsızsa durun, gazı ve optiği kontrol edin. Her denemede tek değişkeni değiştirin ve sonucu kaydedin.

> **! ★ ve ◆ aynı anlamda değildir**
>
> ★ DOKTEK tarafından türetilmiş veya komşu güçlerden hesaplanmış değerdir. ◆ deneme, kapasite sınırı veya eksik reçete referansıdır; seri üretim için değildir. Bir satırda iki işaret birlikte bulunabilir. İşaretin yokluğu da üretim kapasitesi garantisi vermez.

Galvaniz ★ kuralı: En çok 6 mm için, aynı kalınlıktaki siyah sac N_2/hava hızı × 0,85 alınır. Bu satır yoksa paslanmaz N_2 hızı × 0,95 alınır. Diğer ayarlar seçilen satırdan kopyalanır; gaz N_2/hava olarak gösterilir. Kaynak satırı olmayan kalınlık eklenmez. Kaynakta yalnız N_2 varsa hava seçeneğini ayrıca deneyin; eşdeğer sonuç varsaymayın. Bu oranlar yayımlanmış ölçüm değil, DOKTEK tahminidir. 3 kW galvaniz bu kuralın dışındadır: GWEIKE notundaki 1–2 mm N_2 ve 3/5 mm O_2 satırları kullanılır. Nozul/yükseklik verilmemiştir (—); bunlar ◆ eksik referanstır, tam reçete değildir. O_2 çinkoyu ve kaplamayı yakabilir; üretici onayı ve numune gerekir.

Donanım farkı: Çekirdek çapı, ışın kalitesi, optik oranı, kafa, gaz debisi ve sac kalitesi sonucu değiştirir. Raycus, Maxphotonics (Max), IPG veya Reci kaynaklar arasında aynı nominal W otomatik olarak aynı reçete demek değildir. Raytools, Precitec, BOCI veya Au3tech kafada kendi optik ve nozul şartını doğrulayın.

Fokus: Fiziksel konum için + yüzeyin üstü, – malzemenin içidir. Raytools/CypCut kaynaklı tablo değerleri nozul ucuna göredir: yüzeye göre fokus ≈ kontrolcü değeri + nozul yüksekliği. 0 + 1 mm → yüzeyin ≈1 mm üstü; -1 + 1 mm → yüzey. Kendi kontrolcünüzün referansını kılavuzundan doğrulayın; bölüm 11.1. İşaretsiz pozitif kaynak değerlerine + eklenmiştir. S tek kat, D çift kat nozuldur; "/" ile verilen çaplar alternatiflerdir.

Ara değer hesabı: 8 ve 10 kW için 6–12 kW; 20 kW siyah sac/paslanmaz için 15–30 kW ortak malzeme/gaz/kalınlık satırlarının alt ve üst hızları ayrı ayrı doğrusal hesaplanır. Yardımcı ayarlar üst komşudan gelir. W üst komşudan alınır ve hedef nominal güçle sınırlanır; bu tercih de ★ kapsamındadır. Aynı anahtarda belirsiz çoklu reçete varsa ara değer üretilmez.

Düzeltilmiş bloklar ve satır kaynakları için data/veri_raporu.md kaydını inceleyin. 12 kW pirinç 6 mm artık 100 µm kaynakta 9–11 m/dk olarak mevcuttur. 6 kW alüminyum 100 µm blokla değiştirilmiştir; eski "2000/98" notlu satırlar kullanılmaz. 6 kW O_2 30–40 mm ve paslanmaz 25–35 mm ◆ kapasite sınırıdır.

Tablo alt hızının %85'i ilk deneme başlangıcıdır (DOKTEK kuralı — birincil kaynak yok); ≥10 kW'ta kalın veya yansıtıcı malzemede numunede doğrulanan hızın ≈%80'ini seri üretim için kullanın. %85 tabloya göre ilk denemeyi, %80 ise başarılı numuneye göre seri üretim payını tanımlar; oranları art arda tablo hızına uygulamayın. BWT'nin %80 önerisi doğrudan ≥10 kW bakır/alüminyum içindir; kalın malzemeye genişletme DOKTEK kuralı — birincil kaynak yok.

BWT

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Bodor · GYC

9.1 1 kW (1000 W)

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
Maxphotonics MFSC-1000 · 50 µm	Raytools · 100/125	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
1	N_2	20	S1,0	0,5	0 / -1	1000	**20**	24 – 26
2	O_2	0,6 – 0,9	D1,0	0,8	+4,5 / +5,5	1000	**6,8**	8 – 9
3	O_2	0,6 – 0,9	D1,0	0,8	+4,5 / +5,5	1000	**2,4**	2,8 – 3
4	O_2	0,6 – 0,9	D2,5	1,5	+2 / +3	1000	**1,9**	2,2 – 2,4
5	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1000	**1,3**	1,5 – 1,7
6	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1000	**1,0**	1,2 – 1,4
8	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1000	**0,85**	1 – 1,1
10	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1000	**0,64**	0,75 – 0,85
12	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1000	**0,51**	0,6 – 0,65
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	0 / -1	1000	**18**	21 – 23
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1,5 / -2	1000	**5,5**	6,5 – 7
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	1000	**2,0**	2,3 – 2,5
4	N_2	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	1000	**0,68**	0,8 – 1
5	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-3,5 / -4	1000	**0,51**	0,6 – 0,7
6	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	1000	**0,43**	0,5 – 0,6
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
1 ★	N_2 / Hava	20	S1,0	0,5	0 / -1	1000	**17**	20 – 22
2 ★	N_2 / Hava	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1,5 / -2	1000	**5,2**	6,2 – 6,7
3 ★	N_2 / Hava	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	1000	**1,9**	2,2 – 2,4
4 ★	N_2 / Hava	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	1000	**0,65**	0,76 – 0,95
5 ★	N_2 / Hava	20	S3,5 / S4,0	0,5	-3,5 / -4	1000	**0,48**	0,57 – 0,67
6 ★	N_2 / Hava	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	1000	**0,40**	0,48 – 0,57
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	-0,5 / -1	1000	**16**	19 – 21
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1 / -1,5	1000	**3,8**	4,5 – 5
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	1000	**1,5**	1,8 – 2
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	0 / -0,5	1000	**14**	16 – 18
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1 / -1,5	1000	**2,6**	3 – 3,5
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2 / -2,5	1000	**0,94**	1,1 – 1,3

S tek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: Maxphotonics MFSC/MFMC; https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

Bakır: kaynakta satır yok; üreticiye danışın.

9.2 1,5 kW (1500 W)

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
Maxphotonics MFSC-1500 · 50 µm	Raytools · 100/125	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
1	N_2	20	S1,0	0,5	0 / -1	1500	**29**	34 – 37
2	O_2	0,6 – 0,9	D1,0	0,8	+4,5 / +5,5	1500	**10**	12 – 14
3	O_2	0,6 – 0,9	D1,0	0,8	+4,5 / +5,5	1500	**2,5**	2,9 – 3,2
4	O_2	0,6 – 0,9	D1,0	0,8	+4,5 / +5,5	1500	**2,0**	2,4 – 2,6
5	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1500	**1,5**	1,8 – 2
6	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1500	**1,4**	1,6 – 1,8
8	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1500	**0,94**	1,1 – 1,3
10	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1500	**0,77**	0,9 – 1
12	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	1500	**0,68**	0,8 – 0,9
14	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	1500	**0,51**	0,6 – 0,7
16	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	1500	**0,43**	0,5 – 0,6
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	0 / -1	1500	**27**	32 – 35
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1,5 / -2	1500	**7,7**	9 – 10
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	1500	**3,6**	4,2 – 4,5
4	N_2	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	1500	**1,8**	2,1 – 2,3
5	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-3,5 / -4	1500	**1,4**	1,6 – 1,8
6	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	1500	**0,85**	1 – 1,2
8	N_2	20	S4,0	0,5	-6 / -7	1500	**0,43**	0,5 – 0,6
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
1 ★	N_2 / Hava	20	S1,0	0,5	0 / -1	1500	**25**	29 – 31
2 ★	N_2 / Hava	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1,5 / -2	1500	**7,3**	8,6 – 9,5
3 ★	N_2 / Hava	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	1500	**3,4**	4 – 4,3
4 ★	N_2 / Hava	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	1500	**1,7**	2 – 2,2
5 ★	N_2 / Hava	20	S3,5 / S4,0	0,5	-3,5 / -4	1500	**1,3**	1,5 – 1,7
6 ★	N_2 / Hava	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	1500	**0,81**	0,95 – 1,1
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	-0,5 / -1	1500	**26**	30 – 32
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1 / -1,5	1500	**6,8**	8 – 9
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	1500	**3,2**	3,8 – 4,2
4	N_2	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	1500	**1,7**	2 – 2,2
5	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-3,5 / -4	1500	**0,68**	0,8 – 1
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	0 / -0,5	1500	**21**	25 – 27

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
2	N_2	20	◯ **S1,5 / S2,0**	0,5	-1 / -1,5	1500	**6,0**	7 – 8
3	N_2	20	◯ **S2,0 / S2,5 / S3,0**	0,5	-2 / -2,5	1500	**2,3**	2,7 – 3
4	N_2	20	◯ **S3,0**	0,5	-3 / -3,5	1500	**1,3**	1,5 – 1,7

Stek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: Maxphotonics MFSC/MFMC; https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

Bakır: kaynakta satır yok; üreticiye danışın.

9.3 2 kW (2000 W)

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
Maxphotonics MFMC-2000 · 50 µm	Raytools · 100/200	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
3	O_2	0,6 – 0,9	D1,0	0,8	+4,5 / +5,5	2000	**2,6**	3 – 3,2
6	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	2000	**1,7**	2 – 2,2
8	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	2000	**1,1**	1,3 – 1,5
10	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	2000	**0,77**	0,9 – 1
12	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	2000	**0,68**	0,8 – 0,9
14	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	2000	**0,60**	0,7 – 0,8
16	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	2000	**0,51**	0,6 – 0,7
18	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	2000	**0,43**	0,5 – 0,6
20	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,2 – 1,5	+2 / +3,5	2000	**0,34**	0,4 – 0,5
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	0 / -1	2000	**26**	30 – 32
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1,5 / -2	2000	**8,5**	10 – 11
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	2000	**4,3**	5 – 6
4	N_2	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	2000	**2,6**	3 – 3,5
6	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	2000	**1,1**	1,3 – 1,5
8	N_2	20	S4,0	0,5	-6 / -7	2000	**0,43**	0,5 – 0,6
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
1 ★	N_2 / Hava	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	0 / -1	2000	**24**	29 – 30
2 ★	N_2 / Hava	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1,5 / -2	2000	**8,1**	9,5 – 10
3 ★	N_2 / Hava	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	2000	**4,0**	4,8 – 5,7
4 ★	N_2 / Hava	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	2000	**2,4**	2,9 – 3,3
6 ★	N_2 / Hava	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	2000	**1,0**	1,2 – 1,4
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	-0,5 / -1	2000	**15**	18 – 20
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1 / -1,5	2000	**5,1**	6 – 7
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	2000	**2,6**	3 – 4
4	N_2	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	2000	**1,4**	1,6 – 1,9
6	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	2000	**0,43**	0,5 – 0,6
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2 / -2,5	2000	**2,4**	2,8 – 3,2
4	N_2	20	S3,0	0,5	-3 / -3,5	2000	**1,3**	1,5 – 1,7

S tek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: Maxphotonics MFSC/MFMC; https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

Bakır: kaynakta satır yok; üreticiye danışın.

9.4 3 kW (3000 W)

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
Maxphotonics MFMC-3000 · 50 µm	Raytools · 100/200	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Ek üretici satırlarında kafa/optik koşulları Max ana tablosundan farklı olabilir; aşağıdaki kaynak notunu kontrol edin.

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
3	O_2	0,6 – 0,9	D1,0	0,8	+4,5 / +5,5	3000	**3,0**	3,5 – 3,7
6	O_2	0,6 – 0,9	D1,2	0,8	+4,5 / +5,5	3000	**2,0**	2,3 – 2,5
8	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**1,5**	1,8 – 2
10	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**1,3**	1,5 – 1,7
12	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**1,0**	1,2 – 1,4
14	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**0,85**	1 – 1,1
16	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**0,72**	0,85 – 0,9
18	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**0,60**	0,7 – 0,75
20	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,2 – 1,5	+2 / +3,5	2200 – 2400	**0,51**	0,6 – 0,65
1	N_2 / Hava	10	S1,5	1	0	3000	**24**	28 – 35
2 ◆	N_2	12 – 16	S2,0	0,5	-1 / -1,5	3000	**24**	28
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	0 / -1	3000	**30**	35 – 37
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1,5 / -2	3000	**11**	13 – 15
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	3000	**6,0**	7 – 8
4	N_2	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	3000	**3,8**	4,5 – 5,5
6	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	3000	**1,4**	1,7 – 1,9
8	N_2	20	S4,0	0,5	-6 / -7	3000	**0,68**	0,8 – 1
10	N_2	20	S4,0	0,5	-7,5 / -8,5	3000	**0,51**	0,6 – 0,7
Galvaniz GWEIKE 3 kW: 1–2 mm N_2; 3 ve 5 mm O_2. Nozul/yükseklik kaynak notlarında yok (—); ◆ referans, seri üretim için değil. O_2 kaplamayı yakabilir; numuneyle doğrulayın.								
1 ◆	N_2	14	—	—	-0,5	3000	**38**	45 – 55
2 ◆	N_2	16	—	—	-1	3000	**15**	18 – 24
3 ◆	O_2	0,8	—	—	+1,5	3000	**3,4**	4 – 5
5 ◆	O_2	0,6	—	—	+2,5	3000	**1,7**	2 – 3
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	-0,5 / -1	3000	**26**	30 – 33
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1 / -1,5	3000	**8,5**	10 – 12
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	3000	**4,7**	5,5 – 5,9
4	N_2	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	3000	**2,4**	2,8 – 3,2
6	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	3000	**0,60**	0,7 – 0,8
8	N_2	20	S4,0	0,5	-6 / -7	3000	**0,43**	0,5 – 0,6
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2 / -2,5	3000	**3,8**	4,5 – 5

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
4	N_2	20	◯ **S3,0**	0,5	-3 / -3,5	3000	**2,6**	3 – 3,5
6	N_2	20	◯ **S3,5 / S4,0**	0,5	-5 / -5,5	3000	**0,85**	1 – 1,2

Stek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: Maxphotonics MFSC/MFMC; https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf; GYC RFL-3000(50u): https://gyclaser.com/de/2024/03/07/fiber-laser-cutting-speed-chart/; KRRASS 3000W (2 mm ◆): https://www.krrass.com/3000w-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/; GWEIKE 3 kW galvaniz (araştırma notu): https://www.gwklaser.com/how-to-cut-galvanized-sheet-metal.html; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

Bakır: kaynakta satır yok; üreticiye danışın.

9.5 4 kW (4000 W)

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
Maxphotonics MFMC-4000 · 50 µm	Raytools · 100/200	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Ek üretici satırlarında kafa/optik koşulları Max ana tablosundan farklı olabilir; aşağıdaki kaynak notunu kontrol edin.

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
3	O_2	0,6 – 0,9	D1,0	0,8	+4,5 / +5,5	4000	**3,4**	4 – 4,3
6	O_2	0,6 – 0,9	D1,2	0,8	+4,5 / +5,5	4000	**2,1**	2,5 – 2,7
8	O_2	0,6 – 0,9	D1,2	0,6 – 0,8	+5,5 / +6	4000	**1,7**	2 – 2,3
10	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**1,5**	1,8 – 2
12	O_2	0,6 – 0,9	D3,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**1,3**	1,5 – 1,6
14	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**1,0**	1,2 – 1,4
16	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**0,85**	1 – 1,1
18	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,5	+2 / +3	2200 – 2400	**0,77**	0,9 – 1
20	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,2 – 1,5	+2 / +3,5	2200 – 2400	**0,55**	0,65 – 0,7
22	O_2	0,6 – 0,9	D4,0	1,2 – 1,5	+2 / +3,5	2200 – 2400	**0,47**	0,55 – 0,6
1	N_2 / Hava	10	S2,0	0,6	0	4000	**34**	40 – 50
2	N_2 / Hava	10	S2,0	0,6	-1	4000	**13**	15 – 20
3	N_2 / Hava	10	S2,0	0,6	-1	4000	**8,5**	10 – 12
4	O_2	0,6	D1,0	0,6	+5	3000	**3,0**	3,5 – 4
5	O_2	0,6	D1,0	0,6	+5	3300	**2,6**	3 – 3,5
25 ◆	O_2	0,6	D5,0	1,5	+5	2600	**0,34**	0,4 – 0,5
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
1	N_2	20	S1,0 / S1,2 / S1,5	0,5	0 / -1	4000	**34**	40 – 43
2	N_2	20	S1,5 / S2,0	0,5	-1,5 / -2	4000	**16**	19 – 21
3	N_2	20	S2,0 / S2,5 / S3,0	0,5	-2,5 / -3	4000	**9,4**	11 – 13
4	N_2	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	4000	**5,5**	6,5 – 7
6	N_2	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	4000	**1,9**	2,2 – 2,5
8	N_2	20	S4,0	0,5	-6 / -7	4000	**1,3**	1,5 – 1,7
10	N_2	20	S4,0	0,5	-7,5 / -8,5	4000	**0,68**	0,8 – 0,9
5	N_2	14	S3,0	0,5	-2	4000	**3,4**	4 – 5
12	N_2	18	S5,0	0,5	-5	4000	**0,60**	0,7 – 1
14 ◆	N_2	18	S5,0	0,5	-8	4000	**0,51**	0,6 – 0,8
16 ◆	N_2	20	S5,0	0,5	-8	4000	**0,26**	0,3 – 0,5
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
1 ★	N_2 / Hava	10	S2,0	0,6	0	4000	**29**	34 – 43
2 ★	N_2 / Hava	10	S2,0	0,6	-1	4000	**11**	13 – 17
3 ★	N_2 / Hava	10	S2,0	0,6	-1	4000	**7,2**	8,5 – 10
4 ★	N_2 / Hava	20	S3,0	0,5	-3,5 / -4	4000	**5,2**	6,2 – 6,7
5 ★	N_2 / Hava	14	S3,0	0,5	-2	4000	**3,2**	3,8 – 4,8
6 ★	N_2 / Hava	20	S3,5 / S4,0	0,5	-5 / -5,5	4000	**1,8**	2,1 – 2,4

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1	N_2	20	◯ **S1,0 / S1,2 / S1,5**	0,5	-0,5 / -1	4000	**30**	35 – 37
2	N_2	20	◯ **S1,5 / S2,0**	0,5	-1 / -1,5	4000	**13**	15 – 17
3	N_2	20	◯ **S2,0 / S2,5 / S3,0**	0,5	-2,5 / -3	4000	**5,5**	6,5 – 7
4	N_2	20	◯ **S3,0**	0,5	-3,5 / -4	4000	**3,8**	4,5 – 4,8
6	N_2	20	◯ **S3,5 / S4,0**	0,5	-5 / -5,5	4000	**1,7**	2 – 2,2
8	N_2	20	◯ **S4,0**	0,5	-6 / -7	4000	**0,85**	1 – 1,2
10	N_2	20	◯ **S4,0**	0,5	-7,5 / -8,5	4000	**0,43**	0,5 – 0,6
5	N_2	15	◯ **S3,0**	0,5	-3	4000	**2,6**	3 – 4
12 ◆	N_2	18	◯ **S5,0**	0,5	-5,5	4000	**0,51**	0,6 – 0,8
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
3	N_2	20	◯ **S2,0 / S2,5 / S3,0**	0,5	-2 / -2,5	4000	**5,5**	6,5 – 6,8
4	N_2	20	◯ **S3,0**	0,5	-3 / -3,5	4000	**3,8**	4,5 – 4,7
6	N_2	20	◯ **S3,5 / S4,0**	0,5	-5 / -5,5	4000	**1,1**	1,3 – 1,5
8	N_2	20	◯ **S4,0**	0,5	-6 / -7	4000	**0,60**	0,7 – 0,8
1	N_2	10	◯ **S2,0**	0,5	0	4000	**26**	30 – 35
2	N_2	10	◯ **S2,0**	0,5	-1	4000	**13**	15 – 20
5	N_2	13	◯ **S3,5**	0,5	-2,5	4000	**1,7**	2 – 3
Bakır Kaynak satırındaki gazı izleyin; yüksek yansıtıcılık.								
1	O_2	10	◯ **S3,0**	0,5	-1	4000	**22**	26 – 30
2	O_2	12	◯ **S3,0**	0,5	-1	4000	**8,5**	10 – 13
3	O_2	12	◯ **S3,0**	0,5	-2	4000	**4,7**	5,5 – 6,5
4	O_2	14	◯ **S3,5**	0,5	-4	4000	**1,7**	2 – 3

Stek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: Maxphotonics MFSC/MFMC; https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf; üretici 4 kW tablosu: https://www.bestsheetmetalmachine.com/4000w-laser-cutting-parameters/; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

Kaynak notu: Max ana tablosunda eksik olan reçeteler "kaynak: üretici 4 kW tablosu" notuyla JSON'da korunur.

9.6 6 kW (6000 W)

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
KRRASS / BSM · karma kaynak; satır kaynağını izleyin · 50 / 100 µm; malzemeye göre	Kaynak sayfasında açık model yok · Kaynakta bu tablo için belirtilmemiş	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
3	O_2	0,6	D1,0	0,6	+6,5	4000	**3,1**	3,6 – 4,5
4	O_2	0,6	D1,0	0,6	+6,5	4000	**3,0**	3,5 – 4
5	O_2	0,6	D1,0	0,6	+6	4000	**2,4**	2,8 – 3
6	O_2	0,6	D1,0	0,6	+6	4000	**2,2**	2,6 – 2,8
8	O_2	0,6	D1,2	0,6	+6	5000	**1,9**	2,2 – 2,6
10	O_2	0,6	D1,2	0,6	+7	6000	**1,7**	2 – 2,2
12	O_2	0,6	D1,2	0,6	+9	6000	**1,5**	1,8 – 2
14	O_2	0,5	D1,4	0,6	+12	6000	**1,2**	1,4 – 1,6
16	O_2	0,6	D1,4	0,3	+14	6000	**0,85**	1 – 1,3
18	O_2	0,6	S1,6	0,3	+14	6000	**0,68**	0,8 – 1,1
20	O_2	0,6	S1,6	0,3	+15	6000	**0,51**	0,6 – 1
22	O_2	0,65	S1,6	0,3	+15	2400	**0,47**	0,55 – 0,65
25	O_2	0,8	S1,7	0,3	+16	6000	**0,51**	0,6 – 0,8
30 ◆	O_2	0,8	S1,7	0,3	+18	6000	**0,34**	0,4 – 0,5
35 ◆	O_2	1	S1,7	0,3	+19	6000	**0,26**	0,3 – 0,4
40 ◆	O_2	1	S1,7	0,3	+19	6000	**0,17**	0,2 – 0,3
1	N_2 / Hava	10	S2,0	0,6	0	6000	**51**	60 – 80
2	N_2 / Hava	12	S2,0	0,5	-0,5	6000	**34**	40 – 45
3	N_2 / Hava	14	S3,0	0,5	-1,5	6000	**20**	23 – 28
4	N_2 / Hava	14	S3,0	0,5	-3	6000	**13**	15 – 20
5	N_2 / Hava	16	S3,5	0,5	-3,5	6000	**8,5**	10 – 13
6	N_2 / Hava	18	S3,5	0,5	-4	6000	**6,0**	7 – 9
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
12	N_2	18	S4,5	0,5	-8	6000	**1,3**	1,5 – 2
14	N_2	16	S4,5	0,5	-10	6000	**0,85**	1 – 1,3
16	N_2	18	S4,5	0,5	-11,5	6000	**0,68**	0,8 – 1
18	N_2	18	S5,0	0,5	-12,5	6000	**0,51**	0,6 – 0,7
20	N_2	18	S5,0	0,5	-13	6000	**0,43**	0,5 – 0,65
22	N_2	20	S6,0	0,5	-13	6000	**0,34**	0,4 – 0,5
25 ◆	N_2	25	S6,0	0,5	+6‡	6000	**0,13**	0,15 – 0,2
35 ◆	N_2	25	S6,0	0,5	+6‡	6000	**0,09**	0,1
1	N_2	10	S2,0	0,6	0	6000	**51**	60 – 80
2	N_2	12	S2,0	0,5	0	6000	**26**	30 – 35
3	N_2	12	S3,0	0,5	-0,5	6000	**17**	20 – 24
4	N_2	12	S3,0	0,5	-1	6000	**11**	13 – 16
5	N_2	14	S3,0	0,5	-1,5	6000	**7,7**	9 – 12
6	N_2	14	S4,0	0,5	-2	6000	**5,1**	6 – 8,5
8	N_2	16	S4,0	0,5	-4	6000	**2,6**	3 – 4,8
10	N_2	16	S4,5	0,5	-7,5	6000	**1,5**	1,8 – 2,5

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
1 ★	N_2 / Hava	10	◯ S2,0	0,6	0	6000	**43**	51 – 68
2 ★	N_2 / Hava	12	◯ S2,0	0,5	-0,5	6000	**29**	34 – 38
3 ★	N_2 / Hava	14	◯ S3,0	0,5	-1,5	6000	**17**	20 – 24
4 ★	N_2 / Hava	14	◯ S3,0	0,5	-3	6000	**11**	13 – 17
5 ★	N_2 / Hava	16	◯ S3,5	0,5	-3,5	6000	**7,2**	8,5 – 11
6 ★	N_2 / Hava	18	◯ S3,5	0,5	-4	6000	**5,1**	6 – 7,7
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1	N_2	10	◯ S2,0	0,6	0	6000	**47**	55 – 60
2	N_2	10	◯ S2,0	0,5	-0,5	6000	**21**	25 – 28
3	N_2	14	◯ S3,0	0,5	-1	6000	**12**	14 – 16
4	N_2	14	◯ S3,0	0,5	-1,5	6000	**8,5**	10 – 12
5	N_2	15	◯ S3,0	0,5	-2	6000	**5,1**	6 – 8
6	N_2	16	◯ S4,0	0,5	-2,5	6000	**3,0**	3,5 – 4
8	N_2	16	◯ S4,0	0,5	-2,5	6000	**2,1**	2,5 – 3
10	N_2	18	◯ S4,0	0,5	-3	6000	**1,7**	2 – 2,5
12	N_2	18	◯ S4,0	0,5	-4	6000	**0,85**	1 – 1,5
14	N_2	20	◯ S5,0	0,5	-5	6000	**0,77**	0,9 – 1,1
16	N_2	20	◯ S5,0	0,5	-7	6000	**0,68**	0,8 – 0,9
18	N_2	25	◯ S5,0	0,5	-9	6000	**0,60**	0,7 – 0,8
20	N_2	25	◯ S5,0	0,5	-10	6000	**0,43**	0,5 – 0,7
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
1	N_2	10	◯ S2,0	0,6	0	6000	**34**	40 – 50
2	N_2	12	◯ S2,0	0,5	-0,5	6000	**17**	20 – 25
3	N_2	12	◯ S3,0	0,5	-1	6000	**6,8**	8 – 10
4	N_2	14	◯ S3,0	0,5	-1,5	6000	**5,5**	6,5 – 7,5
5	N_2	14	◯ S4,0	0,5	-2	6000	**4,7**	5,5 – 6,5
6	N_2	16	◯ S4,0	0,5	-2	6000	**3,0**	3,5 – 4,5
8	N_2	16	◯ S4,0	0,5	-3	6000	**1,3**	1,5 – 1,8
10	N_2	16	◯ S4,0	0,5	-3	6000	**0,68**	0,8 – 1
12	N_2	18	◯ S5,0	0,5	-7	6000	**0,51**	0,6 – 0,7
16 ◆	N_2	20	◯ S5,0	0,5	-9	6000	**0,26**	0,3 – 0,4
20 ◆	N_2	20	◯ S5,0	0,5	-10	6000	**0,09**	0,1 – 0,2
Bakır Kaynak satırındaki gazı izleyin; yüksek yansıtıcılık.								
1	O_2	10	◯ S3,0	0,5	-1	6000	**26**	30 – 35
2	O_2	10	◯ S3,0	0,5	-1	6000	**10**	12 – 15
3	O_2	12	◯ S3,0	0,5	-2	6000	**6,0**	7 – 9
4	O_2	12	◯ S3,5	0,5	-3	6000	**5,1**	6 – 7
5	O_2	13	◯ S4,5	0,5	-4	6000	**4,3**	5 – 6
6	O_2	14	◯ S5,0	0,5	-5	6000	**2,1**	2,5 – 3,5
8 ◆	O_2	14	◯ S5,0	0,3	-5	6000	**1,3**	1,5 – 2

S tek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: KRRASS 6000W (O_2/kalın paslanmaz: 50 µm; siyah sac N_2 ve ince paslanmaz: tek modül 100 µm; Al: çok modül 100 µm); BSM12 pirinç/bakır 6000 W; https://www.krrass.com/6000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters/; https://www.bestsheetmetalmachine.com/12000w-laser-cutting-parameters/; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

9.7 8 kW (8000 W) ★

Ara değer tablosu

Bu güç için yayımlanmış tam tablo bulunamadı; değerler komşu güç tablolarından ara değerdir. Deneme kesimiyle doğrulayın.

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
★ 6–12 kW hız ara değeri · 50 / 100 µm (komşu satırlara göre)	12 kW satırından: Jiaqiang · 100/125 (12 kW)	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
8 ★	O_2	0,6	D1,2	0,6	+10	4000	**1,9**	2,2 – 2,6
10 ★	O_2	0,6	D1,2	0,6	+11	6000	**1,7**	2 – 2,2
12 ★	O_2	0,6	D1,2	0,6	+12	6000	**1,5**	1,8 – 2
14 ★	O_2	0,6	D1,4	0,6	+12	8000	**1,2**	1,5 – 1,7
16 ★	O_2	0,5	D1,4	0,5	+13	8000	**0,99**	1,2 – 1,4
18 ★	O_2	0,5	S1,5	0,5	+14	8000	**0,91**	1,1 – 1,3
20 ★	O_2	0,5	S1,5	0,5	+15	8000	**0,74**	0,87 – 1,2
22 ★	O_2	0,5	S1,5	0,5	+15	8000	**0,68**	0,8 – 0,93
25 ★	O_2	0,55	S1,5	0,5	+15	8000	**0,62**	0,73 – 0,93
30 ★◆	O_2	0,7	S1,7	0,5	+16	8000	**0,45**	0,53 – 0,67
35 ★◆	O_2	1,5	S1,7	0,5	+17	8000	**0,31**	0,37 – 0,5
40 ★◆	O_2	1,2	S1,7	0,5	+17	8000	**0,20**	0,23 – 0,33
1 ★	N_2 / Hava	8	S2,0	0,5	0	8000	**51**	60 – 80
2 ★	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-0,5	8000	**35**	42 – 47
3 ★	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-1	8000	**22**	26 – 31
4 ★	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-1	8000	**15**	18 – 23
5 ★	N_2 / Hava	8	S4,0	0,5	-2	8000	**11**	13 – 16
6 ★	N_2 / Hava	8	S4,0	0,5	-2	8000	**8,5**	10 – 13
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
12 ★	N_2	18	S5,0	0,5	-3	8000	**2,6**	3 – 3,7
14 ★	N_2	18	S5,0	0,5	-5	8000	**1,7**	2 – 2,5
16 ★	N_2	20	S5,0	0,5	-6	8000	**1,2**	1,4 – 1,7
18 ★	N_2	20	S5,0	0,5	-10	8000	**0,79**	0,93 – 1,1
20 ★	N_2	20	S5,0	0,3	-11	8000	**0,68**	0,8 – 0,93
22 ★	N_2	20	S5,0	0,5	-12	8000	**0,57**	0,67 – 0,8
25 ★◆	N_2	20	S6,0	0,5	-13	8000	**0,31**	0,37 – 0,53
35 ★◆	N_2	25	S5,0	0,5	+7‡	8000	**0,11**	0,13 – 0,17
1 ★	N_2	10	S2,0	1	0	8000	**51**	60 – 77
2 ★	N_2	12	S2,0	0,5	0	8000	**27**	32 – 38
3 ★	N_2	13	S3,0	0,5	-0,5	8000	**20**	23 – 28
4 ★	N_2	12	S3,0	0,5	-1	8000	**13**	15 – 19
5 ★	N_2	12	S3,5	0,5	-1	8000	**9,4**	11 – 15
6 ★	N_2	12	S4,0	0,5	-1,5	8000	**6,8**	8 – 11
8 ★	N_2	13	S5,0	0,5	-3	8000	**4,3**	5 – 6,9

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
10 ★	N_2	14	◯ S5,0	0,5	-3	8000	**2,7**	3,2 – 4
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
1 ★	N_2 / Hava	8	◯ S2,0	0,5	0	8000	**43**	51 – 68
2 ★	N_2 / Hava	8	◯ S3,0	0,5	-0,5	8000	**30**	35 – 40
3 ★	N_2 / Hava	8	◯ S3,0	0,5	-1	8000	**19**	22 – 27
4 ★	N_2 / Hava	8	◯ S3,0	0,5	-1	8000	**13**	15 – 19
5 ★	N_2 / Hava	8	◯ S4,0	0,5	-2	8000	**9,6**	11 – 14
6 ★	N_2 / Hava	8	◯ S4,0	0,5	-2	8000	**7,2**	8,5 – 11
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,6	0	8000	**45**	53 – 60
2 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,5	-1	8000	**24**	28 – 32
3 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,5	-1	8000	**15**	18 – 21
4 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,5	-2	8000	**11**	13 – 16
5 ★	N_2	14	◯ S2,5	0,5	-3	8000	**7,4**	8,7 – 11
6 ★	N_2	14	◯ S2,5	0,5	-4	8000	**4,8**	5,7 – 6,7
8 ★	N_2	14	◯ S2,5	0,5	-6	8000	**3,4**	4 – 4,7
10 ★	N_2	14	◯ S5,0	0,5	-7	8000	**2,6**	3 – 3,7
12 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-7	8000	**1,3**	1,5 – 2,2
14 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-8	8000	**0,99**	1,2 – 1,6
16 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-9	8000	**0,91**	1,1 – 1,3
18 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-10	8000	**0,74**	0,87 – 1
20 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,3	-12	8000	**0,57**	0,67 – 0,9
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
1 ★	N_2	10	◯ S2,0	0,6	0	8000	**34**	40 – 50
2 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,5	-1	8000	**20**	23 – 28
3 ★	N_2	12	◯ S3,0	0,5	-1	8000	**11**	13 – 15
4 ★	N_2	12	◯ S3,0	0,5	-2	8000	**8,5**	10 – 12
5 ★	N_2	14	◯ S3,5	0,5	-3	8000	**7,1**	8,3 – 9,7
6 ★	N_2	14	◯ S4,0	0,5	-3	8000	**4,5**	5,3 – 6,7
8 ★	N_2	14	◯ S4,5	0,5	-4	8000	**2,8**	3,3 – 3,9
10 ★	N_2	14	◯ S4,5	0,5	-5	8000	**1,7**	2 – 2,5
12 ★	N_2	14	◯ S4,5	0,5	-5	8000	**1,0**	1,2 – 1,5
16 ★◆	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-11	8000	**0,40**	0,47 – 0,6
Bakır Kaynak satırındaki gazı izleyin; yüksek yansıtıcılık.								
1 ★	O_2	10	◯ S3,0	0,6	-0,5	8000	**26**	30 – 35
2 ★	O_2	12	◯ S3,0	0,5	-1	8000	**12**	15 – 18
3 ★	O_2	13	◯ S3,0	0,5	-2	8000	**8,5**	10 – 13
4 ★	O_2	13	◯ S3,5	0,5	-3	8000	**6,2**	7,3 – 9
5 ★	O_2	13	◯ S4,5	0,5	-4,5	8000	**4,8**	5,7 – 7,3
6 ★	O_2	14	◯ S4,5	0,5	-5	8000	**2,7**	3,2 – 4,2
8 ★◆	O_2	16	◯ S4,5	0,5	-6	8000	**1,6**	1,8 – 2,3

S tek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: KRRASS 6/12 kW + BSM12 6000 W; https://www.krrass.com/6000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters/; https://www.krrass.com/12kw-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/; https://www.krrass.com/12000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters/; https://www.bestsheetmetalmachine.com/12000w-laser-cutting-parameters/; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

★ hız aralıkları baskıda en çok iki ondalıkla gösterilir.

9.8 10 kW (10000 W) ★

Ara değer tablosu

Bu güç için yayımlanmış tam tablo bulunamadı; değerler komşu güç tablolarından ara değerdir. Deneme kesimiyle doğrulayın.

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
★ 6–12 kW hız ara değeri · 50 / 100 µm (komşu satırlara göre)	12 kW satırından: Jiaqiang · 100/125 (12 kW)	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
8 ★	O_2	0,6	D1,2	0,6	+10	4000	**1,9**	2,3 – 2,5
10 ★	O_2	0,6	D1,2	0,6	+11	6000	**1,7**	2 – 2,2
12 ★	O_2	0,6	D1,2	0,6	+12	6000	**1,5**	1,8 – 2
14 ★	O_2	0,6	D1,4	0,6	+12	8000	**1,3**	1,5 – 1,7
16 ★	O_2	0,5	D1,4	0,5	+13	8000	**1,1**	1,3 – 1,6
18 ★	O_2	0,5	S1,5	0,5	+14	10000	**1,1**	1,3 – 1,5
20 ★	O_2	0,5	S1,5	0,5	+15	10000	**0,96**	1,1 – 1,4
22 ★	O_2	0,5	S1,5	0,5	+15	10000	**0,89**	1,1 – 1,2
25 ★	O_2	0,55	S1,5	0,5	+15	10000	**0,74**	0,87 – 1,1
30 ★◆	O_2	0,7	S1,7	0,5	+16	10000	**0,57**	0,67 – 0,83
35 ★◆	O_2	1,5	S1,7	0,5	+17	10000	**0,37**	0,43 – 0,6
40 ★◆	O_2	1,2	S1,7	0,5	+17	10000	**0,23**	0,27 – 0,37
1 ★	N_2 / Hava	8	S2,0	0,5	0	10000	**51**	60 – 80
2 ★	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-0,5	10000	**37**	43 – 48
3 ★	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-1	10000	**25**	29 – 35
4 ★	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-1	10000	**17**	20 – 25
5 ★	N_2 / Hava	8	S4,0	0,5	-2	10000	**14**	17 – 20
6 ★	N_2 / Hava	8	S4,0	0,5	-2	10000	**11**	13 – 16
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
12 ★	N_2	18	S5,0	0,5	-3	10000	**3,8**	4,5 – 5,3
14 ★	N_2	18	S5,0	0,5	-5	10000	**2,6**	3 – 3,8
16 ★	N_2	20	S5,0	0,5	-6	10000	**1,6**	1,9 – 2,3
18 ★	N_2	20	S5,0	0,5	-10	10000	**1,1**	1,3 – 1,6
20 ★	N_2	20	S5,0	0,3	-11	10000	**0,94**	1,1 – 1,2
22 ★	N_2	20	S5,0	0,5	-12	10000	**0,79**	0,93 – 1,1
25 ★◆	N_2	20	S6,0	0,5	-13	10000	**0,50**	0,58 – 0,87
35 ★◆	N_2	25	S5,0	0,5	+7‡	10000	**0,14**	0,17 – 0,23
1 ★	N_2	10	S2,0	1	0	10000	**51**	60 – 73
2 ★	N_2	12	S2,0	0,5	0	10000	**28**	33 – 42
3 ★	N_2	13	S3,0	0,5	-0,5	10000	**23**	27 – 31
4 ★	N_2	12	S3,0	0,5	-1	10000	**15**	18 – 23
5 ★	N_2	12	S3,5	0,5	-1	10000	**11**	13 – 17
6 ★	N_2	12	S4,0	0,5	-1,5	10000	**8,5**	10 – 13
8 ★	N_2	13	S5,0	0,5	-3	10000	**6,0**	7 – 8,9

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
10 ★	N_2	14	◯ S5,0	0,5	-3	10000	**3,9**	4,6 – 5,5
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
1 ★	N_2 / Hava	8	◯ S2,0	0,5	0	10000	**43**	51 – 68
2 ★	N_2 / Hava	8	◯ S3,0	0,5	-0,5	10000	**31**	37 – 41
3 ★	N_2 / Hava	8	◯ S3,0	0,5	-1	10000	**21**	25 – 29
4 ★	N_2 / Hava	8	◯ S3,0	0,5	-1	10000	**15**	17 – 22
5 ★	N_2 / Hava	8	◯ S4,0	0,5	-2	10000	**12**	14 – 17
6 ★	N_2 / Hava	8	◯ S4,0	0,5	-2	10000	**9,4**	11 – 14
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,6	0	10000	**44**	52 – 60
2 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,5	-1	10000	**27**	32 – 36
3 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,5	-1	10000	**18**	21 – 25
4 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,5	-2	10000	**13**	15 – 19
5 ★	N_2	14	◯ S2,5	0,5	-3	10000	**9,6**	11 – 14
6 ★	N_2	14	◯ S2,5	0,5	-4	10000	**6,7**	7,8 – 9,3
8 ★	N_2	14	◯ S2,5	0,5	-6	10000	**4,7**	5,5 – 6,3
10 ★	N_2	14	◯ S5,0	0,5	-7	10000	**3,4**	4 – 4,8
12 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-7	10000	**1,8**	2,1 – 2,8
14 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-8	10000	**1,2**	1,4 – 2
16 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-9	10000	**1,1**	1,3 – 1,6
18 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-10	10000	**0,88**	1 – 1,3
20 ★	N_2	16	◯ S5,0	0,3	-12	10000	**0,71**	0,83 – 1,1
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
1 ★	N_2	10	◯ S2,0	0,6	0	10000	**34**	40 – 50
2 ★	N_2	12	◯ S2,0	0,5	-1	10000	**23**	27 – 32
3 ★	N_2	12	◯ S3,0	0,5	-1	10000	**15**	17 – 20
4 ★	N_2	12	◯ S3,0	0,5	-2	10000	**11**	14 – 16
5 ★	N_2	14	◯ S3,5	0,5	-3	10000	**9,5**	11 – 13
6 ★	N_2	14	◯ S4,0	0,5	-3	10000	**6,1**	7,2 – 8,8
8 ★	N_2	14	◯ S4,5	0,5	-4	10000	**4,4**	5,2 – 5,9
10 ★	N_2	14	◯ S4,5	0,5	-5	10000	**2,8**	3,3 – 4
12 ★	N_2	14	◯ S4,5	0,5	-5	10000	**1,5**	1,8 – 2,2
16 ★◆	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-11	10000	**0,54**	0,63 – 0,8
Bakır Kaynak satırındaki gazı izleyin; yüksek yansıtıcılık.								
1 ★	O_2	10	◯ S3,0	0,6	-0,5	10000	**26**	30 – 35
2 ★	O_2	12	◯ S3,0	0,5	-1	10000	**15**	17 – 22
3 ★	O_2	13	◯ S3,0	0,5	-2	10000	**11**	13 – 16
4 ★	O_2	13	◯ S3,5	0,5	-3	10000	**7,4**	8,7 – 11
5 ★	O_2	13	◯ S4,5	0,5	-4,5	10000	**5,4**	6,3 – 8,7
6 ★	O_2	14	◯ S4,5	0,5	-5	10000	**3,3**	3,8 – 4,8
8 ★◆	O_2	16	◯ S4,5	0,5	-6	10000	**1,8**	2,2 – 2,7

S tek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: KRRASS 6/12 kW + BSM12 6000 W; https://www.krrass.com/6000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters/; https://www.krrass.com/12kw-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/; https://www.krrass.com/12000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters/; https://www.bestsheetmetalmachine.com/12000w-laser-cutting-parameters/; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

★ hız aralıkları baskıda en çok iki ondalıkla gösterilir.

9.9 12 kW (12000 W)

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
KRRASS · karma kaynak; satır kaynağını izleyin · 50 / 100 µm; malzemeye göre	Jiaqiang (kaynak adı) · 100/125	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
1	N_2 / Hava	8	S2,0	0,5	0	12000	**51**	60 – 80
2	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-0,5	12000	**38**	45 – 50
3	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-1	12000	**27**	32 – 38
4	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-1	12000	**20**	23 – 28
5	N_2 / Hava	8	S4,0	0,5	-2	12000	**17**	20 – 23
6	N_2 / Hava	8	S4,0	0,5	-2	12000	**14**	16 – 20
8	N_2 / Hava	8	S5,0	0,5	-3	12000	**8,5**	10 – 13
10	N_2 / Hava	10	S5,0	0,5	-3	12000	**4,7**	5,5 – 7,5
12	N_2 / Hava	16	S5,0	0,5	-3	12000	**3,4**	4 – 5,5
8	O_2	0,6	D1,2	0,6	+10	4000	**2,0**	2,3 – 2,5
10	O_2	0,6	D1,2	0,6	+11	6000	**1,7**	2 – 2,2
12	O_2	0,6	D1,2	0,6	+12	6000	**1,5**	1,8 – 2
14	O_2	0,6	D1,4	0,6	+12	8000	**1,4**	1,6 – 1,8
16	O_2	0,5	D1,4	0,5	+13	8000	**1,3**	1,5 – 1,7
18	O_2	0,5	S1,5	0,5	+14	10000	**1,4**	1,6 – 1,7
20	O_2	0,5	S1,5	0,5	+15	12000	**1,2**	1,4 – 1,6
22	O_2	0,5	S1,5	0,5	+15	12000	**1,1**	1,3 – 1,5
25	O_2	0,55	S1,5	0,5	+15	12000	**0,85**	1 – 1,2
30	O_2	0,7	S1,7	0,5	+16	12000	**0,68**	0,8 – 1
35	O_2	1,5	S1,7	0,5	+17	12000	**0,43**	0,5 – 0,7
40 ◆	O_2	1,2	S1,7	0,5	+17	12000	**0,26**	0,3 – 0,4
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
12	N_2	18	S5,0	0,5	-3	12000	**5,1**	6 – 7
14	N_2	18	S5,0	0,5	-5	12000	**3,4**	4 – 5
16	N_2	20	S5,0	0,5	-6	12000	**2,1**	2,5 – 3
18	N_2	20	S5,0	0,5	-10	12000	**1,4**	1,6 – 2
20	N_2	20	S5,0	0,3	-11	12000	**1,2**	1,4 – 1,5
22	N_2	20	S5,0	0,5	-12	12000	**1,0**	1,2 – 1,4
25	N_2	20	S6,0	0,5	-13	12000	**0,68**	0,8 – 1,2
30	N_2	25	S5,0	0,5	+7‡	12000	**0,26**	0,3 – 0,4
35 ◆	N_2	25	S5,0	0,5	+7‡	12000	**0,17**	0,2 – 0,3
40 ◆	N_2	25	S5,0	0,5	+7‡	12000	**0,09**	0,1 – 0,15
1	N_2	10	S2,0	1	0	12000	**51**	60 – 70
2	N_2	12	S2,0	0,5	0	12000	**30**	35 – 45
3	N_2	13	S3,0	0,5	-0,5	12000	**26**	30 – 35
4	N_2	12	S3,0	0,5	-1	12000	**17**	20 – 26
5	N_2	12	S3,5	0,5	-1	12000	**13**	15 – 20
6	N_2	12	S4,0	0,5	-1,5	12000	**10**	12 – 15
8	N_2	13	S5,0	0,5	-3	12000	**7,7**	9 – 11

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
10	N_2	14	S5,0	0,5	-3	12000	**5,1**	6 – 7
1	Hava	10	S2,0	1	0	12000	**51**	60 – 70
2	Hava	12	S2,0	0,5	0	12000	**30**	35 – 45
3	Hava	13	S3,0	0,5	-0,5	12000	**26**	30 – 35
4	Hava	12	S3,0	0,5	-1	12000	**17**	20 – 26
5	Hava	12	S3,5	0,5	-1	12000	**13**	15 – 20
6	Hava	12	S4,0	0,5	-1,5	12000	**10**	12 – 15
8	Hava	13	S5,0	0,5	-3	12000	**7,7**	9 – 11
10	Hava	14	S5,0	0,5	-3	12000	**6,0**	7 – 8
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
1 ★	N_2 / Hava	8	S2,0	0,5	0	12000	**43**	51 – 68
2 ★	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-0,5	12000	**33**	38 – 43
3 ★	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-1	12000	**23**	27 – 32
4 ★	N_2 / Hava	8	S3,0	0,5	-1	12000	**17**	20 – 24
5 ★	N_2 / Hava	8	S4,0	0,5	-2	12000	**14**	17 – 20
6 ★	N_2 / Hava	8	S4,0	0,5	-2	12000	**12**	14 – 17
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1	N_2	12	S2,0	0,6	0	12000	**43**	50 – 60
2	N_2	12	S2,0	0,5	-1	12000	**30**	35 – 40
3	N_2	12	S2,0	0,5	-1	12000	**21**	25 – 30
4	N_2	12	S2,0	0,5	-2	12000	**15**	18 – 23
5	N_2	14	S2,5	0,5	-3	12000	**12**	14 – 17
6	N_2	14	S2,5	0,5	-4	12000	**8,5**	10 – 12
8	N_2	14	S2,5	0,5	-6	12000	**6,0**	7 – 8
10	N_2	14	S5,0	0,5	-7	12000	**4,3**	5 – 6
12	N_2	16	S5,0	0,5	-7	12000	**2,2**	2,6 – 3,5
14	N_2	16	S5,0	0,5	-8	12000	**1,4**	1,7 – 2,5
16	N_2	16	S5,0	0,5	-9	12000	**1,4**	1,6 – 2
18	N_2	16	S5,0	0,5	-10	12000	**1,0**	1,2 – 1,5
20	N_2	16	S5,0	0,3	-12	12000	**0,85**	1 – 1,3
25	N_2	25	S5,0	0,5	-13	12000	**0,51**	0,6 – 0,8
30	N_2	25	S5,0	0,5	+7‡	12000	**0,26**	0,3 – 0,4
40	N_2	25	S5,0	0,5	+8‡	12000	**0,17**	0,2 – 0,3
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
1	N_2	10	S2,0	0,6	0	12000	**34**	40 – 50
2	N_2	12	S2,0	0,5	-1	12000	**26**	30 – 35
3	N_2	12	S3,0	0,5	-1	12000	**19**	22 – 25
4	N_2	12	S3,0	0,5	-2	12000	**14**	17 – 20
5	N_2	14	S3,5	0,5	-3	12000	**12**	14 – 16
6	N_2	14	S4,0	0,5	-3	12000	**7,7**	9 – 11
8	N_2	14	S4,5	0,5	-4	12000	**6,0**	7 – 8
10	N_2	14	S4,5	0,5	-5	12000	**3,8**	4,5 – 5,5
12	N_2	14	S4,5	0,5	-5	12000	**2,0**	2,4 – 3
14	N_2	16	S5,0	0,5	-8	12000	**1,2**	1,4 – 2
16	N_2	16	S5,0	0,5	-11	12000	**0,68**	0,8 – 1

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Bakır Kaynak satırındaki gazı izleyin; yüksek yansıtıcılık.								
1	O_2	10	◯ **S3,0**	0,6	-0,5	12000	**26**	30 – 35
2	O_2	12	◯ **S3,0**	0,5	-1	12000	**17**	20 – 25
3	O_2	13	◯ **S3,0**	0,5	-2	12000	**14**	16 – 20
4	O_2	13	◯ **S3,5**	0,5	-3	12000	**8,5**	10 – 13
5	O_2	13	◯ **S4,5**	0,5	-4,5	12000	**6,0**	7 – 10
6	O_2	14	◯ **S4,5**	0,5	-5	12000	**3,8**	4,5 – 5,5
8	O_2	16	◯ **S4,5**	0,5	-6	12000	**2,1**	2,5 – 3
10	O_2	18	◯ **S4,5**	0,5	-8	12000	**0,85**	1 – 1,5

S tek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: KRRASS 12 kW (siyah sac/kalın paslanmaz: 50 µm; Al/pirinç/bakır/ince paslanmaz: 100 µm); https://www.krrass.com/12kw-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/; https://www.krrass.com/12000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters/; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

9.10 15 kW (15000 W)

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
MAX/Raycus/IPG · çok modül · 100 µm	Jiaqiang (kaynak adı) · 100/125	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
1	N_2 / Hava	10	S2,0	1	0	15000	**51**	60 – 80
2	N_2 / Hava	10	S2,0	0,5	0	15000	**43**	50 – 60
3	N_2 / Hava	12	S3,0	0,5	0	15000	**26**	30 – 33
4	N_2 / Hava	12	S3,0	0,5	0	15000	**20**	23 – 26
5	N_2 / Hava	12	S3,5	0,5	0	15000	**17**	20 – 22
6	N_2 / Hava	12	S3,5	0,5	0	15000	**14**	17 – 19
8	N_2 / Hava	12	S4,0	0,5	-1	15000	**9,4**	11 – 12
10	N_2 / Hava	13	S4,0	0,5	-1	15000	**6,0**	7 – 8
12	N_2 / Hava	13	S4,5	0,5	-2	15000	**4,3**	5 – 6
14	N_2 / Hava	15	S4,5	0,5	-6	15000	**3,4**	4 – 4,5
16	N_2 / Hava	16	S5,0	0,5	-8	15000	**2,6**	3 – 3,5
10	O_2	0,6	D1,2	0,5	+8	6000	**1,7**	2 – 2,3
12	O_2	0,6	D1,2	0,5	+8	7500	**1,5**	1,8 – 2,1
14	O_2	0,6	D1,4	0,5	+9	8500	**1,4**	1,7 – 1,9
16	O_2	0,6	D1,4	0,5	+10	9500	**1,4**	1,6 – 1,7
20	O_2	0,6	D1,6	0,5	+12	15000	**1,2**	1,4 – 1,6
22	O_2	0,7	D1,6	0,5	+12	15000	**1,0**	1,2 – 1,4
25	O_2	0,7	S1,4	0,3	+13	15000	**0,85**	1 – 1,2
30	O_2	0,9	S1,6	0,3	+12	15000	**0,34**	0,4 – 1
40	O_2	1,3	S1,8	0,3	+13	15000	**0,17**	0,2 – 0,3
50	O_2	1,5	S1,8	0,3	+13	15000	**0,09**	0,1 – 0,2
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
1	N_2	10	S2,0	1	0	15000	**51**	60 – 80
2	N_2	12	S2,0	0,5	0	15000	**34**	40 – 50
3	N_2	13	S3,5	0,5	0	15000	**29**	34 – 38
4	N_2	12	S3,5	0,5	-1	15000	**20**	23 – 30
5	N_2	13	S4,0	0,5	-1	15000	**15**	18 – 23
6	N_2	13	S4,5	0,5	-2	15000	**14**	16 – 19
8	N_2	13	S5,0	0,5	-3	15000	**8,5**	10 – 12
10	N_2	14	S5,0	0,5	-4	15000	**6,8**	8 – 10
12	N_2	15	S5,0	0,5	-5	15000	**5,1**	6 – 7
14	N_2	15	S5,0	0,5	-7	15000	**3,0**	3,5 – 4,5
16	N_2	16	S5,0	0,5	-8	15000	**2,1**	2,5 – 3,5
18	N_2	18	S5,0	0,5	-9	15000	**1,5**	1,8 – 2,3
20	N_2	20	S5,0	0,5	-11	15000	**1,3**	1,5 – 2
25	N_2	25	S5,0	0,5	-13	15000	**0,77**	0,9 – 1,2
30	N_2	25	S5,0	0,5	-16	15000	**0,26**	0,3 – 0,4
40	N_2	25	S5,0	0,5	+8‡	15000	**0,13**	0,15 – 0,2
50	N_2	25	S5,0	0,5	+9‡	15000	**0,09**	0,1 – 0,15

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
1	Hava	10	S3,0	1	-1	15000	**51**	60 – 80
2	Hava	12	S3,0	0,5	-1	15000	**34**	40 – 60
3	Hava	13	S3,5	0,5	-1	15000	**26**	30 – 35
4	Hava	14	S3,5	0,5	-2	15000	**21**	25 – 28
5	Hava	16	S4,0	0,5	-4	15000	**19**	22 – 25
6	Hava	16	S4,5	0,5	-4	15000	**15**	18 – 20
8	Hava	16	S4,5	0,5	-4	15000	**8,5**	10 – 12
10	Hava	16	S4,5	0,5	-5	15000	**6,8**	8 – 9
12	Hava	18	S4,5	0,5	-6	15000	**5,1**	6 – 7
14	Hava	18	S5,0	0,5	-8	15000	**3,4**	4 – 4,2
16	Hava	20	S5,0	0,5	-10	15000	**2,1**	2,5 – 3
18	Hava	20	S5,0	0,5	-10	15000	**1,7**	2 – 2,3
20	Hava	25	S5,0	0,5	-15	15000	**1,5**	1,8 – 2
25	Hava	25	S6,0	0,5	-19	15000	**1,0**	1,2 – 1,4
30	Hava	25	S6,0	0,5	-21	15000	**0,68**	0,8 – 1
35	Hava	25	S6,0	0,5	-24	15000	**0,34**	0,4 – 0,6
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
1 ★	N_2 / Hava	10	S2,0	1	0	15000	**43**	51 – 68
2 ★	N_2 / Hava	10	S2,0	0,5	0	15000	**36**	43 – 51
3 ★	N_2 / Hava	12	S3,0	0,5	0	15000	**22**	26 – 28
4 ★	N_2 / Hava	12	S3,0	0,5	0	15000	**17**	20 – 22
5 ★	N_2 / Hava	12	S3,5	0,5	0	15000	**14**	17 – 19
6 ★	N_2 / Hava	12	S3,5	0,5	0	15000	**12**	14 – 16
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1	N_2	10	S3,0	0,6	0	15000	**51**	60 – 70
2	N_2	12	S3,0	0,5	-1	15000	**34**	40 – 50
3	N_2	14	S3,0	0,5	-1	15000	**29**	34 – 40
4	N_2	14	S3,5	0,5	-2	15000	**18**	21 – 26
5	N_2	14	S3,5	0,5	-3	15000	**14**	16 – 20
6	N_2	14	S4,0	0,5	-4	15000	**11**	13 – 15
8	N_2	16	S4,0	0,5	-6	15000	**7,7**	9 – 11
10	N_2	16	S4,5	0,5	-7	15000	**5,1**	6 – 8
12	N_2	16	S4,5	0,5	-9	15000	**2,1**	2,5 – 4
14	N_2	16	S5,0	0,5	-9	15000	**1,7**	2 – 3
16	N_2	18	S5,0	0,5	-10	15000	**1,3**	1,5 – 2
18	N_2	18	S5,0	0,5	-11	15000	**1,1**	1,3 – 1,8
20	N_2	20	S5,0	0,3	-13	15000	**0,68**	0,8 – 1,3
25	N_2	25	S5,0	0,5	-14	15000	**0,43**	0,5 – 0,7
30	N_2	25	S5,0	0,5	-17	15000	**0,34**	0,4 – 0,5
40	N_2	25	S5,0	0,5	+8‡	15000	**0,17**	0,2 – 0,3
50	N_2	25	S5,0	0,5	+9‡	15000	**0,09**	0,1 – 0,2
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
1	N_2	12	S2,0	1	0	15000	**43**	50 – 60
2	N_2	12	S2,0	0,5	-1	15000	**32**	38 – 42
3	N_2	12	S3,0	0,5	-1	15000	**21**	25 – 30
4	N_2	12	S3,5	0,5	-2	15000	**17**	20 – 24
5	N_2	14	S3,5	0,5	-3	15000	**15**	18 – 21

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
6	N_2	14	◯ S4,0	0,5	-3	15000	**7,7**	9 – 11
8	N_2	14	◯ S4,0	0,5	-4	15000	**6,0**	7 – 9
10	N_2	14	◯ S4,5	0,5	-5	15000	**4,3**	5 – 6
12	N_2	14	◯ S4,5	0,5	-5	15000	**2,6**	3 – 3,5
14	N_2	16	◯ S4,5	0,5	-8	15000	**2,1**	2,5 – 3
16	N_2	18	◯ S5,0	0,5	-11	15000	**1,1**	1,3 – 1,5
18	N_2	18	◯ S5,0	0,5	-11	15000	**0,85**	1 – 1,2
20	N_2	18	◯ S5,0	0,3	-12	15000	**0,51**	0,6 – 0,8
Bakır Kaynak satırındaki gazı izleyin; yüksek yansıtıcılık.								
1	O_2	10	◯ S2,0	0,6	-0,5	15000	**32**	38 – 42
2	O_2	10	◯ S2,0	0,5	-1	15000	**24**	28 – 32
3	O_2	10	◯ S3,0	0,5	-2	15000	**17**	20 – 24
4	O_2	12	◯ S3,5	0,5	-3	15000	**12**	14 – 16
5	O_2	12	◯ S3,5	0,5	-4,5	15000	**6,8**	8 – 10
6	O_2	13	◯ S4,0	0,5	-5	15000	**5,1**	6 – 7
8	O_2	13	◯ S4,0	0,5	-6	15000	**2,1**	2,5 – 3,5
10	O_2	14	◯ S4,0	0,5	-8	15000	**1,3**	1,5 – 2

S tek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: KRRASS 15000W; kalınlık denetimi BSM15; https://www.krrass.com/1500w-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/; https://www.bestsheetmetalmachine.com/15000w-laser-cutting-parameters/; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

9.11 20 kW (20000 W) ★

Ara değer tablosu

Bu güç için yayımlanmış tam tablo bulunamadı; değerler komşu güç tablolarından ara değerdir. Deneme kesimiyle doğrulayın.

20 kW alüminyum, pirinç ve bakır satırları üreticinin gerçek 20000 W verisidir; ★ değildir. Siyah sac ve paslanmaz ★ ara değerdir.

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
★ 15–30 kW hız ara değeri; Al/pirinç/bakır: gerçek 20000 W · 100 µm (komşu tablolar)	30 kW satırı; model belirtilmemiş · Kaynakta belirtilmemiş	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
8 ★	N_2 / Hava	10	S4,5	0,5	-1	20000	**12**	14 – 16
10 ★	N_2 / Hava	10	S4,5	0,5	-2	20000	**8,2**	9,7 – 12
12 ★	N_2 / Hava	12	S4,5	0,5	-3	20000	**5,7**	6,7 – 8,7
14 ★	N_2 / Hava	14	S4,5	0,5	-3	20000	**4,8**	5,7 – 6,5
16 ★	N_2 / Hava	14	S5,0	0,5	-4	20000	**4,0**	4,7 – 5,5
10 ★	O_2	0,6	D1,2	0,6	+8	6000	**1,8**	2,1 – 2,4
12 ★	O_2	0,6	D1,2	0,6	+9	6500	**1,6**	1,8 – 2,1
14 ★	O_2	0,6	D1,4	0,6	+10	8000	**1,5**	1,7 – 1,9
16 ★	O_2	0,6	D1,4	0,6	+11	8500	**1,4**	1,6 – 1,7
20 ★	O_2	0,5	S1,5	0,3	+12 / +13,5	11000	**1,2**	1,4 – 1,6
22 ★	O_2	0,5	S1,6	0,3	+12 / +13,5	12000	**1,0**	1,2 – 1,4
25 ★	O_2	0,5	S1,6	0,3	+13 / +14,5	12000	**0,92**	1,1 – 1,3
30 ★	O_2	0,8	S1,6	0,3	+13 / +14,5	17000	**0,54**	0,63 – 1,1
40 ★	O_2	1,2	S1,8	0,3	+14 / +15	20000	**0,37**	0,43 – 0,57
50 ★	O_2	1,3	S1,8	0,3	+15 / +16	20000	**0,17**	0,2 – 0,3
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
6 ★	N_2	8	S4,5	0,5	+1 / -2‡	20000	**18**	21 – 24
8 ★	N_2	8	S5,0	0,5	-1 / -2	20000	**13**	15 – 17
10 ★	N_2	8	S5,0	0,5	-1 / -3	20000	**10**	12 – 14
12 ★	N_2	10	S5,0	0,5	-1 / -5	20000	**7,7**	9 – 10
14 ★	N_2	14	S5,0	0,5	-3 / -5	20000	**4,8**	5,7 – 7
16 ★	N_2	14	S5,0	0,5	-4 / -5	20000	**3,8**	4,5 – 5,7
18 ★	N_2	16	S5,0	0,5	-5 / -6	20000	**2,7**	3,2 – 3,9
20 ★	N_2	20	S6,0	0,5	-5 / -6	20000	**2,3**	2,7 – 3,3
25 ★	N_2	20	S6,0	0,5	-6,5 / -7,5	20000	**1,4**	1,6 – 2,1
30 ★	N_2	25	S8,0	0,3	-9,5 / -10,5	20000	**0,74**	0,87 – 1,1
40 ★◆	N_2	25	S8,0	0,3	-15 / -16,5	20000	**0,34**	0,4 – 0,53
50 ★◆	N_2	25	S6,0	0,3	+8‡	20000	**0,11**	0,13 – 0,18
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
6 ★	N_2 / Hava	8	S4,5	0,5	+1 / -2‡	20000	**17**	20 – 23
Alüminyum Yüksek yansıtıcılık; kaynak/kafa uygunluğunu doğrulayın.								
1	N_2	8	S3,0	0,5	0	20000	**51**	60 – 80

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
2	N_2	8	◯ S3,0	0,5	0	20000	**43**	50 – 60
3	N_2	8	◯ S3,0	0,5	-1	20000	**30**	35 – 45
4	N_2	8	◯ S3,0	0,5	-1	20000	**26**	30 – 40
5	N_2	10	◯ S4,5	0,5	-2	20000	**17**	20 – 25
6	N_2	10	◯ S4,5	0,5	-2	20000	**13**	15 – 22
8	N_2	10	◯ S5,0	0,5	-3	20000	**12**	14 – 20
10	N_2	10	◯ S5,0	0,5	-3	20000	**6,8**	8 – 10
12	N_2	10	◯ S5,0	0,5	-4	20000	**6,0**	7 – 8
14	N_2	12	◯ S5,0	0,5	-5	20000	**3,4**	4 – 6
16	N_2	14	◯ S5,0	0,5	-6	20000	**2,6**	3 – 4,5
18	N_2	14	◯ S5,0	0,5	-6	20000	**2,0**	2,3 – 3
20	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-7	20000	**1,7**	2 – 2,3
25	N_2	18	◯ S6,0	0,5	-8	20000	**0,85**	1 – 1,5
30	N_2	20	◯ S6,0	0,5	-8	20000	**0,51**	0,6 – 0,8
40 ◆	N_2	25	◯ S6,0	0,5	+8‡	20000	**0,26**	0,3 – 0,6
50 ◆	N_2	28	◯ S6,0	0,5	+8‡	20000	**0,26**	0,3 – 0,4
60 ◆	N_2	28	◯ S6,0	0,5	+8‡	20000	**0,17**	0,2 – 0,3
Pirinç Yüksek yansıtıcılık.								
1	N_2	10	◯ S3,0	0,5	0	20000	**43**	50 – 60
2	N_2	10	◯ S3,5	0,5	0	20000	**30**	35 – 45
3	N_2	10	◯ S3,5	0,5	0	20000	**24**	28 – 35
4	N_2	10	◯ S3,5	0,5	-1	20000	**20**	23 – 28
5	N_2	12	◯ S4,5	0,5	-1	20000	**13**	15 – 20
6	N_2	12	◯ S4,5	0,5	-1,5	20000	**10**	12 – 15
8	N_2	12	◯ S5,0	0,5	-2	20000	**6,8**	8 – 10
10	N_2	13	◯ S5,0	0,5	-3	20000	**4,3**	5 – 7
12	N_2	14	◯ S5,0	0,5	-3	20000	**3,0**	3,5 – 5,5
14	N_2	14	◯ S5,0	0,5	-4	20000	**2,6**	3 – 4,5
16	N_2	14	◯ S5,0	0,5	-5	20000	**1,7**	2 – 3
18	N_2	16	◯ S5,0	0,5	-6	20000	**0,85**	1 – 1,5
20	N_2	18	◯ S6,0	0,5	-6,5	20000	**0,60**	0,7 – 0,9
Bakır Kaynak satırındaki gazı izleyin; yüksek yansıtıcılık.								
1	O_2	8	◯ S3,0	0,5	0	20000	**26**	30 – 40
2	O_2	8	◯ S3,0	0,5	0	20000	**19**	22 – 30
3	O_2	8	◯ S3,5	0,5	0	20000	**17**	20 – 25
4	O_2	10	◯ S3,5	0,5	-1	20000	**13**	15 – 18
5	O_2	10	◯ S5,0	0,5	-1	20000	**10**	12 – 14
6	O_2	10	◯ S5,0	0,5	-2	20000	**6,0**	7 – 9
8	O_2	10	◯ S5,0	0,5	-3	20000	**3,8**	4,5 – 5,5
10	O_2	12	◯ S5,0	0,5	-4	20000	**2,6**	3 – 3,5
12 ◆	O_2	14	◯ S5,0	0,5	-5	20000	**1,7**	2 – 2,5

S tek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: KRRASS 15 kW + bestsheetmetalmachine 30000W (20000 W satırları dahil); https://www.krrass.com/1500w-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/ ; https://www.bestsheetmetalmachine.com/30000w-laser-cutting-parameters/; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

★ hız aralıkları baskıda en çok iki ondalıkla gösterilir.

9.12 30 kW (30000 W)

KAYNAK / ÇEKİRDEK	KAFA / OPTİK	GAZ SAFLIĞI	BASINÇLI HAVA
30 kW sınıfı · çok modül · 100 µm	Kaynakta model belirtilmemiş · Kaynakta belirtilmemiş	O_2 ≥ %99,95 (3.5) · N_2 ≥ %99,995; kalite işlerinde 5.0 (%99,999) · H_2O < 5 ppm · HC < 1 ppm	Kuru, yağsız · 0,01 µm filtre

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
Siyah sac Gaz ve güç sütununu satır bazında izleyin.								
8	N_2 / Hava	10	S4,5	0,5	-1	30000	**17**	20 – 25
10	N_2 / Hava	10	S4,5	0,5	-2	30000	**13**	15 – 20
12	N_2 / Hava	12	S4,5	0,5	-3	30000	**8,5**	10 – 14
14	N_2 / Hava	14	S4,5	0,5	-3	30000	**7,7**	9 – 10,5
16	N_2 / Hava	14	S5,0	0,5	-4	30000	**6,8**	8 – 9,5
18	N_2 / Hava	20	S5,0	0,5	-7	30000	**5,1**	6 – 7
20	N_2 / Hava	25	S6,0	0,5	-10	30000	**3,4**	4 – 5
10	O_2	0,6	D1,2	0,6	+8	6000	**1,9**	2,2 – 2,5
12	O_2	0,6	D1,2	0,6	+9	6500	**1,6**	1,9 – 2,1
14	O_2	0,6	D1,4	0,6	+10	8000	**1,5**	1,8 – 1,9
16	O_2	0,6	D1,4	0,6	+11	8500	**1,4**	1,6 – 1,8
18	O_2	0,5	S1,5	0,3	+12 / +13	11000	**1,3**	1,5 – 1,7
20	O_2	0,5	S1,5	0,3	+12 / +13,5	11000	**1,3**	1,5 – 1,6
22	O_2	0,5	S1,6	0,3	+12 / +13,5	12000	**1,1**	1,3 – 1,5
25	O_2	0,5	S1,6	0,3	+13 / +14,5	12000	**1,1**	1,25 – 1,4
30	O_2	0,8	S1,6	0,3	+13 / +14,5	17000	**0,94**	1,1 – 1,3
35	O_2	1	S1,7	0,3	+13,8 / +14,5	17000	**0,94**	1,1 – 1,2
40	O_2	1,2	S1,8	0,3	+14 / +15	20000	**0,77**	0,9 – 1,1
45	O_2	1,2	S1,8	0,3	+15 / +16	28000	**0,60**	0,7 – 0,9
50	O_2	1,3	S1,8	0,3	+15 / +16	30000	**0,34**	0,4 – 0,5
60 ◆	O_2	1,6	S1,8	0,3	+16 / +17	30000	**0,17**	0,2 – 0,3
70 ◆	O_2	1,6	S1,8	0,3	+16 / +17	30000	**0,09**	0,1 – 0,2
80 ◆	O_2	1,6	S1,8	0,3	+16 / +17	30000	**0,09**	0,1 – 0,15
Paslanmaz N_2; kaynak satırı varsa hava.								
6	N_2	8	S4,5	0,5	+1 / -2‡	30000	**26**	30 – 35
8	N_2	8	S5,0	0,5	-1 / -2	30000	**21**	25 – 28
10	N_2	8	S5,0	0,5	-1 / -3	30000	**17**	20 – 22
12	N_2	10	S5,0	0,5	-1 / -5	30000	**13**	15 – 17
14	N_2	14	S5,0	0,5	-3 / -5	30000	**8,5**	10 – 12
16	N_2	14	S5,0	0,5	-4 / -5	30000	**7,2**	8,5 – 10
18	N_2	16	S5,0	0,5	-5 / -6	30000	**5,1**	6 – 7
20	N_2	20	S6,0	0,5	-5 / -6	30000	**4,3**	5 – 6
25	N_2	20	S6,0	0,5	-6,5 / -7,5	30000	**2,6**	3 – 4
30	N_2	25	S8,0	0,3	-9,5 / -10,5	30000	**1,7**	2 – 2,5
35	N_2	25	S8,0	0,3	-11 / -13	30000	**1,3**	1,5 – 1,8
40 ◆	N_2	25	S8,0	0,3	-15 / -16,5	30000	**0,77**	0,9 – 1,2
50 ◆	N_2	25	S6,0	0,3	+8‡	30000	**0,17**	0,2 – 0,25
60 ◆	N_2	25	S6,0	0,3	+9‡	30000	**0,13**	0,15 – 0,2
70 ◆	N_2	25	S8,0	0,3	+9‡	30000	**0,09**	0,1 – 0,15

Kalınlık mm	Gaz	Basınç bar	Nozul tip · Ø mm	Yükseklik mm	Fokus mm	Güç W	Başlangıç hızı m/dk	Maks. hız m/dk
80 ◆	N_2	25	◯ S8,0	0,3	+9‡	30000	**0,07**	0,08 – 0,12
90 ◆	N_2	25	◯ S8,0	0,3	+9‡	30000	**0,04**	0,05 – 0,1
100 ◆	N_2	25	◯ S8,0	0,3	+9‡	30000	**0,04**	0,05 – 0,08
Galvaniz ★ Siyah sac N_2/hava × 0,85; yoksa paslanmaz N_2 × 0,95. En çok 6 mm.								
6 ★	N_2 / Hava	8	◯ S4,5	0,5	+1 / -2‡	30000	**24**	29 – 33

Stek kat nozul · D çift kat nozul + / – kontrolcü değeri: nozul ucu referansını doğrulayın ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer

◆ deneme; seri üretim için değil

‡ Pozitif fokus: kaynak tablo böyle veriyor; Bodor/GYC N_2'de negatif ya da sıfıra yakın fokus tarif ediyor — makinede doğrulayın. İşaret, N_2 ve N_2/hava satırlarında fokusun ilk sayısı pozitifse eklenir.

Veri kaynağı: bestsheetmetalmachine 30000W; https://www.bestsheetmetalmachine.com/30000w-laser-cutting-parameters/; ★ DOKTEK türetilmiş/ara değer; ◆ Deneme / kapasite sınırı / eksik reçete referansı; seri üretim için değil.

Alüminyum: 20 kW tablosundan başlayın; Pirinç: 20 kW tablosundan başlayın; Bakır: 20 kW tablosundan başlayın.

10

Malzemeye özel notlar

Aynı kalınlıkta iki sac aynı davranmayabilir. Sınıfı, yüzeyi, kaplamayı ve parti bilgisini kaydedin. Malzemeyi değiştirdiğinizde eski reçeteyi doğrudan seri işe göndermeyin; numuneyi yeniden doğrulayın.

10.1 Siyah sac: S235 ve S355

S235 ve S355 gibi yapı çeliklerini yalnız “siyah sac” adıyla kaydetmeyin. Malzeme sınıfı, yüzey durumu ve parti değişimi kesimi etkiler. Kalın O_2 kesiminde yüzey ve kimyasal bileşim değişimi yanma kararlılığını değiştirebilir. Aynı kalınlıktaki başarılı reçete farklı partide kontrol gerektirir.

Tufalı (hadde oksit tabakasını) kabul öncesi kontrol edin. Yamane vd. çalışmasında ince (20–40 µm), iyi yapışmış ve yüzeyi düzgün tufal daha iyi kesim kalitesiyle ilişkilidir; bu durum O_2 kesimine yardım edebilir. Tufalın bütün sac boyunca tutarlı olmasını kontrol edin. Her tufallı sacı kusurlu saymayın; gevşek pas, kum ve kir delmeyi, gaz akışını ve kapasitif takibi bozabilir.

DOKTEK kuralı — birincil kaynak yok: Pullanan tufal veya pas varsa reçeteyi daha temkinli koşullarla yeniden deneyin ya da sacı reddedin. “Reçeteyi gevşetmek” için evrensel bir hız/basınç katsayısı verilmez. Yüzeyi uygun yöntemle hazırlayın; numune kabul edilmeden seri işe geçmeyin. Yamane vd. bulgusu, bu kabul kararının bire bir prosedürü değildir.

Yamane et al. — QJJWS 41(2)

- Derin çizik, kabuk atması ve kalın pas bölgelerini yerleşimde dışarıda bırakın.
- Eğilmiş sacı ölçün; yükseklik sensörünün güvenilir takip edebildiğini doğrulayın.
- Oksitli kenarın boya veya kaynak için nasıl hazırlanacağını iş emrinde belirtin.
- Bir bölgede iyi, başka bölgede kötü kesim varsa yüzey değişimini ve ısı birikimini kontrol edin.

Kaynak: Linde “Laser cutting advice”, malzeme şartı bölümünde pas, boya, hadde tufalı ve derin çizikleri kesim kalitesini etkileyen etkenler olarak sayar.

10.2 Paslanmaz: 304, 316 ve koruyucu folyo

304 ve 316'yı stokta ve reçetede ayrı tanımlayın. Oksitsiz kenar isteniyorsa uygun saflıkta N_2 kullanın. Sarı/mavi kenarı yalnız fokus kusuru saymayın; gaz saflığını, ortak hatta kalan havayı ve başlangıç gecikmesini bölüm 7.2'ye göre kontrol edin.

N_2 saflığını en az %99,995 alın; oksitsiz/parlak kenar için 5.0 (%99,999) hedefleyin. H_2O < 5 ppm ve HC < 1 ppm sınırlarını tedarik belgesinden doğrulayın; gaz ve hat kontrolünü bölüm 7.2’ye göre yapın.

Koruyucu folyolu sacda, bu kılavuzdaki tek taraflı uygulamada folyoyu üstte tutun. Lazerle kesime uygun folyo kullanın; her plastik film uygun değildir. Çift taraflı film veya farklı film türünde üretici talimatını alın. Yön ve görünür yüz bilgilerini yerleşimden önce işaretleyin.

Amaç: Folyoyu kontrol altında açarak kenarı ve yüzeyi koruyun.

Gerekenler: Film bilgisi, uygun emiş, üreticinin onaylı folyo reçetesi ve aynı malzemeden numune.

1. Folyonun lazer kesime uygunluğunu ve yapışma durumunu doğrulayın. Kabarmış veya kopmuş alanı kontrol edin.

2. Folyo üstte ve görünür yön doğru olacak biçimde yükleyin.
3. Gerekiyorsa onaylı ön geçiş/film buharlaştırma işlevini kullanın. Bu geçişi metal kesimiyle aynı reçete saymayın.
4. Numuneyi kesin. Üst yüzde yanık, film kalkması, yapışkan kalıntısı ve altta çapak arayın.
5. Uygun sonucu film türü ve sac partisiyle kaydedin. Sorunlu numuneyi seri işe taşımayın.

> **! Dikkat**
> Bilinmeyen filmi lazerle buharlaştırmayın. Film dumanını etkin biçimde emdirin; emiş çalışmıyorsa kesmeyin. Film birikimini ve koruyucu camın kirlenmesini izleyin.

Neden? Folyo ve yapışkanın davranışı metalin davranışından farklıdır. Yanlış geçiş yüzeyi bozabilir ve kesim başlangıcını kararsızlaştırabilir.

10.3 Galvaniz: çinko kaplamayı hesaba katın

Galvanizde N_2 veya uygun kuru, yağsız havayı tercih edin. **O_2 tercih edilmez; GWEIKE ≥3 mm'de numuneyle O_2 seçeneği verir.** O_2 çinkoyla tepkimeyi, kaplama yanmasını, sıçramayı ve optik kirlenmesini artırabilir. Etkin emişi koruyun; siyah sac reçetesini galvanize kopyalamayın.

Çinko kaplama kalınlığı ve yüzey işlemi değiştikçe delme, sıçrama ve kenar sonucu değişebilir. Sac kalınlığı aynı olsa bile kaplama farklıysa numuneyi yenileyin. İlk parçada ve vardiya başında koruyucu cam durumunu kontrol edin; gözlenen kirlenmeye göre kontrol sıklığını artırın. Cam çekmecesini yalnız güvenli durumda ve temiz ortamda açın.

> **! Çinko dumanı ve optik kirlenmesi**
> Çinko dumanı zararlıdır; metal dumanı ateşine yol açabilir. Etkin yerel emiş olmadan kesmeyin. Çinko sıçraması koruyucu camı hızlı kirletebilir. Koku veya görünür dumanı tek başına güvenli çalışma ölçütü kabul etmeyin.

- Kaplama ve sac parti bilgisini iş emrine yazın.
- Emişin kesim bölgesinde çalıştığını doğrulayın.
- Film, boya veya ek yüzey işlemi varsa ayrıca değerlendirin.
- Altta çapak için önce reçete, nozul ve akış kontrollerini yapın; tek parametreyle deneyin.

Kaplama yanması ile ana metalin kesilmemesini ayırın. Üst yüzde kaplama açılmış görünmesi, sacın altına kadar kesildiğini kanıtlamaz. Numuneyi alt yüzden de inceleyin.

Gaz seçimi: GWEIKE galvaniz rehberi. Hız ve tam reçete için bölüm 9'u kullanın; eksik referansları seri reçete saymayın.

10.4 Alüminyum: yüzey oksidi ve çapak

Alüminyum yansıtıcıdır ve ısıyı hızla iletir. Yüzeydeki oksit tabakası ile ana metal farklı davranır. Alaşım, yüzey ve levhanın düzlüğünü kaydedin. Kaynak ve kafa üreticisinin alüminyum uygunluğunu doğrulayın.

N_2 temiz kenar için yaygın tercihtir. Hava, uygun reçetede ve kenar kabulüyle kullanılabilir. Havayla kesilen kenarın oksit ve renk durumunu sonraki kaynak veya boya işlemi için değerlendirin. Her alüminyum alaşımına aynı reçeteyi uygulamayın.

Alt kenardaki yapışkan çapakta hız, fokus ve gaz tahliyesi birlikte etkili olabilir. Önce nozulun hasarsız ve merkezli olduğunu, gazın akış sırasında yeterli kaldığını kontrol edin. Koruyucu camı inceleyin. Ardından bölüm 13.3'e göre tek parametreyle deneyin.

Parçayı soğuduktan sonra ölçün. İnce ve uzun parçadaki eğilme, yalnız kesim yarığı telafisiyle düzeltilemez. Yerleşim, ısı dağılımı ve mikro bağlantıları değerlendirin.

10.5 Pirinç ve bakır: geri yansıma

Pirinç ve bakırda geri dönen ışın lazer kaynağına zarar verebilir. Uygunluk kaynak tipine ve modeline bağlıdır. Yalnız marka adına veya güç etiketine bakmayın; kullanılan kaynak, optik bağlantı ve kafa için üreticinin bu malzemeleri onayladığını doğrulayın.

> **Geri yansıma koruması**
>
> Geri yansıma korumasını veya alarmını devre dışı bırakmayın. Uygunluğu doğrulanmamış sistemde pirinç/bakır denemesi yapmayın. Koruma, her koşulda hasar oluşmayacağı garantisi değildir. Kesim kararsızsa veya koruma tetiklenirse üretici prosedürüne göre durun.

Bakırda kaynaklar ayrışır: Çin kaynak üreticisi BWT yüksek basınçlı O_2 ister; Batılı Boss Laser N_2'yi olağan tercih sayar. IPG adına yayımlanan derleme de N_2/hava örnekleri içerir; bu birincil IPG gaz reçetesi değildir. Gazları eşdeğer saymayın; kaynak/kafa üreticinizin bakır onayını ve tam reçetesini alın.

Yerel Maxphotonics MFSC/MFMC metni pirinç satırları içerir; bakır için buradan sayısal reçete türetmeyin. Pirinçten bakıra, bakırdan alüminyuma ayar taşımayın. İlk delme ve geçişte kararlı kesimi özellikle kontrol edin.

Bakır ve pirincin yüzey temizliği, kaplaması ve parti bilgisi de sonucu etkiler. Gereken emişi çalıştırın; sıcak parçaya çıplak elle dokunmayın. Koruyucu cam kirlenmesini güç artırarak telafi etmeyin.

BWT'nin ≥10 kW bakır/alüminyum önlemleri: yalnız uygun sistemde tam güçte sürekli dalga (CW) kullanın; çalışabilen en küçük nozulu seçin ve seri hızını başarılı numunenin ≈%80'ine indirin. Nozul soğutma gazını sürekli açık tutun. Bu öneriler makinenin izinlerini aşmaz; yüksek basınçlı bakır O_2 reçetesini siyah sacla karıştırmayın.

BWT

10.6 Kaplamalı ve boyalı sac

Boya, yağ, film ve metalik kaplama hem kesim başlangıcını hem çıkan dumanı değiştirir. Kaplamanın ne olduğunu üretimden önce öğrenin. Bilinmeyen kaplamayı deneme kesimiyle tanımlamaya çalışmayın; tedarikçi malzeme bilgisini ve işyerinin onaylı çalışma yöntemini kullanın.

Kontrol	İş emrine yazılacak bilgi	Kabul
Malzeme ve yüzey	Ana metal sınıfı, kaplama türü, yüz ve parti.	Reçeteyle eşleşmeli.
Duman ve temizlik	Emiş şartı, kalıntı temizleme yöntemi.	Onaylı yöntem hazır olmalı.
Görünür yüz	Üst/alt yön, film yönü, izin verilen yanık izi.	Numune müşteri/iş şartını karşılamalı.
Sonraki işlem	Kaynak, büküm, boya ve kenar hazırlığı.	Kesilmiş kenar bu işleme uygun olmalı.

Numunede üst yüz, alt kenar, delik ve giriş noktasını ayrı inceleyin. Reçete kaydına yalnız “iyi çıktı” yazmayın; gaz, yüzey ve kabul ölçütünü ekleyin. Hız ve diğer sayısal ayarlar için bölüm 9; kusur teşhisi için bölüm 13'ü kullanın.

Yeni malzeme partisini kabul etme

Amaç: Malzeme değişiminin etkisini seri kesimden önce belirleyin.

Gerekenler: Tedarikçi malzeme bilgisi, onaylı önceki numune, üretim çizimi ve kayıt formu.

1. Etiketi siparişle karşılaştırın. Sınıf, kalınlık, kaplama ve parti eşleşmesini doğrulayın.
2. Üst ve alt yüzü kontrol edin; pas, yağ, kabarma, folyo ve düzlüğü kaydedin. Kusurlu alanı yerleşimde kullanmayın.
3. Malzemeye uygun onaylı reçeteyle düz kenar, köşe ve delik içeren numune kesin.
4. Soğumuş numuneyi önceki kabul edilmiş parçayla karşılaştırın. Yalnız hız değil, kenar ve son işlem ihtiyacını da değerlendirin.
5. Sonuç uygunsa partiyle birlikte kabulü kaydedin. Uygun değilse reçete denemesini ayrı kayıtta ve tek değişkenle yapın.

> **Dikkat**
>
> Etiketsiz artığı görünüşünden tanımlayıp seri işe sokmayın. Kaynak ve kafa uygunluğu doğrulanmamış yansıtıcı malzemeyi numune kabul sürecine de almayın.

Neden? Parti kabulü, yüzey kaynaklı bir sorunu makine arızası veya parametre kusurundan ayırmaya yardım eder. Doğru kayıt, sonraki aynı siparişte başlangıç noktasını korur.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **malzemeye göre üst yüz ve kesim kenarı karşılaştırması**

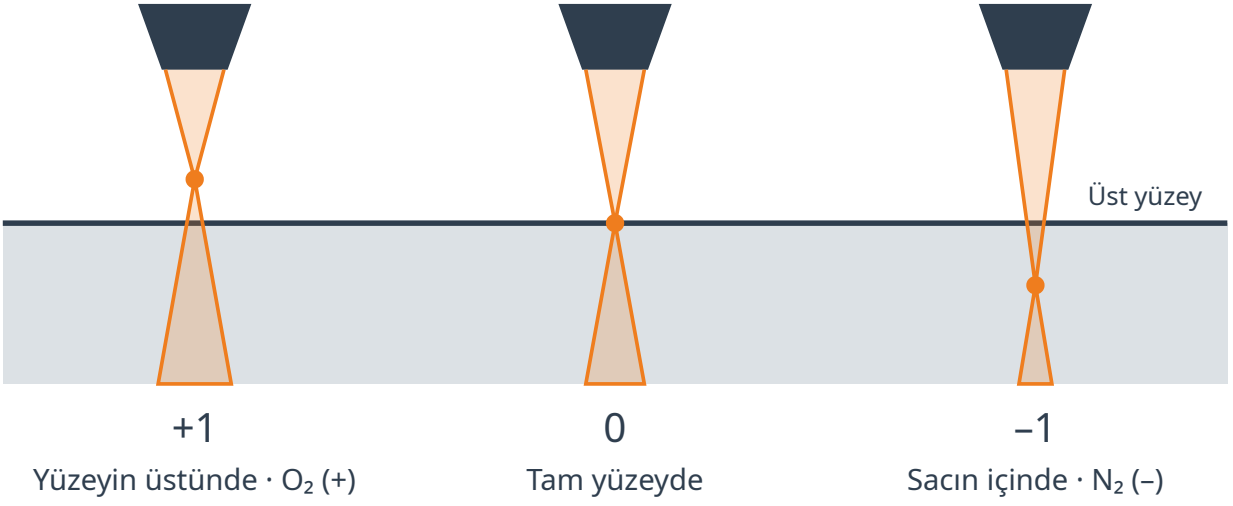
11

Fokus, nozul ve yükseklik

Fokus ışının odak konumudur; nozul yüksekliği ise nozul ucu ile sac yüzeyi arasındaki mesafedir. Bu iki değeri ayrı kontrol edin. Doğru fokus, hasarlı veya merkezsiz bir nozulun oluşturduğu gaz kusurunu gidermez.

11.1 Fokus işareti: + / 0 / –

Bu kılavuzun fiziksel konum işareti **+ sac yüzeyinin üstü, 0 yüzey, – malzemenin içi** şeklindedir. Bölüm 9'daki Raytools/CypCut kaynaklı kontrolcü değerlerinin sıfırı ise nozul ucudur; tablo sıfırını doğrudan sac yüzeyi saymayın. Aynı +/– yönüyle **yüzeye göre fokus ≈ kontrolcü değeri + nozul yüksekliği**: 0 + 1 mm → yüzeyin ≈1 mm üstü; -1 + 1 mm → yüzey. Kendi makinenizin kontrolcü referansını kullanım kılavuzundan doğrulayın.



+1 / 0 / –1 yalnız konum işaretini anlatır; şema ölçekli değildir ve kesim reçetesi vermez. Gaz–fokus eşleşmesi genel yaklaşımdır.

Siyah sacın O_2 kesiminde pozitif fokus; paslanmaz ve alüminyumun N_2 kesiminde negatif fokus yaygındır. Hava kesiminde de malzemeye göre yüzeye yakın veya negatif fokus kullanılabilir. Gaz adından tek başına fokus değeri çıkarmayın. Bölüm 9'daki doğru satırı kullanın.

Nozul yüksekliği değişirse kontrolcü fokus değeri aynı kalsa da sac yüzeyine göre odak konumu değişir. Otomatik odak ile Z takibini ayrı değerlendirin; mekanik ölçeği kontrolcüdeki kalibre edilmiş fokus değeriyle karıştırmayın.

Raytools BM115 · Friendess CypCutPro

11.2 Odak testini yapma

Amaç: Nozul ucundaki optik sıfırı bulun; ardından kontrolcünün odak testini ve işaret yönünü doğrulayın.

Gerekenler: Kendi kafa/kontrolcü kılavuzunuz, onaylı test bandı, temiz ve merkezli nozul, düz 1 mm sac, yetkili operatör ve test kaydı.

1. Kafa modelini ve mevcut referansı kaydedin. Nozul, seramik halka ve koruyucu camı güvenli durumda kontrol edin.
2. Raytools BM115 yöntemi makinenize uygunsa, emisyon kapalıyken dokulu bandı nozul ucuna yerleştirin. Elinizi çekip korumayı kapatın; yalnız üreticinin test çevrimini kullanın.
3. Raytools'un 80–100 W test gücünde, fokus ölçeğini 0,5 mm adımlarla değiştirerek ayrı noktalar oluşturun. Her bant değişiminden önce emisyonu kapatın; bu güç normal kesim reçetesi değildir.
4. En küçük deliği veren ölçek konumu optik sıfırdır: odak nozul ucundadır. Referansı yalnız yetkiniz dahilinde üretici yöntemiyle tanımlayın; bandı çıkarın.
5. Nozul veya seramik değiştiyse kapasitif kalibrasyonu yenileyin. Homing sonrası temiz ve düz sac üzerinde yükseklik kalibrasyonunu üretici sırasıyla yapın.
6. XC3000'in Focus Test işlevinde önerilen 1 mm sac üzerinde beş çizgi kesin. Kılavuz en iyi çizgiyi sıfır fokus olarak değerlendirir; bu kontrolcü testini nozul ucundaki bant sıfırıyla karıştırmayın ve kendi referans tanımını doğrulayın.
7. İşaret yönünü, nozul yüksekliğini ve sonucu kaydedin. Onaylı üretim reçetesine dönüp numune kesin; en iyi üretim kenarını her malzemede sıfır fokus saymayın.

> **Dikkat**
>
> 80–100 W dahi tehlikeli lazer ışınıdır. Açık kabinde atış yapmayın; bant takılıyken normal kesim başlatmayın. Kendi kafa kılavuzunuz bu yöntemi onaylamıyorsa uygulamayın. Kalıcı referans ayarı yetkiniz dışındaysa sonucu servise iletin.

Neden? Bant noktalaması nozul ucundaki optik sıfırı bulur; kapasitif kalibrasyon nozul–sac mesafesini öğrenir. Beş çizgi testi kontrolcüde odak kontrolüdür; bu üç işlemin referansını ayrı kaydedin.

Raytools BM115 · Raytools XC3000

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Raytools bant delikleri ile XC3000 beş çizgi testi; referans ve yükseklik etiketli.**

11.3 Otomatik odak ve lens odak uzaklığı

Otomatik odak kafası, iç optiği hareket ettirerek reçetedeki fokus konumuna gider. Bu işlev, yüzeyi takip eden Z ekseninden ayrıdır. Otomatik odak olması, nozul değişiminde merkezleme veya yükseklik kontrolünü gereksiz kılmaz.

Başlangıç referansı, odak hareket sınırı ve alarm durumu kafa modeline bağlıdır. Menü adları sürüme göre değişebilir; çoğu sürümde katman reçetesinde fokus değeri bulunur. Kafanın izin verilen hareket sınırını yazılımda zorlamayın. Optik değişimi sonrası üreticiye göre referansı yeniden doğrulayın.

125, 150 ve 200 mm odak uzaklıkları farklı optik düzenlerdir. Uzun odak uzaklığı, diğer optik koşullar aynıyken odak boyutunu ve odak derinliğini değiştirir. Dolayısıyla farklı lensli kafalarda aynı sayısal fokusun aynı kesim davranışını vermesi beklenmez.

Bu durum +/– işaret tanımını kendiliğinden değiştirmez; fiziksel referans ve uygun reçete değişir. 125 mm lensin fokus değerini 200/125 oranıyla çarpıp yeni reçete üretmeyin. Kolimasyon lensi ve ışın özellikleri de etkilidir. Yerel Max verilerindeki 100/125 ve 100/200 optik oranlarını kendi kafanızla karşılaştırın.

11.4 Nozul tipi ve çapı

Nozul	Genel kullanım	Kontrol
◯ **Tek kat nozul (S)**	N_2 ve hava ile ergitme kesiminde yaygın.	Çıkış deliği, yüzey ve kafa uyumu.
◎ **Çift kat nozul (D)**	Siyah sacın O_2 kesiminde yaygın.	İç bölümün hasarsızlığı ve doğru tip.
Yüksek hız tipleri	Üreticiye özel akış ve uç geometrileri.	Özel reçete, yükseklik ve merkezleme şartı.

Kalınlık ve gereken gaz debisi arttıkça daha büyük çap gerekebilir. Ancak “kalın sac = her zaman en büyük nozul” kuralı kullanmayın. Bazı yüksek güçlü O_2 teknolojileri küçük çaplı özel nozul kullanır. Nozul çapını bölüm 9'daki aynı reçeteden seçin.

Büyük çap genellikle tüketimi artırır; yanlış çap ise yeterli tahliyeyi veya akış düzenini bozabilir. S ve D aynı çapta olsa bile eşdeğer değildir. Özel hızlı nozulun işaretini standart S/D etiketiyle karıştırmayın; üreticinin kodunu kaydedin.

Nozulda takvimle belirlenen tek bir ömür yoktur. Çarpma, sıçrama ve yüzey hasarı kullanım süresini kısaltır. Vardiya başında ve kalite değiştiğinde deliğin yuvarlaklığını, uç yüzünü ve dişleri kontrol edin. Ezilmiş deliği delerek büyütmeyin; hasarlı nozulu değiştirin. Değişim sonrası merkezlemeyi ve gerekiyorsa kapasitif kalibrasyonu kontrol edin.

11.5 Bant testiyle merkezleme

Amaç: Lazerin nozul çıkış deliğine göre merkezini doğrulayın.

Gerekenler: Kafa üreticisinin onaylı merkezleme yöntemi, uygun test bandı/hedef, tanımlanmış test darbesi ve yetkili operatör.

1. İşi durdurun. Lazer emisyonunu devre dışı bırakın ve kafayı üreticinin servis konumuna alın. Nozulun doğru takılı, temiz ve hasarsız olduğunu kontrol edin.
2. Üreticinin tarif ettiği test bandını nozul ağzına yerleştirin. Elinizi ışın yolundan çıkarın ve korumayı kapatın.
3. Yalnız onaylı merkezleme/test modunda, tanımlı en düşük uygun test darbesini uygulayın. Normal kesim komutunu kullanmayın.
4. Emisyonu yeniden devre dışı bırakıp güvenli durumu doğrulayın. Bandı çıkarın; izin, nozul deliğinin oluşturduğu referansa göre merkezini inceleyin.
5. Kaçıklık varsa yalnız üreticinin operatöre izin verdiği merkezleme ayarını uygulayın. Ayarın yönünü veya vida sayısını tahmin etmeyin.
6. Yeni bantla tekrarlayın. Merkez doğrulanınca test malzemesini kaldırın ve numune kesimi yapın.

> **Dikkat**
>
> Bu testte ışın üretilir. Bant takılıyken normal kesim yapmayın, gazla bandı savurmayın ve açık kabinde darbe uygulamayın. Üretici bant testini onaylamıyorsa önerdiği kapalı merkezleme sistemini kullanın. Optik hizalamayı yetkisiz yapmayın.

Neden? Merkezsiz ışın veya hasarlı nozul, gazı kesim yarığına eşit yönlendirmez. Tek tarafta çapak ve yönlere göre değişen kalite görülebilir.

11.6 Nozul yüksekliği ve kapasitif sensör

Nozul yüksekliği için N_2'de 0,3–1 mm, O_2'de 0,6–1,5 mm tipik aileler olarak kullanılır. Bunlar kontrol sınırı veya her iş için ayar değildir. Yerel Max tablosunda N_2 kesim yüksekliği sıkça 0,5 mm; O_2 için reçeteye göre farklı yükseklikler verilir. Asıl değeri bölüm 9'dan alın.

Yükseklik azaldığında gazın etkileşimi değişir, fakat çarpma ve sıçrama riski artabilir. Fazla yüksek nozulda gaz tahliyesi ve kalite bozulabilir. Nozul tipini değiştirdiğinizde eski yüksekliği otomatik olarak uygun saymayın.

Kapasitif sensör nozul ile sac arasındaki elektriksel davranıştan yüksekliği izler. Seramik halka, nozul bağlantısı, yüzey, topraklama ve sensör kablosu sonucu etkileyebilir. Kalibrasyon kesim fokusu ayarı değildir. Makinenin onaylı yükseklik kalibrasyonunu uygun düz sac üzerinde uygulayın; ayrıntılı açma/kalibrasyon akışı için bölüm 3'e bakın.

Folyolu sac, eğim, küçük artık ve kenara yaklaşma takip davranışını değiştirebilir. Gerçek yükseklik ile ekrandaki değer uyuşmuyorsa hız veya gücü değiştirerek sorunu gizlemeyin. Kafayı güvenli konuma alın ve nedenini araştırın.

Yükseklik sapmasını doğrulama

Amaç: Sorunun yüzey takibinden mi, fokus reçetesinden mi geldiğini ayırın.

Gerekenler: Düz ve uygun numune, üreticinin yükseklik kontrol yöntemi, izin verilen ölçüm aracı ve son başarılı reçete.

1. Kesimi durdurun ve lazer emisyonunu devre dışı bırakın. Nozul gevşekliği, uç hasarı, seramik halka ve görünür kirlenmeyi güvenli durumda kontrol edin.
2. Düz numunenin destek ve elektriksel bağlantı koşullarını doğrulayın. Sarkan artık üzerinde kalibrasyon yapmayın.
3. Üreticinin kapasitif kalibrasyonunu uygulayın. Kalibrasyon başarısızsa normal kesime devam etmeyin.
4. Lazer kapalı takip kontrolünü onaylı yöntemle yapın. Gösterilen yükseklik ile gerçek mesafeyi yalnız üreticinin izin verdiği güvenli ölçüm yöntemiyle karşılaştırın.
5. Fark konuma veya kenara göre değişiyorsa sacı ve algılama koşullarını inceleyin. Sabit fark kalıyorsa referans/kurulum kontrolü için yetkili servise başvurun.
6. Takip doğrulanınca temel reçeteyle numune kesin. Hâlâ kalite sorunu varsa fokus ve gazı ayrı araştırın.

> **Dikkat**
>
> Hareketli kafanın altına el veya ölçüm aracı sokmayın. Mesafe ölçümünde hareketi de güvenli duruma alın. Sensör hassasiyetini veya çarpma korumasını rastgele düşürerek alarmı gizlemeyin.

Neden? Yükseklik hatası gaz jetinin etkisini değiştirir. Takip sorunu sürerken fokus denemesi yapmak, aynı denemede birden fazla koşulun değişmesine yol açar.

11.7 Sapmayı ayırma ve kayıt

Belirti	Önce kontrol	İzlenecek yol
Her yönde kalite bozuk	Koruyucu cam, reçete ve fokus sıfırı.	Sistemi doğrulayın; ardından tek parametreyle numune kesin.
Bir yönde çapak	Nozul hasarı ve merkezleme.	Hasarlı nozulu değiştirin; onaylı merkez testini yapın.
Yükseklik oynuyor	Seramik halka, nozul gevşekliği, sac düzlüğü ve kapasitif takip.	Kesimi durdurun; mekanik/algılama nedenini giderin.
Optik değişiminden sonra bozuk	Doğru parça, yerleşim ve referans.	Yetkili servis/üretici prosedürüyle doğrulayın.

Kayıtta kafa modelini, lens odak uzaklığını, nozul tipi/çapını, fokus sıfırı tarihini ve kullanılan kesim yüksekliğini belirtin. Böylece reçete değişimi ile donanım değişimini ayırabilirsiniz.

Kaynaklar: Fokus işareti yerel v1 örneği; optik ve kesim yükseklikleri Maxphotonics yerel verisi; merkezleme ve nozul etkileri Linde “Laser cutting advice”. Test ayrıntılarında kullanılan kafanın üretici prosedürü önceliklidir.

12

Delme

Pierce (delme), kontur kesilmeden önce ışının sacı tamamen geçmesini sağlar. Üst yüzde krater oluşması delmenin tamamlandığını göstermez. Delme ile kesime geçişi ayrı aşamalar olarak kontrol edin.

12.1 Delme yöntemi seçimi

Yöntem	Çalışma biçimi	Uygunluk ve sınırlama
Tek darbe	Onaylı tek bir enerji uygulamasıyla geçiş oluşturulur.	Uygun ince sacda hızlıdır. Kalın sacda büyük krater ve sıçrama oluşturabilir.
Kademeli delme	Güç/darbe, gaz, fokus ve yükseklik 2–5 kademede kontrollü değiştirilebilir; XC3000 ve JCZ CutMaker beş seviyeyi destekler.	Kalın sacda sıçramayı yönetmeye yardım eder. Kademeleri ve geçişleri ayrı doğrulayın.
Flaş / hızlı delme	Makinenin desteklediği kısa ve optimize delme çevrimi.	Kaynak, kafa ve kontrolcüye bağlıdır. Yalnız tanımlı malzeme/kalınlıkta kullanın.

“Hızlı” veya “flaş” adı her yazılımda aynı çevrimi anlatmaz. Menü adları sürüme göre değişebilir; çoğu sürümde delme teknolojisi katman reçetesinde seçilir. İnce sacın tek darbe ayarını kalın saca taşımayın. Çok kademe olması da tek başına güvenli delme garantisi değildir.

Yöntemi seçerken malzeme ve kalınlık kadar delik yakınlığını, giriş için ayrılan alanı ve koruyucu cam durumunu değerlendirin. Dar iç boşlukta büyük delme krateri bitmiş kenarı bozabilir. Önce yerleşimde delme noktasını düzeltin; bölüm 6.1'e bakın.

Kademeli çevrimde neyi izlemelisiniz?

Aşama	Amaç	Kayıt ve gözlem
Başlangıç	Yüzeyde kontrollü delme başlangıcı oluşturmak.	Başlangıç yüksekliği, gaz ve enerji koşulunu makine tablosundan alın; aşırı üst sıçramayı kaydedin.
İlerleme	Delmeyi kalınlık boyunca tamamlamak.	İzin verilen kademe süresi ve darbe koşullarını izleyin; tamamlanmamış deliği kontur kesimiyle zorlamayın.
Tamamlama / geçiş	Eriyiği uzaklaştırıp kesim koşullarına geçmek.	Gaz, fokus ve yükseklik değişiminin sırasını doğrulayın; girişte kopma varsa bu geçişi inceleyin.

Bu tablo işlevsel aşamaları anlatır; kontrolcüde aynı adlı üç kademe bulunacağı anlamına gelmez. İki kademeli reçetede görevler birleşebilir. Her kademe için daha yüksek güç veya daha uzun süre gerekmez; değişimin yönü malzeme ve onaylı teknolojiye bağlıdır.

Kayıtta başarısızlığın hangi aşamada görüldüğünü belirtin. Başta yoğun sıçrama ile delme tamamlandıktan sonra deliğin gereksiz büyümesi farklı sorunlardır. Yalnız toplam süreyi uzatmak bu ayrımı gizler ve koruyucu cama ek yük getirebilir.

Friendess CypCutPro, Flash Piercing yanlış ayarlanırsa koruyucu camın kolayca zarar görebileceğini belirtir. Yalnız makinenize onaylı çevrimi kullanın; numune sonrası camı kontrol edin.

Raytools XC3000 · JCZ CutMaker · Friendess CypCutPro

12.2 Yükseklik, süre, frekans ve duty

Parametre	Anlamı	Yanlış ayarın etkisi
Delme yüksekliği	Delme sırasında nozul–sac mesafesi.	Fazla yakınlık sıçrama/çarpma; uygunsuz uzaklık kararsız delme doğurabilir.
Delme süresi	Bir kademe veya bütün delme için ayrılan zaman.	Kısa süre geçememe; uzun süre geniş krater ve gereksiz ısı.
Frekans	Darbeli çalışmada bir saniyedeki tekrar sayısı; birimi Hz.	Enerjinin zamana dağılımı değişir; kaynak sınırları geçerlidir.
Duty (görev oranı)	Bir darbe döneminde lazerin açık kaldığı bölümün yüzdesi.	Ortalama enerji ve sıçrama davranışı değişir; tepe güçle aynı değildir.
Delme fokusu ve gazı	Başlangıç deliği için kullanılan ayrı konum ve gaz davranışı.	Delik genişliği, eriyik çıkışı ve optik kirlenmesi etkilenir.

Delme yüksekliği, kesim yüksekliğiyle aynı olmak zorunda değildir. Benzer biçimde delme fokusu ve basıncı da ana kesimden farklı olabilir. Kademeli yöntemde bu değerler kademeler arasında değişebilir. Kontrolcünün süreyi kademe başına mı toplam mı gösterdiğini doğrulayın.

Aşağıdakiler kaynak örnekleridir; evrensel Hz/duty aralığı veya makinenize hazır reçete değildir. Bodor örneğinde kalınlık ve güç verilmez; GWEIKE örneği 3 kW/22 mm siyah sac içindir. Eksik koşulları tahmin etmeyin.

Sabit tepe güç ve benzer darbe biçiminde görev oranı ortalama enerjiyi etkiler; gerçek kaynak davranışı kontrol moduna bağlıdır. Frekans ve görev oranını aynı anda değiştirerek sonucun nedenini kaybetmeyin. Kaynak için izin verilmeyen darbe koşulunu kullanmayın.

Bodor üç seviyeli O_2 delme örneği: seviye 3/2/1 yükseklikleri 20/15/10 mm; tepe güç %70–100; seviye 3 frekansı 500–800 Hz, seviye 1–2 frekansı 100–300 Hz; duty %35–75 ve 3'ten 1'e artar. Fokus seviye 3'te 0…+2, seviye 1–2'de -6…-2; O_2 ≈1 bar, seviye 3 beklemesi ≈100 ms. Kalınlık ve güç belirtilmediği için bunu doğrudan uygulamayın.

GWEIKE 3 kW, 22 mm siyah sac, üç kademeli O_2 örneği (yüksek/orta/alçak): güç 3000/3000/3000 W; duty %100/45/55; frekans 200/150/150 Hz; nozul yüksekliği 12/8/4 mm; O_2 1,0/0,7/0,6 bar; fokus 0/-4/-6; ışın süresi 200/2500/3000 ms. İlk iki kademeden sonra 200'er ms gaz üfleme vardır: toplam ışın süresi ≈5,7 s, ek üfleme ≈0,4 s.

IPG yazarlarının 16 mm paslanmaz için bildirdiği delme süreleri: 6 kW'ta >1 s, 10 kW'ta 0,5 s, 20 kW'ta 0,1 s. Bunlar güç etkisini gösteren deney sonuçlarıdır; eksiksiz bir delme reçetesi değildir.

Bodor · GWEIKE · IPG / Laser Focus World

12.3 Kalın sacda sıçrama ve ön delme

Delme başlangıcında eriyik üst yüze dönebilir. Kalın sacda büyük sıçrama nozul ucunu ve koruyucu camı hızla kirletebilir. Daha fazla süre veya güç, eksik delmenin her zaman çözümü değildir; yanlış fokus ve yetersiz gaz tahliyesinde krateri büyütebilir.

Onaylı kademeli delme sıçramayı yönetebilir. Delme noktasının bitmiş kenardan uzakta kalması gerekir. Nozulda sıçrama birikirse gaz jeti bozulur ve sonraki delmeler de kötüleşir. Üreticiye göre temizleyin/değiştirin; kesim sırasında el ile müdahale etmeyin.

Pre-pierce (ön delme), delikleri ayrı bir turda açıp konturlara daha sonra dönmektir. Aynı sacda ısı dağılımına ve teknoloji yönetimine yardım edebilir. Ancak daha fazla boşta hareket ve gaz tüketimi doğurabilir. Ön delme sonrasında sacı oynatmayın; ikinci turda girişin açık noktaya geldiğini doğrulayın.

> **Dikkat**
>
> Yoğun yukarı sıçrama veya sürekli geçememe varsa aynı noktada tekrar tekrar delmeyin. Güvenle durdurun, reçete ve optiği kontrol edin. Sıcak krater ve çıkıntılı cüruf kafa yolunda kalabilir; makine hareket ederken temizlemeyin.

Koruyucu camdaki kir veya yanık, delme kalitesini düşürüp daha çok sıçramaya yol açabilir. Bu döngüyü güç artırarak sürdürmeyin. Cam kontrolü ve değişimi için bölüm 16'daki bakım yöntemini uygulayın.

12.4 Delmeden kesime geçiş

Amaç: Tamamlanan delikten kararlı giriş hattına ve kesim reçetesine geçin.

Gerekenler: Makinenin delme tablosu, bölüm 9'daki uygun kesim satırı, numune ve deneme kaydı.

1. Malzeme, gaz, nozul ve delme yöntemi eşleşmesini kontrol edin. Delme noktasının atıkta kaldığını doğrulayın.
2. Onaylı gaz ön akışı ve delme yüksekliğiyle çevrimi başlatın.
3. Delmenin tamamlandığını üreticinin tanımladığı izleme yöntemiyle doğrulayın. Sensörlü tespit varsa onun sınırlarını bilin; her makinede sensör olduğunu varsaymayın.
4. Çevrimdeki soğutma/üfleme ve yükseklik geçişini uygulayın. Kesim fokusu, basıncı, gücü ve yüksekliğine geçişin tamamlandığını doğrulayın.
5. Giriş hattında hareketi başlatın; kararlı kesim oluşmadan bitmiş kenara ulaşmayın.
6. Numune soğuyunca başlangıç noktasını ve alt kenarı inceleyin. Tam geçiş yoksa seri işe devam etmeyin.

> **Dikkat**
>
> Alt tarafa bakmak için kapıyı açmayın veya çalışma alanına girmeyin. Gözlem yalnız makinenin kapalı koruması ve onaylı izleme sistemiyle yapılsın. Yalnız üstte ışık veya krater görmekle geçiş kararı vermeyin.

Neden? Tam delinmeden yatay harekete geçmek eriyiği yukarı sürükleyebilir; başlangıç çentiği, eksik kesim ve optik kirlenmesi oluşabilir.

12.5 Delme sorunları tablosu

Belirtiler kesin teşhis değildir. Önce gaz, nozul, koruyucu cam ve doğru reçeteyi kontrol edin; ardından bölüm 13.3'teki tek parametre kuralını uygulayın.

Belirti	Olası neden	Kontrol ve düzeltme
Delmiyor / tam geçmiyor	Yanlış malzeme satırı; yetersiz enerji veya süre; yanlış fokus; gaz/optik sorunu.	Önce donanım ve reçeteyi doğrulayın. Kademeli çevrimin eksik kalıp kalmadığını kontrol edin. Süre/enerjiyi yalnız onaylı tablo kapsamında tek tek değerlendirin.
Büyük krater	Aşırı süre/enerji; uygunsuz kademe; delme noktasının kenara yakınlığı.	Noktayı atıkta güvenli yere taşıyın. Onaylı kademeli yöntemi değerlendirin. Tam geçişten sonra gereksiz bekleme olup olmadığını kontrol edin.
Yukarı yoğun sıçrama	Yanlış yükseklik veya fokus; uygunsuz gaz tahliyesi; kirli nozul; tamamlanmayan delme.	Durun; nozul ve camı kontrol edin. Delme yüksekliği, gazı ve kademe sırasını üretici reçetesine döndürün.
Delik giderek genişliyor	Delme sonrası enerji sürüyor; süre uzun; aynı sıcak noktada tekrar deneme.	Delme–kesim geçişini kontrol edin. Numunede süreyi izleyin; aynı noktayı tekrar tekrar zorlamayın.
Deliyor, girişte kopuyor	Kesim koşullarına geçiş eksik; giriş kısa/yanlış; gaz gecikmesi veya krater etkisi.	Delme ve ana kesim reçetesini ayrı doğrulayın. Giriş yerini ve geçiş hareketini inceleyin.

12.6 Delme reçetesini kaydetme

Her başarılı denemede kaynak/kafa bilgisi, malzeme sınıfı, kalınlık, gaz, nozul ve delme yöntemiyle birlikte kademe değerlerini kaydedin. Delme süresinin tanımını belirtin. Koruyucu camın başlangıç durumunu ve numune sonucunu da yazın.

Bir noktada iyi delme yetmez; soğuk başlangıcı ve iş içinde ısınmış bölgeyi kontrol edin. Çok delikli parçada farklı bölgelerdeki sonuçları karşılaştırın. Delme süresini azaltırken başlangıç çentiğini, kesilmeyen noktayı ve temizleme işçiliğini artırmayın.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **delme krateri, sıçrama ve kesime geçiş izi karşılaştırması**

Delme örneklerinin dayanağı: Bodor, GWEIKE ve IPG yazarları; kademe desteği: XC3000 ve JCZ CutMaker; Flash Piercing cam uyarısı: Friendess CypCutPro. Ana kesim tablosundan delme reçetesi türetilmemiştir.

13

Kesim kalitesi ve kusur teşhisi

İyi kesim; ölçüye uygun, yeterince dik, kabul edilen pürüzlülükte ve sonraki işleme uygun kenar verir. Kusuru kaydedin, donanımı doğrulayın ve bir seferde yalnız bir parametreyi değiştirin.

13.1 Kalite kontrol listesi

Kenarın yalnız üst yüzüne bakmayın. Üst ve alt ölçüyü, giriş noktasını, düz kenarı, köşeyi ve küçük deliği ayrı değerlendirin. Kabul sınırını teknik resim veya iş emrinden alın. Bu bölüm, bütün işler için ortak bir sayısal pürüzlülük ya da diklik toleransı vermez.

ISO 9013:2017 (+Amd 1:2024), kesim yüzeyini diklik/açısal sapma toleransı u ve ortalama profil yüksekliği Rz5 aralıklarıyla sınıflandırır. Lazer kapsamı 0,5–32 mm'dir. Bilgilendirici Ek A'da lazer için tipik ölçü tolerans sınıfı 1 verilir; bu, kenar kalitesinin u/Rz5 aralıklarıyla aynı şey değildir. Kabul aralıklarını teknik resim veya iş emrinde belirtin. Aşağıdaki sınırlar 2017 baskısının tablolarındandır; a, mm cinsinden kesim kalınlığıdır. Ölçümü fırçalanmış, oksitten arındırılmış yüzeyde, delme bölgesi ile kesim başı ve sonu dışında yapın.

Aralık	u üst sınırı (mm)	Rz5 üst sınırı (µm)
1	0,05 + 0,003a	10 + 0,6a
2	0,15 + 0,007a	40 + 0,8a
3	0,4 + 0,01a	70 + 1,2a
4	0,8 + 0,02a	110 + 1,8a
5	1,2 + 0,035a	—

ISO 9013 gösterimi ve ölçüm koşulları

Gösterim **ISO 9013-xyz** biçimindedir: x = u aralığı, y = Rz5 aralığı, z = ölçü tolerans sınıfı. Tek örnek: **ISO 9013-312**, u aralığı 3, Rz5 aralığı 1 ve ölçü tolerans sınıfı 2 demektir. Kenar aralığı ile ölçü sınıfını ayrı belirtin.

2017 baskısına göre Rz5'i kesim yönünde başlangıçtan 15 mm ileride, kesim yüzeyinin en yüksek pürüzlülük beklenen yerinde ölçün. Rz5, art arda beş tekil ölçüm uzunluğundaki profil yüksekliklerinin aritmetik ortalamasıdır; 15 mm, profil ölçüm uzunluğu değildir. Sacın referans alınan üst ve alt yüzleri düz ve temiz olmalıdır.

Ölçüm noktalarını üretici belirler. Belirtilmemişse her metre kesimde u için 20 mm aralıklı üçer ölçümden iki grup, Rz5 için bir ölçüm yapın; en yüksek değer beklenen yerleri seçin. Kalınlık 2 mm'nin altındaysa Rz5'i kalınlığın yarısında ölçün; u yöntemini ayrıca kararlaştırın.

u ölçümünde üst ve alt kenardan Δa kadar bölgeyi dışarıda bırakın: a ≤3 mm için 0,1a; 3<a≤6 için 0,3 mm; 6<a≤10 için 0,6 mm; 10<a≤20 için 1 mm; 20<a≤32 için 1,5 mm. 32 mm üstünde kalite kabulünü ayrıca kararlaştırın.

Bilgilendirici Ek A, alüminyum ve alaşımlarında Rz5'in çelik için verilen değerlere göre yaklaşık dört katına çıkabileceğini belirtir. Çelik pürüzlülük aralıklarını alüminyum için otomatik garanti saymayın.

Kalınlığa göre sınırlar için **Lazer Asistanı → Kalite hesaplayıcı** yolunu kullanın.

ISO 9013:2017 §6, §9–10, Annex A

Özellik	İyi sonuç	Kontrol
Kenar dikliği	Üst ve alt kontur arasındaki fark iş toleransına uygundur.	Parça soğuyunca üst ve alt ölçüyü karşılaştırın; konikliği kaydedin.
Pürüzlülük / çizgi izleri	Düzenli izler; yerel oyuk, aşırı sürüklenme ve kopma yoktur.	Düz kenarı, başlangıcı ve köşeyi ayrı inceleyin.
Dross (çapak)	Alt kenarda kabul dışı yapışma veya kesilmemiş bağlantı yoktur.	İplik, damla ve sert sürekli çapak biçimini ayırın.
Oksit ve renk	Gaz seçimi ve sonraki işleme uygundur.	O_2 siyah sacdaki oksidi, N_2 paslanmazdaki istenmeyen renklenmeyle karıştırmayın.
Isı tesirli bölge	Yanık ve şekil değişimi iş şartını karşılar.	Renk izini ve eğilmeyi gözleyin; gerekli metalurjik kabulü yalnız gözle doğrulamayın.
Ölçü ve bütünlük	Parça, delikler ve köşeler resme uygundur.	Kalibre ölçüm aracı kullanın; çizim revizyonunu doğrulayın.

Amaç: Parametre denemesinden önce tekrarlanabilir bir kalite başlangıcı oluşturun.

Gerekenler: Onaylı çizim, temel reçete, aynı malzemeden numune, ölçüm aracı ve kayıt formu.

1. **İşi doğrulayın**
   Yanlış malzeme satırı doğru ayarı geçersiz kılar.
   Malzeme, kalınlık, gaz ve çizim revizyonunu kontrol edin. Temel reçeteyi bölüm 9 ve makine tablosuyla karşılaştırın.

2. **Donanımı inceleyin**
   Kir ve merkez kaçıklığı parametre kusuruna benzer.
   Nozul, seramik halka, koruyucu cam ve merkezlemeyi güvenli durumda kontrol edin. Gerekirse bölüm 11.5'i uygulayın.

3. **Gazı doğrulayın**
   Statik basınç yeterli akış kanıtı değildir.
   Gaz türü, saflık, akış sırasında basınç ve başlangıç gecikmesini kontrol edin.

4. **Referansı kontrol edin**
   Yanlış fokus sıfırı bütün reçeteleri etkiler.
   Fokus, nozul yüksekliği ve kapasitif takibi doğrulayın. Sacın düzlüğünü inceleyin.

5. **Numuneyi ölçün**
   Tek kenar bütün parçayı temsil etmez.
   Soğumuş numunede üst/alt ölçü, çapak, köşe ve delikleri değerlendirin. Kusurun yönünü ve konumunu yazın.

> **Dikkat**
> Nozul veya koruyucu cam kontrolünde lazeri güvenli duruma alın ve üretici bakım prosedürünü uygulayın. Çalışan makineye uzanmayın. Tam kesilmeyen numuneyi elle çekerek koparmayın.

Neden? Donanım veya malzeme sorunu çözülmeden yapılan ayar denemeleri tekrarlanamaz; gerçek neden gizlenir.

13.2 Çapak ve kenar kusurları — teşhis tablosu

Tablo olası nedenleri gösterir; her çapak biçimi tek nedene bağlı değildir. Bir hücredeki eylemler aynı anda uygulanacak paket değildir. Ön kontrolü tamamlayın, en olası nedeni seçin ve bölüm 13.3'e göre tek değişkenle deneyin.

Belirti	Olası neden	Sırayla kontrol / tekli deneme
O_2 **Oksijenle kesim — siyah sac**		
Altta sert, sürekli çapak	Hız yüksek; O_2 basıncı veya saflığı düşük; fokus fazla yukarıda.	Gaz türünü, saflığı ve akışı doğrulayın. Hızı %10 düşürmeyi deneyin. Sonuç yoksa başlangıca dönün; ayrı denemede O_2'yi 0,1 bar artırın veya fokusu 0,2 mm aşağı alın.
Kenar yanık, kesim yarığı geniş	Basınç yüksek; fokus fazla yukarıda; fazla enerji; uygun olmayan yüzey.	Yüzeyi ve nozul durumunu kontrol edin. Ayrı denemelerde O_2'yi 0,1 bar düşürün veya fokusu 0,2 mm aşağı alın. Güç değişimi yalnız onaylı aralıkta yapılsın.
Kenarda krater / oyuk	Basınç yüksek; hız düşük; pas/kir; yerel ısı birikimi.	Temiz ve soğuk numuneyle karşılaştırın. Aynı yerleşimde bitişik kesimleri dağıtmayı deneyin. Parametre denemesinde basınç veya hızı ayrı değiştirin.
Köşelerde yanma	Köşede hız düşerken güç ve reaksiyon ısısı yüksek kalır.	Düz kenar iyiyse köşe teknolojisini inceleyin. Güç–hız eğrisini, köşe döngüsünü veya soğutmayı ayrı ayrı doğrulayın; bölüm 6.3.
N_2 Hava **Azot / havayla kesim**		
Altta ince, iplik gibi çapak	Hız düşük; fokus fazla yukarıda; basınç düşük; sac sıcak.	Önce gaz akışını ve soğuk numuneyi kontrol edin; ardından fokusu doğrulayın ve gerekirse ayrı denemede 0,2–0,5 mm daha eksiye alın. Akış/fokus doğrulandıktan sonra hızda +%10 denemesi yapın. N_2 basıncında +1 bar yalnız izinli aralıkta ve ayrı denemede değerlendirilsin; bu sayısal adımlar DOKTEK kuralıdır.
Altta damla şeklinde küçük çapak	Fokus fazla aşağıda; hız yüksek; eriyik tahliyesi yetersiz.	Nozul ve gazı kontrol edin. Ayrı denemelerde fokusu 0,2–0,5 mm sıfıra doğru yükseltin veya hızı %10 düşürün.
Yüzey mat ve kaba	Yetersiz enerji; fokus çok aşağıda; nozul hasarı; kirli/hasarlı optik.	Önce nozul ve koruyucu camı güvenle kontrol edin. Donanım uygunsa fokus denemesi yapın; gücü yalnız üretici aralığında değerlendirin.
Paslanmaz kenarı sarı / mavi	N_2 saflığı yetersiz; hatta hava karışması; kısa gaz gecikmesi; fazla ısı. Hava kesiminde oksit beklenebilir.	N_2 hedefini ve oksijen kirliliğini kontrol edin. İlk parça bozuksa hattı kontrollü süpürün veya ayrı denemede gecikmeyi değerlendirin. Kaçak ve karışmayı araştırın; bölüm 7.2.
Kesimde parlak plazma, yer yer kopma	Hız yüksek; yetersiz enerji; fokus fazla aşağıda; gaz tahliyesi sorunu.	Tam geçiş yoksa durun. Gaz, nozul ve optiği doğrulayın. Sonra ayrı denemelerde hızı düşürün veya fokusu yükseltin; gücü sınır dışına taşımayın.

Belirti	Olası neden	Sırayla kontrol / tekli deneme
Gazdan bağımsız kontroller		
Çapak yalnız bir tarafta	Nozul merkezsiz, ezik veya deliği bozuk; ışın/gaz hizası sorunu.	Hasarlı nozulu değiştirin, merkezlemeyi doğrulayın. Düzelmezse optik hizalama için yetkili servise başvurun. Hızla telafi etmeyin.
Daireler oval, şekil bozuk	Çizim veya hareket ayarı; eksen boşluğu; nozul/optik sorunu; ısıl şekil değişimi.	Çizimi ve soğuk ölçüyü doğrulayın. Kusurun yönünü kaydedin. Nozul kontrolünden sonra mekanik/eksen incelemesini yetkili servise bırakın; geometrinin bozulmasını yalnız gaza bağlamayın.
Çizgi izleri geriye çok eğiliyor	Hız yüksek; enerji veya gaz tahliyesi yetersiz; fokus uygun değil.	Gaz akışı ve optiği doğrulayın. Önce hızda %10 azaltma denemesi yapın. Sonuç yoksa başlangıca dönüp fokus veya nozul/reçete uygunluğunu değerlendirin.
Düz kenarda düzenli dalgalanma	Titreşim, takip kararsızlığı veya hareket sorunu; yüzey değişimi.	Farklı yöndeki kenarları karşılaştırın. Yükseklik takibi ve sac desteğini kontrol edin. Mekanik inceleme gerekiyorsa servise yönlendirin.
Kenar konik, üst ve alt ölçü farklı	Fokus/optik uygunsuzluğu; merkezleme; nozul yüksekliği; kesim teknolojisi sınırı.	Üst ve alt ölçüyü kaydedin. Doğru lens ve fokus sıfırını doğrulayın. Tek fokus denemesi yapın; sadece telafiyle iki yüzü birden düzeltmeye çalışmayın.
Ölçü her yönde benzer sapıyor	Kesim yarığı telafisi veya telafi yönü; yanlış çizim ölçeği; sıcak ölçüm.	Soğuk parçayı ölçün. Çizim ölçeğini, iç/dış konturu ve tek telafi uygulandığını kontrol edin. Kalite kararlı olduktan sonra telafiyi düzeltin.
Ölçü yönlere göre değişiyor	Eksen/ölçekleme veya mekanik sorun; ısıl eğilme; yön bağımlı kesim kalitesi.	Aynı numuneyi farklı yönlerde karşılaştırın. Sac desteği ve merkezlemeyi kontrol edin. Kalıcı eksen ayarını yetkisiz değiştirmeyin.

Uyarlama: Yerel *ornek_tr.html* 9.2 içeriği 13.2 olarak taşınmış ve genişletilmiştir. Linde belgesinin hız, nozul, gaz ve malzeme kontrolleriyle birlikte okunmalıdır.

The Fabricator

13.3 Tek parametre kuralı ve adım büyüklükleri

DOKTEK kuralı — birincil kaynak yok: Buradaki hız ±%10, fokus ±0,2–0,5 mm, O_2 ±0,1 bar ve N_2 ±1 bar adımları, bölüm 13.2'deki aynı adımlar dahil, DOKTEK karşılaştırma önerileridir. Bunları üretici ayarı veya güvenlik sınırı saymayın. N_2 iplik çapağında önce gaz akışı ve fokusu, sonra hızı denetleyin.

1 parametre	**Hız ±%10**	**Fokus ±0,2–0,5 mm**	**O_2 ±0,1 bar**	**Kayıt**
Her denemede yalnız bir değişken	Mevcut değere göre	Doğrulanmış sıfıra göre	N_2 ±1 bar	Sonuç ve geri dönüş değeri

Bunlar küçük karşılaştırma adımlarıdır; her makinede uygulanacak reçete veya güvenlik sınırı değildir. Aralığın dışına çıkacaksa denemeyi yapmayın. Hava basıncı için N_2 adımını otomatik kullanmayın; hava sisteminin izinli reçetesine uyun. Güç, frekans ve görev oranı için burada evrensel adım verilmez.

Amaç: Kusuru hangi değişikliğin etkilediğini ayırın ve başarılı ayarı tekrarlanabilir kılın.

Gerekenler: Kararlı temel reçete, aynı parti numune, kusur ölçütü, ölçüm aracı ve deneme kaydı.

1. Başlangıç reçetesini kaydedin. Kusuru tanımlayın: yeri, yönü, çapak biçimi, üst/alt ölçü ve gaz.

2. Tablodaki en olası nedeni seçin. Donanım kusuru varsa önce onu giderin; aynı anda reçeteyi değiştirmeyin.
3. Yalnız bir parametreyi uygun küçük adımla değiştirin. Diğer koşulları ve numune geometrisini koruyun.
4. Numune soğuyunca aynı ölçütlerle karşılaştırın. İyileşme varsa yeni değeri ve yan etkileri kaydedin.
5. Sonuç kötüleşirse başlangıca dönün. Başka parametreyi ancak yeni ve ayrı denemede değiştirin.
6. Başarılı ayarı farklı kenar ve deliklerde doğrulayın; reçeteyi revizyon ve malzeme bilgisiyle saklayın.

> **Dikkat**
>
> Kesilmemiş noktalar, yoğun yukarı sıçrama, parça kalkması veya kafa yaklaşma riski varsa ayar denemesini sürdürmeyin. Güvenle durdurup nedeni giderin. Makinenin sınırlarını küçük adımla da olsa aşmayın.

Neden? Hız, fokus ve basıncı birlikte değiştirirseniz iyileşmenin nedenini bilemezsiniz. Sonraki malzeme partisinde aynı sorunu yeniden çözmek zorunda kalırsınız.

Kayıtta en az şu alanlar bulunsun: malzeme/parti, kalınlık, kaynak/kafa, nozul, gaz, başlangıç reçetesi, değişen tek parametre, eski/yeni değer, kusur sonucu ve kabul kararı. Fotoğraf çekilecekse yönü ve alt/üst yüzü etiketleyin.

Deneme sonucunu nasıl yorumlayın?

Sonuç	Yorum	Karar
Çapak azaldı, ölçü ve köşe aynı kaldı	Deneme olumlu görünüyor.	Diğer kenar ve deliklerde doğrulayın; başarılı değeri kaydedin.
Çapak azaldı, köşe yandı	Bir kusur iyileşti, başka kabul şartı bozuldu.	Seri işe geçmeyin; başlangıca dönüp nedeni ayrı değerlendirin.
Sonuç değişmedi	Seçilen neden etkili olmayabilir; deneme koşulları da değişmiş olabilir.	Başlangıca dönün. Malzeme, sıcaklık ve donanımın sabit kaldığını kontrol edin.
Yalnız bir bölgede iyileşme var	Yerel yüzey, destek veya ısı etkisi bulunabilir.	Bütün reçeteyi değiştirmeden yerleşim ve malzeme farkını araştırın.

Örneğin çapak yalnız kesimin belirli doğrultusunda kalıyorsa ardışık hız değişiklikleriyle devam etmeyin. Nozul deliği ve merkezleme daha güçlü aday olabilir. Buna karşılık her yönde eğilmiş kesim izleri ve geçememe varsa gaz tahliyesiyle birlikte hız/enerji dengesini inceleyin. Belirtinin *nerede* oluştuğunu yazmak, yalnız “çapak var” demekten daha yararlıdır.

13.4 Kusur fotoğraf örnekleri

Aşağıdaki alanlara aynı ışıkta, ölçek ve malzeme etiketiyle çekilmiş DOKTEK örnekleri eklenecektir. Şu anda fotoğraf içermezler. Görüntü benzerliği tek başına teşhis sayılmaz; örneğin gazı, malzemesi ve numune reçetesi birlikte okunmalıdır.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **iyi kesim: dik kenar, düzenli iz ve kabul edilen alt kenar**

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **kusurlu kesim: sert ve sürekli alt çapak**

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **kusurlu kesim: iplik ve damla biçimli çapak karşılaştırması**

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **iyi/kusurlu karşılaştırma: sağlam köşe ve köşe yanması**

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **iyi/kusurlu karşılaştırma: kesim çizgileri ve kaba yüzey**

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **kusurlu kesim: konik kenar ve paslanmazda renklenme**

Örnek arşivine kabul edilen parçaları da ekleyin. Aynı kusuru yalnız bir yönden çekmeyin; üst yüz, kesim kenarı ve alt kenarı gösterin. Sayısal ayarların kaydı ayrı tutulduğunda fotoğraflar sonraki teşhiste daha yararlı olur.

14

Lazer kaynakları

Lazer kaynağı ışını üretir; kesim kafası bu ışını sac üzerinde odaklar. Kaynağı, optiği, gazı ve soğutmayı birlikte değerlendirin. Aynı nominal güç, tek başına aynı kesim sonucunu garanti etmez.

14.1 Lazer kaynağı ne yapar?

Fiber lazer kaynağında üretilen ışın, çıkış fiberi üzerinden kesim kafasına iletilir. Kafa içindeki optik düzen ışını toplar ve odaklar. Nozuldan gelen gaz, kesim bölgesindeki eriyiğin uzaklaştırılmasına yardım eder. Kaynak, kafa ve gaz hattı ayrı parçalardır; birindeki sorun diğerinin arızası gibi görünebilir.

Kaynağın hazır olduğunu gösteren ekran bilgisi, kesim noktasına yeterli enerji ulaştığını tek başına kanıtlamaz. Kirli koruyucu cam, yanlış fokus, hasarlı nozul veya uygun olmayan gaz koşulu da kesimi durdurabilir. Kesim zayıfladığında önce bölüm 17.1 kontrol sırasını izleyin.

Parça	Görevi	Operatörün kontrolü
Lazer kaynağı	İşlem için ışın üretir.	Hazır durumu, çalışma saati, alarm ve soğutma bilgisi.
Çıkış fiberi ve QBH bağlantısı	Işını kafaya taşır. QBH bir optik bağlantı tipidir; güç değeri değildir.	Dıştan hasar veya zorlanma belirtisi; bağlantıya müdahale etmeyin.
Kesim kafası	Işını odaklar; nozul ve yükseklik takibini taşır.	Koruyucu cam, nozul, seramik halka ve kalibrasyon.
Chiller (soğutucu)	Kaynak ve kafa için gerekli soğutma koşullarını sağlar; devre yapısı modele göre değişir.	Seviye, akış, alarm, hortum ve yoğuşma.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **kaynak etiketi, çıkış fiberinin dış güzergâhı ve soğutma bağlantıları; kapaklar kapalı**

! Optik bağlantı servis işidir

QBH bağlantısını ayırmayın, içine bakmayın ve fiberi zorlayarak bükmeyin. Bağlantıdaki kirlilik veya hasar şüphesinde makineyi güvenli duruma alın ve servise bildirin. İzin verilen bükülme ve taşıma koşulları modele göre değişir.

14.2 Güç, çekirdek çapı ve ışın kalitesi

Kavram	Ne anlatır?	İş başında nasıl kullanın?
Nominal güç	Kaynağın etiketinde belirtilen güç sınıfıdır. Yazılımdaki güç yüzdesiyle aynı bilgi değildir.	Etiket gücünü ve kullanılan süreç ayarını ayrı kaydedin. Çıkış gücünü ölçmeden yalnız kesim izine bakarak kesin güç kaybı tanısı koymayın.
Fiber çekirdek çapı	Işını taşıyan fiberin çekirdek boyutudur; sac üzerindeki fokus çapına doğrudan eşit değildir.	Kaynaklar arasında ayar taşırken çekirdek çapını da karşılaştırın. Kafa optiğinin sonucu etkilediğini unutmayın.
BPP / ışın kalitesi	Beam parameter product (ışın parametre çarpımı), ışının odaklanma ve yayılma davranışını tarif eden bir ölçüttür.	Üretici teknik belgesindeki değeri ve ölçüm koşullarını karşılaştırın; aşağıdaki ürün örneklerini bütün markalara genellemeyin.
CW	Continuous wave (sürekli dalga): sürekli ışın üretimi çalışma biçimidir.	Kesim sürecinin kaynak çalışma biçimiyle uyumunu kontrol edin.
Darbeli çalışma	Enerjinin zaman içinde darbelerle verilmesidir. Darbe süresi, frekans ve güç ilişkisi kaynağa göre değişir.	Yazılımdaki frekans alanından tek başına kaynak tipini çıkarmayın. Desteklenen çalışma biçimini üretici belgesiyle doğrulayın.

BPP, çekirdek çapı ve nominal güç farklı özelliklerdir. Tek bir değerden kesilebilecek malzeme kalınlığı, hız veya kalite sınırı üretmeyin. Kesim değerleri için bölüm 9 tablosunu ve makinenizin onaylı süreç kaydını kullanın.

BPP = w_0 × θ = M^2 × λ/π. w_0 ışının en dar yerindeki bel yarıçapı, θ uzak alandaki ıraksamanın yarım açısıdır. Birim mm·mrad'dır. İdeal Gauss ışınında M^2 = 1; λ = 1,07 µm için kırınım sınırı λ/π = 1,07 ÷ π ≈ 0,34 mm·mrad'dır. Bu teorik alt sınır, kurulu kaynağın ölçülmüş BPP değeri değildir.

Tipik ürün örneği: Coherent Edge FL için 25 m fiberle 50 µm çekirdekte 1,5 kW → 1,5 mm·mrad ve 3 kW → 2,7 mm·mrad; 100 µm çekirdekte ≥6 kW → <4 mm·mrad bildirilmiştir. Bu değerler araştırmada yalnız arama özetinde görülmüştür; kendi modelinizin teknik belgesinden doğrulayın. ISO 11146-1 ışın genişliği, ıraksama ve yayılım oranının ölçüm yöntemini tanımlar.

BPP · Coherent Edge FL · ISO 11146-1

14.3 Raycus, Maxphotonics (Max), IPG ve Reci

Bu kılavuzda dört lazer kaynağı markası ele alınır. Marka adı bir kalite sıralaması değildir. Kurulu model, fiber yapısı, güç sınıfı, kafa uyumu ve servis desteği birlikte değerlendirilmelidir. Aynı markanın farklı serilerinde bağlantılar, alarm ekranları ve bakım koşulları değişebilir.

Marka	Genel tanıtım	Makinede doğrulayın
Raycus	Fiber lazer kaynağı markasıdır. Kesim uygulamasındaki davranış kurulu modele ve makine bütününe bağlıdır.	Tam model, seri numarası, nominal güç, çekirdek çapı ve geçerli üretici talimatı.
Maxphotonics (Max)	Fiber lazer kaynağı markasıdır. “Max” kısa adıyla da anılır.	Etiketteki seri ve model; benzer isimli tabloların aynı fiber ve optik koşullara ait olup olmadığı.
IPG	Fiber lazer kaynağı markasıdır. Kesim parametresi yalnız marka adına bakılarak seçilmez.	Kurulu modelin çıkış özellikleri, soğutma şartları ve alarm/izleme arayüzü.
Reci	Fiber lazer kaynağı markasıdır. Uyum ve kullanım koşulları model belgesinden doğrulanır.	Güç ve fiber bilgisi, makine entegrasyonu ve servis kayıtları.

Kaynakların kendi alarm ve izleme arayüzleri vardır. Makine ekranı bazı bilgileri ayrıca gösterebilir; gösterilen alanlar entegrasyona göre değişir. Servise bildirimde yalnız makine ekranındaki kısa açıklamayı değil, kaynağın tam alarm metnini de kaydedin. Üreticinin izin vermediği ayar alanlarına girmeyin.

14.4 Tek modül ve çok modül yapısı

Yapı	Genel eğilim	Karar verirken
Tek modül	Çoğunlukla 50 µm çekirdek ile görülür; ince–orta sacda hızlı kesim için kullanılır.	Bu eğilimi her modele uygulamayın. Gerçek çekirdek çapını ve kaynak/kafa eşleşmesini belgeden okuyun.
Çok modül	100 µm ve üstü çekirdeklerle görülür; kalın sacda kararlı işlem için kullanılır.	Modül sayısından tek başına hız veya kalite sonucu çıkarmayın. Kalın sac sürecini deneme kesimiyle doğrulayın.

Modül yapısı, güç sınıfı ve optik düzen birlikte çalışır. Aynı nominal güçteki iki kaynağın fokus ve delme davranışı farklı olabilir. Ürün seçimini yalnız “tek” veya “çok” sözcüğüne indirgemeyin; malzeme aralığınızı, gaz altyapınızı, kafa donanımını ve servis koşullarını birlikte ele alın.

> **Bakır, pirinç ve alüminyum**
>
> Bu malzemelerde geri yansıma riski vardır. Kurulu kaynağın ve kesim kafasının bu işlem için uygunluğunu üretici belgesinden doğrulayın. Geri yansıma alarmını yalnız sıfırlayıp aynı işlemi tekrarlamayın; bölüm 17.7 sırasını izleyin.

14.5 Parametreyi başka kaynağa taşıma

Amaç: Önceki ayarı kontrollü bir başlangıç kaydı olarak kullanmak ve yeni makinede kesim sonucunu doğrulamak.

Gerekenler: Her iki kaynağın etiket bilgisi, çekirdek çapı, kafa/nozul bilgisi, onaylı parametre kaydı, uygun deneme sacı ve Ek C formu.

1. Eski dosyayı koruyun. Yeni makine ve kaynak adıyla ayrı bir deneme kaydı oluşturun.
2. Nominal gücü ve çekirdek çapını karşılaştırın. Aynı güç ve çekirdekteki ayarı yalnız başlangıç noktası sayın. Farklıysa uygun model tablosuna veya servisin önerdiği başlangıç sürecine dönün.
3. Malzeme türünü, gerçek kalınlığı, kaplamayı, gazı, nozul tipini ve kafa optiğini karşılaştırın. Eksik bilgiyi varsayımla tamamlamayın.
4. Fokus işaretini, birimleri, hızın m/dk ve basıncın bar olarak yorumunu kontrol edin. Güç ve darbe alanlarının anlamı yazılıma/kaynağa göre değişebilir.
5. Güvenli bir deneme alanında çerçeve kontrolü ve deneme kesimi yapın. Delme, tam geçiş, alt yüzey, çapak ve ölçüyü inceleyin.
6. Her denemede tek parametre değiştirin. Eski/yeni değeri ve sonucu forma yazın. Uygun sonucu yerel onay sürecinden sonra üretim kaydına alın.

> **! Toplu ayar kopyalamayın**
> Kesim tablosunu taşımak, servo, kaynak haberleşmesi veya güvenlik ayarlarını kopyalama yetkisi vermez. Makineye özgü yapılandırmayı servis yönetir.

Neden? Aynı güç ve çekirdek çapında bile optik düzen, gaz akışı ve kontrol davranışı sonucu değiştirebilir. Deneme kaydı, güvenilir ayarı tekrar bulmanızı sağlar.

14.6 Çevre koşulları ve kaynak bakımı

Kaynak çevresindeki sıcaklık ve nemi izleyin. İzin verilen aralıkları kaynak ve chiller belgelerinden alın; bütün markalar için tek sıcaklık ayarı kullanmayın. Soğuk yüzey sıcaklığı ortamın çiy noktasının altına indiğinde yoğuşma oluşabilir. Hortumda veya kafa üzerinde terleme görürseniz kesimi durdurun ve nedeni giderilmeden yeniden başlamayın.

Amaç: Kaynağın çevresini ve dış bağlantılarını üreticinin öngördüğü koşullarda tutmak.

Gerekenler: Üretici kontrol listesi, ortam sıcaklık/nem kaydı, temiz kuru bez ve bakım formu.

1. Makineyi üreticinin bakım durumuna alın; kaynak kapağını açmayın. Havalandırma girişlerinin önünü kontrol edin.
2. Kaynağın dış yüzeyindeki tozu uygun yöntemle alın. Açıklıklara basınçlı hava veya sıvı göndermeyin.
3. Hortumlarda kaçak, ezilme ve gevşeklik belirtisi; fiber güzergâhında dış hasar arayın. Bağlantı sökmeyin.
4. Chiller seviye, akış, filtre ve alarm durumunu kontrol edin. Kaynak/kafa devrelerini modele göre ayırt edin; bölüm 16.6 ile ilerleyin.
5. Ortam koşullarını ve gözlemi kaydedin. İzin verilen aralığın dışındaysa üretici koşulu sağlanana kadar çalıştırmayın.

> **! Yoğuşmayı ayarla gizlemeyin**
> Alarmı susturmak için chiller ayarını gelişigüzel değiştirmeyin. Ortam nemi, su ayarı ve cihazın izin verdiği koşullar birlikte değerlendirilmelidir.

Neden? Toz ve uygun olmayan soğutma koşulları arızaya yol açabilir. Çevre kaydı, tekrarlayan alarmın hangi koşulda oluştuğunu gösterir.

14.7 Güç ölçümü ve performans takibi

Çıkış gücünün periyodik kontrolünü servisle planlayın. Aralığı çalışma yoğunluğu, geçmiş ölçümler ve üretici önerisiyle belirleyin. Yazılımdaki istenen güç, ölçülmüş optik güç değildir. Kesim hızındaki değişimi tek başına güç ölçümü yerine kullanmayın.

Amaç: Uygun güç ölçerle yapılan servis ölçümlerini karşılaştırılabilir biçimde kaydetmek.

Gerekenler: Yetkili/eğitimli servis, kaynağa uygun ve kalibrasyonu geçerli güç ölçer, üretici ölçüm prosedürü, kapalı ve güvenli ölçüm alanı.

1. Şikâyeti ve önceki ölçüm raporunu servise iletin. Önce koruyucu cam, gaz ve fokus kontrollerinin sonucunu belirtin.
2. Ölçüm noktasını servis belirlesin. Kaynak çıkışında ve kafa sonrasında yapılan ölçümleri aynı başlık altında karıştırmayın.
3. Ölçümü üreticinin yöntemiyle servis yapsın. Operatör olarak açık ışın denemesi veya doğaçlama ölçüm düzeneği kurmayın.
4. İstenen güç, ölçülen güç, ölçüm noktası, cihaz kimliği, tarih ve koşulları rapora alın. Değerlendirmeyi modele ait kabul ölçütüyle yaptırın.

> **Ölçüm için emniyeti aşmayın**
> Kapı emniyetini köprülemeyin; açıkta ışınla ölçüm yapmayın. Ölçer seçimi ve ışın yolu güvenliği servis sorumluluğundadır.

Neden? Karşılaştırılabilir ölçüm, güç kaybı ile proses sorununu ayırmaya yardım eder. Farklı noktada veya farklı yöntemle alınan sonuçlar doğrudan karşılaştırılamaz.

14.8 Garanti ve servis için kaynak kaydı

Kayıt	Yazılacak bilgi	Ne zaman?
Kimlik	Makine ve kaynak markası, tam model, seri no, güç ve belgede varsa çekirdek çapı.	Teslimde, kaynak değişiminde.
Kullanım	Arayüzde gösterilen çalışma saati; sayacın açıklaması, tarih ve operatör.	Planlı bakımda, arıza anında.
Alarm geçmişi	Tam kod/metin, saat, malzeme, işlem aşaması, tekrar sıklığı ve ekran görüntüsü.	Sıfırlamadan önce.
Çevre ve bakım	Sıcaklık/nem, chiller durumu, su/filtre işlemleri ve servis raporu.	Kontrolde ve müdahale sonrasında.
Ölçüm ve değişiklik	Güç ölçüm raporu, değişen parça, eski/yeni süreç kaydı ve onaylayan kişi.	Ölçümde, parça veya ayar değişiminde.

Garanti kapsamı ve servis şartları sözleşmeye ve modele göre değişir. Bu bölüm garanti süresi veya kapsamı taahhüt etmez. Etiketleri koruyun; kaynak kapağını açma ve iç ayar işlemlerini yetkili servise bırakın. Bildirim için Ek E listesini kullanın.

15

Yazılım rehberleri

Yazılımın adını ve sürümünü makine ekranından doğrulayın. Bu bölüm işlemin amacını ve kontrol sırasını anlatır. Menü adları, yetkiler, lisanslar ve kullanılabilir işlevler sürüme ve makine entegrasyonuna göre değişir.

> **İlk günün kuralı**
> İlk işi eğitimli kişiyle yürütün. Eksen konumu, koordinat sistemi, birim, malzeme ve süreç kaydı doğrulanmadan kesime başlamayın. Acil durdurma, normal duraklatma ve kontrollü durdurma işlemlerini makinenin kılavuzundan öğrenin.

15.1 Ortak iş akışı ve terimler

Bir çizimin açılması, kesime hazır olduğu anlamına gelmez. Çizim geometrisi, takım yolu, süreç parametreleri ve makinenin referans/kalibrasyon durumu ayrı ayrı doğrulanır. Aşağıdaki konumlar genel ekran bölgeleridir; belirli bir menü yolu değildir. Bir işlemin listede bulunması, her yazılımda o işlevin bulunduğu anlamına gelmez.

İşlem	Ne işe yarar?	Yazılımlarda genellikle nerede?
Homing (referans noktasına dönüş) / orijine dönüş	Makine referansını belirler. İş parçası sıfırıyla aynı işlem değildir.	Kontrol paneli veya makine hazırlık alanı.
Kapasitif kalibrasyon	Nozul–sac mesafesinin algılanmasını hazırlar; uygun sac ve temiz takım gerekir.	Yükseklik kontrolörü veya kalibrasyon alanı.
Kenar bulma	Sacın konumunu/eğikliğini belirlemeye yardım eder; destek ve yöntem değişir.	Kontrol paneli veya sac konumlandırma araçları.
Frame (çerçeve)	İşin dış sınırının tabla/sac içine uyduğunu kontrol etmeye yardım eder.	Kontrol paneli veya iş hazırlık araçları.
Kuru çalıştırma	Takım yolunu ışın üretmeden hareketle sınar; gaz, yükseklik ve hareket davranışı modele göre değişir.	Kontrol paneli veya deneme çalışma alanı.
Kesimi başlat	Hazırlanmış işi makinede yürütür. Önce emniyet ve süreç kontrollerini tamamlayın.	Kontrol paneli veya çevrim yönetimi.
Duraklat	İşi geçici bekletir. Bekleme sırasında kafa ve ışın davranışı entegrasyona bağlıdır.	Kontrol paneli veya çevrim yönetimi.
Durdur	Çevrimi kontrollü sonlandırır; yeniden başlama durumu sürüme göre değişir.	Kontrol paneli veya çevrim yönetimi.
Kaldığı yerden devam	Kayıtlı durma noktasından uygun koşullarda sürdürür; başlangıç noktasını doğrulayın.	Kontrol paneli veya kesinti sonrası devam alanı.
Katman parametreleri	Geometri gruplarına kesim, delme, gaz ve fokus gibi süreç ayarları bağlar.	Katman/süreç ayarı.
Malzeme/süreç kütüphanesi	Doğrulanmış malzeme ve kalınlık ayarlarını saklamaya yardım eder.	Malzeme kütüphanesi veya süreç ayarı.
Lead-in (giriş hattı)	Işının parça konturuna nereden ve nasıl gireceğini belirler.	Geometri/takım yolu araçları veya süreç ayarı.
Micro joint (mikro bağlantı)	Parçayı sacda tutacak küçük kesilmemiş bağlantı bırakır.	Takım yolu araçları veya parça özellikleri.
Kerf (kesim aralığı) telafisi	Kesim genişliğinin parça ölçüsüne etkisini telafi eder.	Takım yolu veya katman/süreç ayarı.
Nesting (yerleşim)	Parçaları kullanılabilir sac alanına yerleştirir.	Üst menü/araç çubuğu veya ayrı CAM uygulaması.

İşlem	Ne işe yarar?	Yazılımlarda genellikle nerede?
Simülasyon	Kesim sırası ve hareketleri ekranda önceden inceletir; gerçek kesim kalitesini kanıtlamaz.	Takım yolu araçları veya önizleme alanı.
İş raporu	Destekleniyorsa iş, süre ve üretim bilgilerini kaydeder.	Rapor/iş yönetimi alanı; kapsam lisansa göre değişir.

İlk işe hazırlık

Amaç: Dosyayı güvenli ve tekrarlanabilir bir makine işine dönüştürmek.

Gerekenler: Makine kılavuzu, onaylı parametre, uygun sac ve nozul, çalışır emniyetler, hazır gaz/soğutma/duman emiş sistemi.

1. Makineyi bölüm 3 ve üretici açılış sırasına göre hazırlayın. Yazılımı açın; bağlı kontrol sistemi, lisans ve alarm durumunu kontrol edin.
2. Hareket alanını boşaltın. Gereken orijine dönüşü yapın; konum referansını doğrulayın.
3. Temiz ve sabit sac üzerinde, üretici yöntemine göre kapasitif kalibrasyon yapın. İlk kurulum ayarını günlük işlem yerine tekrarlamayın.
4. Dosyayı açın. Birimi, ölçüyü, açık/çift çizgileri, iç/dış konturları, adet ve sac yerleşimini inceleyin.
5. Her katmanı uygun malzeme, kalınlık ve süreçle eşleştirin. Giriş hattı, mikro bağlantı, telafi ve kesim sırasını kontrol edin.
6. Simülasyonda tüm yolu izleyin. Üreticinin tanımladığı çerçeve ve gerekiyorsa kuru çalıştırmayla gerçek konumu kontrol edin. Işının kapalı olduğunu doğrulayın.
7. Emniyetleri kapatın. Deneme kesimi yapın; tam geçişi, ölçüyü ve kenarı inceleyin. Sonuç uygunsa üretim işini başlatın ve ilk parçaları izleyin.

> **! Çerçeve de hareket üretir**
>
> Kafa, kalkmış parçaya veya kelepçeye çarpabilir. Çerçeve ve kuru çalıştırmayı alan kontrolünün yerine kullanmayın; gaz ve ışın durumunu ayrıca doğrulayın.

Neden? Doğru çizim, yanlış koordinat veya katmanla hatalı kesilebilir. Bu sıra dosya, süreç ve makine durumunu birlikte doğrular.

Duraklamadan sonra yeniden başlama

Amaç: Kesintiden sonra uygun başlangıç noktasını ve süreç durumunu doğrulamak.

Gerekenler: Durma nedeni, iş kaydı, sabit kalmış sac ve makinenin devam prosedürü.

1. Durma nedenini kaydedin ve giderin. Gaz, chiller veya emniyet alarmı sürüyorsa devam etmeyin.
2. Sacın, parça sıfırının ve makine referansının değişmediğini kontrol edin. Sac taşındıysa veya konum kaybolduysa eski noktaya körlemesine dönmeyin.
3. Gösterilen başlangıç noktasını ve seçili katmanı inceleyin. Devamda yeniden delme veya geriden başlama davranışı sürüme göre değişir.
4. Gerekli simülasyon/konum doğrulamasını yapın. Emniyetler sağlandıktan sonra kontrollü devam edin; ilk kesim izini izleyin.

> **! Acil durdurma sonrası**
>
> Acil durdurmayı çözmek, otomatik devam izni değildir. Alanı, referansı ve arızanın giderildiğini makine prosedürüne göre yeniden doğrulayın.

Neden? Eski durma noktası, sac yer değiştirmişse artık doğru fiziksel noktaya karşılık gelmez.

15.2 CypCut

CypCut, Friendess'in düz sac kesim yazılımıdır. Friendess/FSCUT kuruluş bilgisi 2007 olarak verilir. Yazılım kesim tekniği düzenleme, parça yerleşimi ve işleme kontrolünü bir araya getirir. FSCUT kontrol kartlarıyla, örneğin FSCUT1000/2000 ile ve BCS100 kapasitif yükseklik kontrolörüyle çalışır. Kurulu kart ve desteklenen işlevleri makinenizde ayrıca doğrulayın.

Nerede görülür? Friendess/FSCUT kontrol altyapısıyla yapılandırılmış düz sac fiber lazer makinelerinde görülür. Lazer kaynağı veya kafa markası tek başına CypCut kullanıldığını göstermez.

İlk gün akışı

Amaç: CypCut işini, bağlı FSCUT ve yükseklik sistemiyle birlikte hazırlamak.

Gerekenler: Yazılım/kart sürüm bilgisi, makine eğitimi, onaylı dosya ve parametre kaydı.

1. Yazılımı açın. Kontrol kartıyla iletişimi ve alarm durumunu kontrol edin. Dosya görünmesi, makinenin hazır olduğu anlamına gelmez.
2. Hareket alanını boşaltın ve makine prosedürüne göre orijine dönün. Makine referansı ile parça sıfırını ayrı kontrol edin.
3. BCS100 ilk kurulumu eğitimli kişiyle yürütün: **servo kalibrasyonu → orijine dönüş ile kapasitif kalibrasyon → otomatik ayar**. Sonraki kullanımlarda çoğunlukla yalnız kapasitif kalibrasyon gerekir. Günlük kontrol için servo ayarını yeniden yapmayın.
4. Dosyayı açın; birim, kontur, ölçü ve yerleşimi kontrol edin. İçe aktarılan çizginin kesilecek katmana doğru bağlandığını doğrulayın.
5. Katman/süreç alanında malzeme, kalınlık, gaz, nozul, fokus, kesim ve delme ayarlarını onaylı kayıtla karşılaştırın.
6. Simülasyonda iç konturların ve giriş hatlarının sırasını izleyin. Çerçeveyle sac sınırına uyumu doğrulayın; gerekiyorsa ışın kapalı kuru çalışma yapın.
7. Emniyet, gaz, chiller ve emiş hazırken deneme kesin. Ölçü ve tam geçiş uygunsa işi başlatın; dosya ve parametre sürümünü kaydedin.

> **Dikkat**
> BCS100 üzerinde servis ayarını kesim parametresiyle karıştırmayın. Kalibrasyon başarısızsa yüksekliği zorlayarak kesime geçmeyin; nozul, seramik halka ve sac durumunu kontrol edin.

Neden? Yükseklik kontrolü ile kesim süreci ayrı kontrollerdir. Birinin hazır olması diğerindeki hatayı gidermez.

Dosya ve parametre kontrolü

Ortak kenar, mikro bağlantı veya özel takım yolu kullanılıyorsa bu işlemlerin makinede nasıl yürütüleceğini inceleyin. Ayrı nesting yazılımında hazırlanmış işin katman eşlemesini kontrol edin. Telafinin hem CAM tarafında hem makinede uygulanmadığından emin olun.

İş durduğunda son noktayı, aktif katmanı ve durma nedenini kaydedin. Sac yer değiştirdiyse yalnız devam işlemiyle üretime dönmeyin. Menü adları ve ekran yerleşimi sürüme göre değişir.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CypCut: ana ekran; iş ve makine durumu**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CypCut: katman/parametre ekranı; malzeme ve birimler**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CypCut: kalibrasyon ekranı; kontrol sistemi kimliği**

15.3 CypOne

CypOne, özellikle reklam sektörü ve ince sac için ekonomik düz sac yazılımıdır. Çizim işleme, parametre ayarı, süreç özelleştirme, nesting, takım yolu planlama, simülasyon ve kesim kontrolü sunar. Çalışmak için kontrol kartı gerekir; kartsız bilgisayarda demo modunda açılır.

Nerede görülür? Uyumlu kontrol kartıyla CypOne yapılandırılmış düz sac makinelerinde görülür. Demo bilgisayardaki görüntü, makinedeki lisans, donanım ve işlevlerin tümünü doğrulamaz.

İlk gün akışı

Amaç: CypOne dosyasını gerçek makine yapılandırmasına göre hazırlamak.

Gerekenler: Kontrol kartı bilgisi, üretici prosedürü, onaylı malzeme kaydı ve deneme sacı.

1. Uygulamayı açın; demo modunda mı, gerçek kontrol kartıyla mı çalıştığını doğrulayın. Kart tanınmıyorsa bağlantı ve yetkiyi sorumlu kişiyle kontrol edin.
2. Makine hazır olduğunda alanı boşaltın ve üretici sırasıyla orijine dönün. Ardından makinenin yükseklik sistemi için kapasitif kalibrasyon yapın.
3. Dosyayı açın. Küçük ayrıntıları, açık çizgileri, birimi ve gerçek ölçüyü inceleyin. Çizim düzeltmesinden sonra parça adedini yeniden kontrol edin.
4. Katman ve süreç ayarlarını seçin. İnce sac için başka makineden alınmış ayarı doğrudan üretim değeri saymayın.
5. Yerleşimi, giriş hatlarını ve mikro bağlantıları kontrol edin. Takım yolu simülasyonunu izleyin; makinede çerçeveyle konumu doğrulayın.
6. Gaz, soğutma, emiş ve emniyetleri kontrol ederek deneme kesin. Sonucu onaylayın; işi başlatın ve değişen ayarları kaydedin.

> **Dikkat**
> Demo modunda dosyanın sorunsuz açılması gerçek makinede kesim onayı değildir. Kart, yükseklik sistemi ve süreç eşlemesini makine başında doğrulayın.

Neden? Çizim hazırlama ile fiziksel makine hazırlığı farklı doğrulamalar gerektirir.

Dikkat noktaları

Demo ortamındaki dosyanın hangi sürümle hazırlandığını kaydedin. Makineye taşımadan önce dosya biçimi ve işlev uyumunu doğrulayın. Eksik bir süreç alanını başka sürümün ekranına bakarak doldurmayın. Kurulu sistemin izin verdiği malzeme ve süreç kayıtlarını kullanın.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CypOne: ana ekran; iş ve makine durumu**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CypOne: katman/parametre ekranı; malzeme ve birimler**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CypOne: kalibrasyon ekranı; kontrol sistemi kimliği**

15.4 CypNest ve HypCut

CypNest: ayrı yerleşim hazırlığı

CypNest, Friendess'in ayrı ve ücretli gelişmiş nesting yazılımıdır. Common line (ortak kenar), otomatik nesting ve takım yolu hazırlığı sunar. Uyumlu çıktı hazırlanan işletmelerde ayrı hazırlık bilgisayarında kullanılabilir; aktarım biçimi sürüme göre değişir.

Amaç: Yerleşimi hedef makineye doğrulayarak aktarmak.

Gerekenler: Lisans, uygun makine/çıktı tanımı, parça ve sac kaydı.

1. Uygulamayı açın; hedef makine, malzeme, kalınlık ve adetleri doğrulayın.
2. Parçaları alın. Yerleşimi, ortak kenarı, giriş hattını ve takım yolunu kontrol edin.
3. Simülasyonu izleyin; hedef makineye uygun çıktıyı kaydedip aktarın.
4. **Makinede:** Kontrol yazılımını açın → orijine dönün → kapasitif kalibrasyon yapın → dosyayı açın → katman parametrelerini doğrulayın → simülasyon/çerçeve yapın → deneme ve onaydan sonra kesin.

> **Dikkat**
> Orijine dönüş ve sensör kalibrasyonu hedef makinede yapılır; bunları CypNest işlevi saymayın. Ortak kenarı onaylı süreçle kullanın.

Neden? Yerleşimin yanı sıra makinedeki süreç eşlemesi de doğrulanmalıdır.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CypNest ana ekranı ve yerleşim**	Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CypNest süreç/çıktı ve katman eşlemesi**	Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **hedef makinenin kalibrasyon ekranı; CypNest işlevi değildir**

HypCut: yüksek güç ve bus tabanlı kontrol

HypCut, Friendess'in yüksek güç ve bus (veri yolu) tabanlı sistemlerde kullanılan yazılımıdır. Uyumlu kontrol donanımlı makinelerde görülür. İşlev, lisans ve devreye alma ayrıntıları için üretici belgesine bakın.

Amaç: Kurulu sistemde ilk işi üretici sırasıyla doğrulamak.

Gerekenler: HypCut/makine belgesi, eğitim ve onaylı süreç.

1. Uygulamayı açın; iletişim ve alarmları kontrol edin. Üretici sırasıyla orijine dönün ve yükseklik sistemi kalibrasyonunu yapın.
2. Dosyayı açın; katman ve parametreleri doğrulayın. Simülasyon ve çerçeve kontrolünü tamamlayın.
3. Emniyetler ve yardımcı sistemler hazırken deneme kesin; sonucu onaylayıp üretime geçin.

> **Dikkat**
> Bus, sürücü ve haberleşme yapılandırmasını operatör kesim ayarı olarak değiştirmeyin.

Neden? Makine entegrasyonu, yazılım adına bakılarak doğrulanamaz.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **HypCut ana ekranı**	Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **HypCut katman/parametre ekranı**	Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **HypCut kalibrasyon ekranı**

15.5 Raytools XC3000 serisi

Raytools XC3000 serisi, lazer kesim hareket kontrol sistemidir. Yazılım bir dongle (donanım anahtarı) ile çalışır; anahtar olmadan simülatör modu vardır. Gerçek makineyle çalışma durumu, kurulu donanım ve anahtar üzerinden doğrulanmalıdır.

Nerede görülür? XC3000 serisi kontrol sistemiyle donatılmış lazer kesim makinelerinde görülür. Raytools marka kesim kafasının bulunması, kontrol sisteminin de XC3000 olduğunu tek başına kanıtlamaz.

İlk gün akışı

Amaç: Simülatör ile gerçek makine durumunu ayırarak işi hazırlamak.

Gerekenler: Donanım anahtarı, makine belgesi, kontrol/kafa model bilgisi ve onaylı süreç.

1. Uygulamayı açın; donanım anahtarının algılandığını ve gerçek makine çalışma durumunu kontrol edin. Simülatördeki hareketi fiziksel eksen doğrulaması saymayın.
2. Makine hazır ve alan boşken üretici sırasıyla orijine dönün. Yükseklik sisteminin kendi yöntemine göre kapasitif kalibrasyon yapın.
3. Dosyayı açın; birim, kontur, adet ve sac boyutunu doğrulayın. Katmanları uygun süreç kaydıyla eşleştirin.
4. Delme, kesim, gaz ve fokus ayarlarını kontrol edin. Kesim kafasına uygun nozul ve cam durumunu doğrulayın.
5. Simülasyonu izleyin; çerçeveyle gerçek sac sınırını kontrol edin. Gerekli kuru çalıştırmayı ışın kapalı yapın.
6. Emniyetler ve yardımcı sistemler hazırken deneme kesin. Tam geçiş ve ölçü uygunsa işi başlatın; dosya ve ayar kaydını koruyun.

> **Dikkat**
> Anahtar veya iletişim hatasını güvenlik ayarlarını değiştirerek gidermeye çalışmayın. Simülatör modunu üretim hazırlık onayı olarak kullanmayın.

Neden? Lisans durumu, makine bağlantısı ve hareket güvenliği ayrı kontrollerdir.

Kafa ve kontrolü ayırın

Raytools BM111 ve BM06K gibi kafa modellerinin bakım yapısını aynı kabul etmeyin. BM111'de üst, orta ve alt olmak üzere üç koruyucu cam bulunur. Modeli ve cam konumunu belirleyin; tek camı değiştirerek bütün optik yolun temiz olduğunu varsaymayın. Bakım için bölüm 16.4 sırasını izleyin.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Raytools XC3000: ana ekran; iş ve makine durumu**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Raytools XC3000: katman/parametre ekranı; malzeme ve birimler**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Raytools XC3000: kalibrasyon ekranı; kontrol sistemi kimliği**

15.6 Ermaksan Fibermak

Ermaksan Fibermak'ın operatör kontrol paneli ve yazılımı Ermaksan tarafından geliştirilmiştir. Panel, operatör hatalarını azaltacak sade bir iş akışıyla tasarlanmıştır. HMI (insan–makine arayüzü), CNC uygulaması ve buton tanımları için kurulu makinenin Ermaksan kullanım kılavuzuna bakın.

Nerede görülür? Ermaksan Fibermak makinelerinde görülür. Panel nesli, yazılım sürümü ve ek seçenekler makineye göre değişir; başka makinedeki ekranın aynı olmasını beklemeyin.

İlk gün akışı

Amaç: Fibermak işini makinenin kendi paneli ve CNC uygulaması üzerinden doğrulamak.

Gerekenler: Makineye ait Ermaksan kılavuzu, operatör eğitimi, onaylı dosya ve süreç kaydı.

1. Üreticinin açılış sırasını uygulayın ve operatör arayüzünü açın. HMI/CNC durumunu, emniyetleri ve yardımcı sistemleri kontrol edin.
2. Alanı boşaltın. Referans/orijine dönüşü makine kılavuzuna göre tamamlayın; ardından tanımlanan yükseklik kalibrasyonunu yapın.
3. İş dosyasını makinenin kabul ettiği yöntemle açın. Birim, sac, parça adedi, koordinat ve konturları doğrulayın.
4. Katman veya eşdeğer süreç gruplarını uygun malzeme/kalınlık kaydıyla eşleştirin. Ekrandaki alan adları kurulu sürüme göre değişebilir.
5. Kullanılabilen simülasyon ve sınır/çerçeve doğrulamasını makine kılavuzuna göre yapın. Giriş hattı ve kalkabilecek parçaları inceleyin.
6. Emniyetler kapalıyken deneme kesin. Sonucu onaylayın, üretimi başlatın ve ilk parçaları kontrol edin.

> **Dikkat**
> Fiziksel panel butonlarına başka yazılımın işlevini atamayın. Başlatma, duraklatma, durdurma ve devam davranışını Ermaksan kılavuzundan doğrulayın.

Neden? Panelin sade olması süreç ve referans kontrollerini ortadan kaldırmaz.

İş devri

Vardiya değişiminde açık işin adını, son parça durumunu, süreç kaydını ve duraklama nedenini belirtin. Panelde görülen alarmı tam metinle kaydedin. Harici CAM dosyasında uygun makine çıktısı kullanıldığını ve süreçlerin doğru eşleştiğini doğrulayın.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Ermaksan Fibermak: ana ekran; iş ve makine durumu**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Ermaksan Fibermak: katman/parametre ekranı; malzeme ve birimler**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Ermaksan Fibermak: kalibrasyon ekranı; kontrol sistemi kimliği**

15.7 Durma HD-FL — Siemens

Durma HD-FL, entegre PC'li 64-bit Siemens Sinumerik 840D sl CNC ile kullanılır. Harici CAM/nesting yazılımları, örneğin Hypertherm ProNest, Durma makinelerini destekler. Kurulu makinenin modelini, CNC yapılandırmasını ve kullanılacak çıktı tanımını ayrıca doğrulayın.

Nerede görülür? Buradaki tanım Durma HD-FL yapılandırmasına aittir. Başka Durma modelinin veya başka üreticinin Siemens CNC'li makinesinin ekran ve çevrimleri aynı kabul edilmez.

İlk gün akışı

Amaç: CAM çıktısını Durma/Siemens makine çevrimine uygun hazırlamak.

Gerekenler: Durma kılavuzu, CNC bilgisi, uygun postprocessor (makineye özgü çıktı dönüştürücü), onaylı program ve süreç kaydı.

1. Makineyi üretici sırasıyla açın; CNC ve operatör arayüzünün hazır durumunu kontrol edin. Alarm ve emniyet koşullarını doğrulayın.
2. Üreticinin referans/orijine dönüşünü uygulayın. Yükseklik sistemi kalibrasyonunu makine prosedürüne göre tamamlayın.
3. CAM çıktısını izin verilen yöntemle aktarın; doğru programı seçin. Dosya biçimi ve program adını iş kaydıyla karşılaştırın.
4. Programdaki malzeme/kalınlık ve süreç eşlemesini kontrol edin. Katman karşılığı makineye göre teknoloji kaydı veya süreç grubu olabilir; adları varsaymayın.
5. Simülasyon/önizlemeyle takım yolunu inceleyin. Makinenin desteklediği sınır/çerçeve ve kuru çalışma kontrolünü üretici talimatıyla yapın.
6. Gaz, soğutma, emiş ve emniyetler hazırken deneme kesin. Ölçü ve kalite uygunsa işi başlatın; program ve süreç sürümünü kaydedin.

> **Dikkat**
> Başka Durma makinesine ait programı aynı CNC adı nedeniyle doğrudan çalıştırmayın. Desteklenen kodlar, çevrimler ve güvenli hareketler çıktı dönüştürücüye ve makineye göre değişir.

Neden? CAM desteği, her programın her makinede ayarsız çalışacağı anlamına gelmez.

Program ile süreç kaydını birlikte tutun

İş numarası, CAM sürümü, makine çıktısı tanımı ve süreç kaydını aynı işte saklayın. Telafi CAM'de uygulanmışsa CNC tarafını ayrıca kontrol edin. Programı elle değiştirmek gerekiyorsa işletmenin yetki ve kayıt sürecini izleyin.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Durma HD-FL / Siemens: ana ekran; iş ve makine durumu**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Durma HD-FL / Siemens: katman/parametre ekranı; malzeme ve birimler**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Durma HD-FL / Siemens: kalibrasyon ekranı; kontrol sistemi kimliği**

15.8 Diğer yazılımlar ve CAM'den makineye dosya akışı

CutMaker — doğrulama bekleniyor

Bu yazılım için bölüm, DOKTEK makinesinden alınacak ekran görüntüleriyle tamamlanacak.

Bu sürümde CutMaker'ın makine eşleşmesi, menüleri, işlevleri ve ilk gün adımları doğrulanmamıştır. Makinedeki tam yazılım adı ve sürümü kaydedilmeden özel işlem sırası uygulamayın. Doğrulamada; açılış, orijine dönüş, kalibrasyon, dosya açma, katman parametreleri, simülasyon/çerçeve ve kesime geçişin hangilerinin bu yazılımda, hangilerinin makine panelinde yürüdüğü belgelenecektir.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CutMaker — işlev ve konum doğrulanacak: ana ekran; iş ve makine durumu**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CutMaker — işlev ve konum doğrulanacak: katman/parametre ekranı; malzeme ve birimler**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **CutMaker — işlev ve konum doğrulanacak: kalibrasyon ekranı; kontrol sistemi kimliği**

Lantek, SigmaNEST, ProNest ve benzeri CAM yazılımları

CAM (bilgisayar destekli imalat) ortamında hazırlanan işin makineye aktarımı; sürüm, lisans, makine desteği ve uygun çıktı dönüştürücüye bağlıdır. Lantek, SigmaNEST veya ProNest adı tek başına kurulu makineyle uyumu kanıtlamaz. Uyumlu CAM çıktısı kullanılan işletmelerde çizim/yerleşim hazırlığı ayrı bilgisayarda, hareket ve kesim kontrolü makine panelinde yürütülebilir.

Amaç: Geometri ve süreç bilgisini hedef makinede kaybetmeden doğrulamak.

Gerekenler: Hedef makine için doğrulanmış CAM çıktısı tanımı, iş numarası, malzeme/sac kaydı, aktarım yöntemi ve makine kılavuzu.

1. CAM uygulamasını açın; hedef makine ve çıktı tanımını doğrulayın. Lantek, SigmaNEST veya ProNest için bu doğrulamayı kurulu paket özelinde yapın.
2. Çizimi alın. Birim, ölçü, kapalı kontur, adet, sac boyutu ve malzemeyi kontrol edin. Yerleşim ve kesim sırasını hazırlayın.
3. Giriş hattı, mikro bağlantı ve kesim aralığı telafisini inceleyin. Telafinin hangi tarafta uygulanacağını belirleyin; hem CAM hem CNC tarafında tekrar uygulamayın.
4. Simülasyonu izleyin; doğru makine çıktısını oluşturun. Dosya adı, revizyon ve malzeme/kalınlığı iş kaydına yazın; izin verilen yöntemle aktarın.
5. **Makine tarafında:** Kontrol yazılımını açın → üretici sırasıyla orijine dönün → kapasitif kalibrasyon yapın → dosyayı açın → katman/süreç eşlemesini doğrulayın → simülasyon/çerçeve yapın → deneme sonucunu onaylayıp kesin.
6. İş sonunda gerçek kullanılan süreç sürümünü kaydedin. Makinede yapılan değişikliği CAM dosyasının da otomatik aldığı varsayımında bulunmayın.

> **Dikkat**
> Tanınmayan dosya veya desteklenmeyen komut uyarısını yok saymayın. Başka makine için üretilen çıktının uzantısını değiştirerek uyum sağlamaya çalışmayın.

Neden? Aktarımda geometri doğru görünse bile süreç kodları, telafi veya koordinat yorumu farklı olabilir.

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Kurulu Lantek / SigmaNEST / ProNest paketi: ana ekran; yazılım adı, hedef makine ve yerleşim**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Kurulu Lantek / SigmaNEST / ProNest paketi: süreç/çıktı ekranı; makinedeki katman eşlemesi**

Ekran görüntüsü: DOKTEK makinesinden eklenecek — **Kurulu Lantek / SigmaNEST / ProNest paketi: hedef makinenin kalibrasyon ekranı; CAM işlevi olarak gösterilmeyecek**

> **İş dosyası teslim kontrolü**
> İş adı/revizyonu, hedef makine, sac türü/kalınlığı, parça adedi, çıktı tanımı ve süreç sürümünü birlikte teslim edin. Eksik alanı tahmin etmek yerine işi hazırlayan sorumlu kişiyle doğrulayın.

16

Bakım

Bakımı arıza oluşmadan planlayın. Kirlenen veya hasarlanan parçayı yalnız değiştirmekle yetinmeyin; kirlenme nedenini de giderin. Aralıklar ve yöntemler modele, çalışma yoğunluğuna ve üretici talimatına göre değişir.

Bakım öncesi güvenli durum

Kesimi durdurun; lazer ışın üretimini devre dışı bırakın ve kafayı güvenli konuma alın. Müdahalenin gerektirdiği elektrik, hareket ve basınç enerjilerini üretici yöntemine göre ayırın, kilitleyin ve etiketleyin. Yeniden hareket veya ışın oluşamayacağını doğrulayın. Sıcak parçaların soğumasını bekleyin. Kapı emniyetini bakım yöntemi olarak aşmayın.

16.1 Bakım planı ve sorumlular

Aşağıdaki süreler iş planlaması için yaklaşık etkin çalışma süreleridir; soğuma, enerji ayırma, kuruma, erişim ve servis beklemesi hariçtir. Üretici daha kısa aralık istiyorsa onu uygulayın. Yoğun toz, galvaniz ve alüminyum işlemlerinde kontrolü sıklaştırın. Operatör yalnız eğitimi ve işletme yetkisi kapsamındaki işi yapsın.

Aralık	İş	Yaklaşık süre	Sorumlu
Günlük / vardiya başı	Nozul, seramik halka ve erişimi izinli koruyucu cam kontrolü; değişim gerekirse ilgili prosedür.	10–15 dk	Eğitimli operatör
Günlük / vardiya başı	Chiller seviye/akış/alarmı, dış kaçak, yoğuşma; gaz ve emiş hazır durumu.	5–10 dk	Operatör
Günlük / vardiya sonu	Tabla ve erişilebilir cüruf temizliği; kompresör su tahliyesi durum kontrolü.	10–20 dk	Eğitimli operatör
Haftalık	Gaz/hava filtreleri, kurutucu, tahliye ve dış kaçak kontrolü.	15–30 dk	Bakım personeli
Haftalık	Ray/kremayer görünür kirlenme, yağlama sistemi ve emiş girişleri.	20–40 dk	Bakım personeli
Aylık	Chiller filtresi ve hava geçişleri; emiş filtre/kanal durumu; fan filtreleri.	30–60 dk	Bakım personeli; kabin işi elektrik yetkilisi
Aylık	Palet, tabla çıtaları, kayış/kremayer ve bağlantılarda durum kontrolü.	30–60 dk	Bakım personeli
3 aylık	Su değişim ihtiyacı, hortumlar, filtreler ve ortam kayıtlarının üretici planıyla karşılaştırılması.	45–90 dk	Bakım personeli / servis
3 aylık	Mekanik aşınma ve yağlama planı; tekrarlayan kalibrasyon/ölçü hatalarının değerlendirilmesi.	45–90 dk	Bakım personeli / servis
Yıllık	Üretici kapsamına göre genel servis; emniyetler, elektrik, mekanik ve optik durum değerlendirmesi; güç ölçüm planının gözden geçirilmesi.	Servis planına göre, genellikle vardiya ölçeğinde	Yetkili servis ve işletme bakım sorumlusu

Su değişimi üretici önerisine göre, genelde birkaç ayda bir planlanır. Bu tablodaki 3 aylık satır, her makine için kesin değişim aralığı değildir. Filtre değişimi ve yağlama sıklığını da üretici belgesine göre belirleyin.

Her işte tarih, çalışma saati, gözlem, kullanılan parça/sarf ve yapan kişiyi kaydedin. “Kontrol edildi” ile “değiştirildi” ifadelerini ayırın. Günlük kayıt için Ek B formunu kullanın.

16.2 Nozul değiştirme

Amaç: Hasarlı veya tıkalı nozulu doğru tipte yenisiyle değiştirmek.

Gerekenler: Kafaya uygun nozul, temiz eldiven, uygun el aleti, temiz bez ve üreticinin nozul merkezleme prosedürü. Tek kat nozul (S) ve çift kat nozul (D) seçimini onaylı süreçten alın.

1. Bakım öncesi güvenli durumu sağlayın. Takılı nozulun tipini ve iş kaydını not edin; sıcaksa soğumasını bekleyin.
2. Nozul çevresindeki gevşek kiri, kafa içine göndermeden alın. Nozulu modelin sökme yöntemine göre çıkarın; seramik halkayı zorlamayın.
3. Nozul ucunu, deliğini ve dişi inceleyin. Ezik, ovalleşme veya yapışık cüruf varsa üreticinin izin verdiği temizleme/değiştirme kararını uygulayın. Deliği büyüterek onarmayın.
4. Yeni nozulun doğru parça olduğunu, temizliğini ve dişini kontrol edin. Üretici yöntemine göre takın; çapraz diş tutturmayın, gelişigüzel sıkma kuvveti kullanmayın.
5. Aleti ve sarfı alandan çıkarın. Güvenli çalışma durumuna geçin; bölüm 16.5 son kontrolleri kapsamında kapasitif kalibrasyon ve nozul merkezlemeyi üreticinin sırasıyla tamamlayın.
6. Çerçeve ve kontrollü deneme kesimiyle sonucu doğrulayın. Değişim nedenini, nozul tipini ve tarihi kaydedin.

> **Dikkat**
> Merkezleme için açık ışınla doğaçlama atış yapmayın. Üreticinin kapalı ve korumalı test yöntemi eğitim gerektiriyorsa eğitimli kişiye yaptırın.

Neden? Nozul deliği ve merkezleme, gazın ve ışının aynı bölgeye yönelmesini etkiler. Yanlış takılan nozul yükseklik takibini de bozabilir.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **eski/yeni nozul, uç hasarı ve doğru nozul etiketi; ışın kapalı**

16.3 Seramik halka değiştirme

Amaç: Çatlak veya hasarlı seramik halkayı uygun parça ile değiştirip yükseklik algısını doğrulamak.

Gerekenler: Kafaya uygun seramik halka, temiz eldiven, üreticinin uygun aleti ve parça montaj talimatı.

1. Işını, hareketi ve gerekli enerji kaynaklarını ayırın. Kafayı güvenli konuma alın; nozulu bölüm 16.2 sırasıyla sökün.
2. Seramik halkada çatlak, kırık, yanık ve bağlantı yüzeyinde kir olup olmadığını inceleyin. Kablo ve bağlantıda dıştan hasar görürseniz servise bildirin.
3. Halkayı üretici yöntemine göre çıkarın. Yuva ve temas yüzeyini izin verilen yöntemle temizleyin; içeri kir düşürmeyin.
4. Doğru parçayı yönüne dikkat ederek yerleştirin. Tutucu ve bağlantıları üretici talimatına göre sabitleyin; seramiği burarak zorlamayın.
5. Uygun nozulu takın. Aletleri kaldırın; güvenli durumda kapasitif kalibrasyon ve nozul merkezlemeyi tamamlayın.
6. Düşük riskli konum kontrolü ve deneme kesimi yapın. Sensör uyarısı sürerse bölüm 17.3 ile ilerleyin; zorlayarak çalıştırmayın.

> **Dikkat**
> Çatlak halkayı yapıştırarak veya iletken malzemeyle köprüleyerek kullanmayın. Sıkma yöntemi ve kuvveti modele göre değişir.

Neden? Seramik halka nozul grubunun yalıtım ve konum bütünlüğünde rol oynar. Çatlak veya gevşek bağlantı kapasitif ölçümü kararsızlaştırabilir.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **seramik halka çatlağı, temiz yuva ve doğru montaj yönü**

16.4 Koruyucu cam kontrolü, temizliği ve değiştirme

Amaç: Koruyucu camdaki kir veya hasarı belirlemek ve optik yolu kirletmeden uygun işlem yapmak.

Gerekenler: Temiz eldiven, tozsuz ortam, temiz çalışma altlığı, uygun yeni koruyucu cam/conta, lens kağıdı ve üreticinin onayladığı saflıkta izopropil alkol. Kaplama ve temizlik uyumunu kafa belgesinden doğrulayın.

1. Makineyi güvenli duruma alın. Kafa modelini ve açılmasına izin verilen cam yuvasını belirleyin. **BM111'de üst, orta ve alt olmak üzere üç koruyucu cam bulunur.** BM06K veya başka modelde aynı yerleşimi varsaymayın.
2. Yuva çevresini temizleyin. Temiz eldiven takın; hazırlanan temiz yüzey dışında camı bırakmayın. Açıklığın toza maruz kalma süresini kısa tutun.
3. Cam kasetini/yuvasını üretici yöntemiyle çıkarın. Camın yönünü, tutucu ve conta yerleşimini sökmeden önce kaydedin. Optik yüzeye parmakla dokunmayın.
4. Camı ortam ışığına tutup eğik açıdan inceleyin; ışın yoluna bakmayın. Nokta, leke, çatlak, çizik, yanık ve kaplama hasarı arayın. Yanık, çatlak veya kalıcı hasarlı camı yeniden kullanmayın.
5. Yalnız temizlenebilir kir için üreticinin izin verdiği lens kağıdını ve izopropil alkolü kullanın. Kağıdı uygun miktarda ıslatın; bastırmadan tek yönlü hafif geçiş yapın. Her geçişte temiz kağıt kullanın; kuru ovma veya aynı kirli yüzeyle tekrar silme yapmayın.
6. Yüzeyin kuruduğunu ve iz kalmadığını ışıkta yeniden kontrol edin. Leke kalırsa tekrar tekrar sürterek kaplamayı zorlamak yerine camı değiştirin.
7. Doğru camı doğru yönde, temiz ve uygun conta ile yerleştirin. Yönü belirsiz camı tahminle takmayın. Contayı sıkıştırmayın; kaseti üretici yöntemine göre kapatın.
8. Güvenli çalışma durumunda kapasitif kalibrasyon ve nozul merkezlemeyi üretici sırasıyla doğrulayın. Deneme kesimi yapın; camın hızla kirlenmesi sürüyorsa bölüm 17.4 nedenlerini araştırın.
9. Camın konumunu, parça bilgisini, işlem türünü ve gözlemi kaydedin. Kullanılmış camı yeni cam kutusuna koymayın.

> **Dikkat**
> İzopropil alkol yanıcıdır; sıcak yüzey ve tutuşturucu kaynaklardan uzak tutun, uygun havalandırma sağlayın. Solventi kafa içine dökmeyin. Kağıt havlu, sıradan bez, yağlı hava veya kazıyıcı kullanmayın. Erişimi servis gerektiren cam yuvasını açmayın.

Neden? Optik yüzeyde kalan kir ışını emerek ısınabilir. Yanlış yön, kirli conta veya açık bırakılan yuva yeni camın da kısa sürede hasarlanmasına neden olabilir.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **camı ortam ışığında kontrol, lens kağıdıyla temizlik, doğru yön ve conta; model ve cam konumu belirtilmiş**

> **Tekrarlayan cam kaybını kaydedin**
> Camın hangi malzemeden ve hangi delme işleminden sonra kirlendiğini yazın. Galvaniz ve alüminyum işlerinden sonra kontrolü sıklaştırın. Yalnız camı değiştirerek kirli gaz veya aşırı sıçrama nedenini kapatmayın.

16.5 Fokus/kolimasyon lensleri ve bakım sonrası doğrulama

Amaç: İç optik müdahalesini yetkili kişiye bırakmak ve dış bakım sonrası makinenin çalışmasını doğrulamak.

Gerekenler: Kafa model belgesi, eğitimli kişi/servis, kontrollü temiz çalışma koşulları, onaylı kalibrasyon ve merkezleme yöntemi.

1. İç lens hasarı şüphesinde kesimi durdurun. Dış koruyucu cam kontrollerini ve şikâyetin başladığı işi kaydedin; Ek E servis bilgilerini hazırlayın.
2. Fokus veya kolimasyon lensine erişimi yalnız bu işlem için eğitimli kişi ya da servis yapsın. İç optik yuvayı operatör temizliği kapsamında açmayın.
3. Servis; lens, conta ve bağlantı işlemlerini modele özgü talimatla yapsın. Bu bölüm iç lens sökme, yönlendirme veya ayar değerleri vermez.
4. Nozul, seramik halka veya cam işlemi sonrasında bütün yuvaların kapalı olduğunu ve doğru parçaların takıldığını kontrol edin. Aletleri, solventi ve ambalajı kaldırın.
5. Güvenli çalışma durumuna geçin. Kapasitif kalibrasyon ve nozul merkezlemeyi **üreticinin öngördüğü sırayla** tamamlayın; kullanılan metoda göre sıra değişebilir. Kontrolleri atlamayın.
6. Üretici kapalı test düzeneği gerektiriyorsa onu kullanın. Merkezleme için korumaları açarak bant/atış denemesi yapmayın.
7. Gerekirse bölüm 11 odak testini uygulayın. Çerçeve, yükseklik takibi ve deneme kesiminde tam geçiş/ölçü/kenarı kontrol edin.
8. Sonucu bakım formuna yazın. Kalibrasyon tutmuyor veya fokus tekrarlanmıyorsa üretime geçmeden servise başvurun.

> **! Dikkat**
> Lazer ışınına doğrudan veya yansıma üzerinden bakmayın. İç optik ayarını kesim parametresiyle telafi etmeye çalışmayın. Servis işlemi sonrası kayıt ve çalışmaya dönüş onayı alın.

Neden? İç optik konumu ışının odaklanmasını etkiler. Dış parçalar yenilense bile yükseklik ve merkezleme doğrulanmadan kararlı kesim beklenemez.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **kapalı kesim kafası modeli, güvenli test düzeni ve kalibrasyon sonucu; iç optik servisçe belgelenmiş**

16.6 Chiller bakımı

Amaç: Kaynak ve kafanın uygun soğutma koşullarını korumak.

Gerekenler: Chiller ve kaynak belgeleri, üreticinin istediği su niteliği, temiz dolum kabı, uygun filtre ve bakım formu.

1. Ekrandaki sıcaklık, akış ve alarm durumunu kaydedin. Kaynak/kafa soğutma devrelerini model belgesinden ayırt edin; her devrede aynı ayarı varsaymayın.
2. Bakım için gereken durdurma ve enerji ayırmayı yapın. Su seviyesini üreticinin tanımladığı durumda ve göstergeden kontrol edin. Dolum gerekiyorsa kaçak nedenini de araştırın.
3. Üreticinin istediği nitelikte saf/deiyonize su kullanın; iletkenlik ve katkı şartı modele göre değişir. Musluk suyu veya rastgele antifriz/biyosit eklemeyin. Farklı sıvıları onaysız karıştırmayın.
4. Hortum, bağlantı ve filtreyi kontrol edin. Filtreyi üretici yöntemine göre temizleyin/değiştirin; devreyi kirletmeyin. Su devresini açmadan önce üreticinin basınç ve boşaltma talimatına uyun.
5. Su değişimini **üretici önerisine göre, genelde birkaç ayda bir** planlayın. Boşaltma, devre temizliği, doldurma ve hava giderme sırasını model belgesinden uygulayın.
6. Sıcaklık ayarını kaynak/kafa talimatıyla karşılaştırın. Ortam nemi ve çiy noktasını dikkate alın; yoğuşma varsa kesime başlamayın. Sabit bir sıcaklığı bütün makineler için kullanmayın.
7. Enerjiyi güvenli biçimde geri verin. Üreticinin kontrol çalışmasıyla seviye, sızdırmazlık ve akışı doğrulayın. Alarm yok ve soğutma kararlı olmadan lazeri çalıştırmayın.
8. Su/filtre tarihi, kullanılan sıvı, ayarlar, ortam koşulu ve gözlemi kaydedin.

> **Dikkat**
> Akış alarmını köprülemeyin. Seviye sürekli düşüyorsa yalnız su ekleyerek çalışmayı sürdürmeyin. Sıcak veya basınçlı devreyi açmayın.

Neden? Su niteliği, akış ve ortam koşulları birlikte soğutmayı belirler. Uygun olmayan su veya yoğuşma kaynak ve kafa için hasar riski oluşturabilir.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **seviye göstergesi, devre etiketleri, filtre ve yoğuşma kontrol noktaları**

16.7 Gaz ve hava hattı bakımı

Amaç: Kesim gazının uygun basınç ve temizlikte ulaşmasını sağlamak.

Gerekenler: Gaz sistemi belgesi, uyumlu kaçak kontrol ürünü, uygun filtre elemanı, kurutucu/kompresör talimatı ve gerekli kişisel koruyucular.

1. Gaz türünü ve hattın makineyle eşleşmesini doğrulayın. Tüp/tank ve regülatör durumunu dıştan kontrol edin; alarm ve basınç göstergelerini kaydedin.
2. Filtre veya bağlantıya müdahaleden önce hattı izole edin. Üretici yöntemine göre basıncı güvenli boşaltın; basınçlı bağlantıyı gevşetmeyin.
3. Filtre kasesi/elemanında su, yağ veya kir arayın. Elemanı üretici yöntemine göre değiştirin; uyumsuz filtre takmayın. Yağ görülürse nedeni giderilmeden optik sisteme gaz göndermeyin.
4. Kurutucunun hazır/alarm durumunu ve üreticinin tanımladığı kurutma göstergesini kontrol edin. Kompresör su tahliyesinin çalıştığını doğrulayın; elle tahliye gerekiyorsa model prosedürünü uygulayın.
5. Hortumları ezilme, çatlak ve sürtünme açısından kontrol edin. Sistemi güvenli basınçlandırdıktan sonra uygun kaçak ürünüyle bağlantıları sınayın; alev kullanmayın.
6. Kesim akışı sırasında makinenin izin verdiği göstergeden basıncın kararlı olduğunu doğrulayın. Yalnız statik regülatör basıncına bakarak hattı onaylamayın.
7. Gaz türü, filtre/kurutucu işlemi, tahliye durumu ve kaçak sonucunu kaydedin. Sorun sürerse bölüm 17.9 ile ilerleyin.

> **Dikkat**
> Oksijenle temas eden parçalara yağ veya gres sürmeyin. Kaçak yapan bağlantıyı basınç altında sıkmayın. Regülatör ve emniyet elemanı onarımını yetkili kişiye bırakın.

Neden? Kirli veya yağlı gaz cam ömrünü ve kesim kalitesini etkileyebilir. Hat kısıtı, gaz akarken basıncın düşmesine yol açabilir.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **filtrede su/yağ kontrolü, kurutucu göstergesi, kompresör tahliyesi ve gaz etiketi**

16.8 Mekanik bakım: ray, kremayer, kayış ve tabla

Eksen konumlama doğruluğu ve tekrarlanabilirlik kabulünü ISO 230-2:2014 (+Amd 1:2016) ile servis raporuna bağlayın; geri çekilmiş VDI/DGQ 3441'i kabul standardı olarak kullanmayın. Kesilmiş parçanın ölçüsü, tek başına eksen konumlama deneyi değildir.

Amaç: Hareket sistemini temiz tutmak ve tabla desteğinin bozulmasını önlemek.

Gerekenler: Makine yağlama planı, uygun temizleme aracı, üreticinin belirttiği yağ/gres, cüruf araçları ve kesilmeye/ısıya uygun koruyucular.

1. Eksenleri ve palet hareketini üretici bakım konumuna alın; elektrik ve beklenmedik hareket enerjisini güvenli ayırın. Sıcak cürufun soğumasını bekleyin.
2. Ray ve kremayerde görünür kir, aşınma ve hasar arayın. Talaşı ve tozu yüzeye zarar vermeden, kızak/keçe içine itmeden temizleyin.
3. Üretici yağlama planındaki noktalara doğru ürünü uygulayın; merkezi yağlama deposu, hatları ve uyarılarını kontrol edin. Yağları karıştırmayın, gelişigüzel fazla yağ sürmeyin.
4. Kayış varsa dıştan çatlak, aşınma ve gevşeklik belirtisini kontrol edin. Gerginlik kontrolünü üreticinin yöntemine göre eğitimli bakım personeli yapsın; elle hisse göre ayar vermeyin.
5. Palet, tabla çıtaları ve parça desteklerini kontrol edin. Birikmiş cürufu uygun araçla temizleyin; eğilmiş/aşınmış çıtaları üretici planıyla değiştirin. Palet kilitleri ve hareket alanını inceleyin.
6. Alet ve atıkları kaldırın. Emniyetler sağlanınca üreticinin kontrollü hareket testini yapın; ses, takılma veya konum farkı varsa durdurun.
7. Ölçü/şekil hatası sürüyorsa bölüm 17.6 ile ilerleyin. Servo kazancı, elektronik telafi veya kremayer ayarını operatör müdahalesiyle değiştirmeyin.

> **Dikkat**
> Tabla içine girmeden ve palete yaklaşmadan beklenmedik hareketi önleyin. Cüruf keskin ve sıcak olabilir. Hareketli ray/kremayere bez veya el yaklaştırmayın.

Neden? Kir ve yetersiz yağlama hareketi zorlayabilir. Bozuk tabla desteği sacı eğebilir ve parçanın kalkma riskini artırabilir.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **ray/kremayer temizliği, yağlama noktası, kayış varsa kontrol noktası ve cüruflu/temiz tabla çıtası**

16.9 Duman emiş ve elektrik kabini

Duman emiş sistemi

Bakım ve tedarikçi kayıtlarında EN 1093 / ISO 14123 emisyon değerlendirmesini, ISO 21904-2:2020 ekipman ayırma verimi testinden ayırın; tek filtre kartuşu bu ekipman testinin kapsamı değildir ve bakımda bu atıf tek başına yerinde emiş yeterliliğini kanıtlamaz (Ek F).

Amaç: Kesim dumanının uygun biçimde uzaklaştırılmasını sürdürmek.

Gerekenler: Emiş sistemi belgesi, uygun filtre, tozun niteliğine uygun toplama aracı ve üreticinin belirttiği koruyucular.

1. Kesimi durdurun. Emiş sistemini üreticinin kapanış/temizlik sırasıyla güvenli duruma alın; temizlik sırasında fanın beklenmedik çalışmasını önleyin.
2. Tabla emiş açıklıkları ve kanallarda tıkanma, kaçak veya birikme belirtisi arayın. Kanala girmeyin; erişilemeyen alanı eğitimli ekibe bırakın.
3. Filtre durumunu üreticinin göstergesi ve bakım planına göre kontrol edin. Filtreyi yalnız izin verilen yöntemle temizleyin veya değiştirin; her filtre yıkanabilir değildir.
4. Toplanan tozu uygun kapta yönetin. Alüminyum gibi malzemelerde tozun özelliğine uygun toplama ve temizlik yöntemini doğrulayın; sıradan ev tipi süpürge veya gelişigüzel basınçlı hava kullanmayın.
5. Kapak ve bağlantıları kapatın. Üretici yöntemine göre emişi doğrulayın; yetersiz emişle kesime başlamayın. İşlemi kaydedin.

> **! Duman veya yanma belirtisi**
> Filtre/kanalda olağan dışı ısınma, kıvılcım ya da duman varsa sistemi tekrar başlatmayın; işletmenin yangın/acil durum planını uygulayın. Temizlik için tozu ortama üflemeyin.

Neden? Tıkalı filtre ve kanal dumanı çalışma alanında bırakabilir. Uygun olmayan temizlik yöntemi tozu tekrar havaya kaldırabilir.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **emiş girişi, kanal erişimi, filtre göstergesi ve güvenli toz toplama noktası**

Elektrik kabini

Amaç: Kabinin toz ve soğutma durumunu güvenli biçimde kontrol etmek.

Gerekenler: Elektrik bakım yetkisi, üretici bekleme/enerji ayırma talimatı, uygun fan filtresi ve elektrik donanımına uygun temizlik aracı.

1. Operatör olarak kapalı kabinin dış hava girişini, dış fan filtresini ve alarmını gözleyin. Kabin açmayı gerektiren işi elektrik yetkilisine bildirin.
2. Yetkili kişi enerjiyi ayırsın, kilitlesin ve etiketlesin. Üreticinin bekleme süresinden sonra uygun yöntemle gerilim olmadığını doğrulasın.
3. Fan filtrelerini talimata göre temizleyin/değiştirin. Kabin içi tozu yalnız yetkili kişi, uygun yöntemle alsın; kartlara hava, solvent veya nem göndermeyin.
4. Yanık izi, gevşek bağlantı belirtisi, hasarlı kablo veya çalışmayan fan varsa servise bildirin. Yetkisiz terminal sıkma ve elektrik ölçümü yapmayın.
5. Yetkili kişi kabini kapatsın; emniyetli enerji verme ve fan/soğutma kontrolünü tamamlasın. Bulguyu ve değişen filtreyi kaydetsin.

> **! Ana şalter tek başına doğrulama değildir**
> Bazı devrelerde enerji veya depolanmış gerilim kalabilir. Elektrik kabininde çalışma ve gerilim kontrolü yalnız yetkili kişi tarafından yapılmalıdır.

Neden? Tıkalı fan filtresi kabin sıcaklığını artırabilir. Yetkisiz temizlik ise elektrik çarpması veya donanım hasarı riski oluşturabilir.

Fotoğraf: DOKTEK makinesinden eklenecek — **kapalı kabinin fan filtresi ve bakım etiketi; iç görünüm yalnız yetkili kişi tarafından**

17

Sorun giderme

Önce belirtiyi tanımlayın, sonra sırayla kontrol edin. Aynı denemede yalnız bir ayarı değiştirin. Hasar, yoğuşma, gaz kaçağı veya emniyet arızası varsa kesimi durdurun; nedeni giderilmeden tekrar başlamayın.

Kontrol ile müdahaleyi ayırın

Ekran bilgisi kapalı makinede okunabilir. Kafaya, optiğe, hatta veya mekaniğe dokunmadan önce ışın üretimini ve beklenmedik hareketi önleyin; işin gerektirdiği enerjileri üretici yöntemiyle ayırın. Basınçlı hattı açmayın. Elektrik ve iç optik işlemlerini yetkili kişiye bırakın.

Süre etiketleri yaklaşık ilk kontrol süresidir; soğuma, enerji ayırma, sarf değişimi ve servis beklemesi hariçtir. "Servis" etiketi bulunan işte süre arızaya göre değişir. Alarm kodlarının anlamı ve sıfırlama yöntemi modele/sürüme göre değişir.

17.0 Belirti dizini

Belirti	Önce bakın
Kesim sacı tam geçmiyor	17.1 Kesmiyor
Başlangıç deliği oluşmuyor	17.2 Delmiyor
Kafa çarpıyor / yükseklik sensörü uyarısı	17.3 Yükseklik takibi
Koruyucu cam çabuk kirleniyor / yanıyor	17.4 Koruyucu cam
Parça kalkıyor / devriliyor	17.5 Parça desteği
Ölçü hatası / şekil kayması	17.6 Ölçü ve hareket
Lazer kaynağı alarmı	17.7 Kaynak alarmları
Chiller akış, sıcaklık veya seviye alarmı	17.8 Chiller alarmları
Gaz basıncı alarmı / kesimde basınç düşmesi	17.9 Gaz basıncı

Alarm varsa önce ilgili alarm bölümüne bakın. Kaynak ve chiller hazır değilken kesim parametresiyle sorunu çözmeye çalışmayın. Çapak ve kenar kusurları için ayrıca bölüm 13 tablosunu kullanın.

17.1 Kesmiyor / malzemeyi geçmiyor

Amaç: Işın sacı alta kadar geçmiyorsa optik, gaz ve süreç nedenlerini sırayla ayırmak.

Gerekenler: Onaylı parametre kaydı, gerçek malzeme/kalınlık bilgisi, temiz sarf, makine belgesi ve Ek C formu.

Tek değişken	Hız	Fokus	Gaz	Not alın
Her denemede yalnız bir ayar	Onaylı aralıkta kontrollü deneme	Bölüm 11 ile doğrulama	Tür, temizlik ve akışta basınç	Eski/yeni değer ve sonuç

1	**Koruyucu cam** Kirli, lekeli veya yanık cam gücü emebilir.	Makineyi güvenli duruma alın. İzin verilen camı temiz eldiven ve tozsuz ortamda çıkarıp ortam ışığına tutun. Leke varsa bölüm 16.4 ile temizleyin; hasarlı veya temizlenmeyen camı değiştirin. Galvaniz ve alüminyumdan sonra daha sık kontrol edin. SIK KONTROL NOKTASI 5–10 DK
2	**Nozul** Ezik, tıkalı veya merkezden kaymış nozul kesimi bozabilir.	Nozulu sökün; uçta ezik veya yapışık cüruf arayın. Uygun parçayla değiştirin ve üreticinin korumalı yöntemiyle merkezleyin. Örnekteki bant testi, yalnız üreticinin izin verdiği kapalı test yöntemi ve eğitimle uygulanmalıdır; açık ışın denemesi yapmayın. 5–10 DK
3	**Fokus** Yanlış fokus enerjiyi yanlış bölgede toplar.	Fokus değerini uygun süreç kaydıyla karşılaştırın. Şüphe varsa bölüm 11 odak testini yapın. Lens yuvasında gevşeklik şüphesini servise bildirin; iç optiği kendiniz açmayın. 5–15 DK
4	**Hız** Malzeme ve süreç için hız yüksek olabilir.	Kesim hızını onaylı kayıtla karşılaştırın. İzin verilen aralıkta daha düşük hızla tek değişkenli deneme yapın. Geçiş düzelirse sonucu forma yazın; doğrulamadan ana süreç kaydının üzerine yazmayın. 5–10 DK
5	**Gaz** Basınç düşmesi, biten besleme veya kirli gaz etkili olabilir.	Gaz türü, tüp/tank ve regülatörü kontrol edin. Kesim akışındaki basıncı güvenli göstergeden izleyin. Saflık şartını tedarik/üretici belgesinden doğrulayın; hava kuru ve yağsız olmalıdır. Filtre/kurutucu ve kaçak için bölüm 16.7 sırasını kullanın. 5–10 DK
6	**Nozul yüksekliği** Kapasitif sensör yanlış veya kararsız ölçebilir.	Sac yüzeyinde su, yağ, folyo ve kir olup olmadığını kontrol edin. Sacın elektriksel temasını güvenli durumda doğrulatın. Üretici yöntemine göre kapasitif kalibrasyon yapın; uyarı sürüyorsa bölüm 17.3 ile ilerleyin. 5–10 DK
7	**Malzeme** Kalınlık veya kaplama beklenenden farklı olabilir.	Güvenli durumda kalınlığı ölçün; türü, kaplamayı, folyoyu ve pası kontrol edin. Ölçülen malzeme/kalınlık için uygun onaylı kaydı seçin. Bir üst kalınlığın parametresini otomatik çözüm saymayın. 2–5 DK
8	**Güç** Süreç gücü yanlış olabilir veya çıkış gücü azalmış olabilir.	Güç yüzdesini ve varsa darbe/frekans alanlarını onaylı kayıtla karşılaştırın. Aynı iş daha önce kesiliyorsa ve dış kontroller temizse bölüm 14.7 uyarınca güç ölçümünü servise yaptırın. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR
9	**Alarm ve chiller** Kaynak kendini korumaya almış olabilir.	Kaynak alarmının tam kodunu/metnini not edin. Chiller sıcaklık, akış ve seviyesini model talimatıyla karşılaştırın; bütün kaynaklara tek sıcaklık aralığı uygulamayın. Kafada veya hortumda yoğuşma varsa durdurun. 2–5 DK / SERVİS

Dikkat

Kafaya dokunmadan ışını ve hareketi güvenli ayırın. Yanık cam, tekrar eden alarm veya yoğuşma varken deneme kesimine devam etmeyin.

Neden? Örnek 12.1 sayfasındaki sıra cam ve nozuldan başlayıp güç/soğutmaya ilerler. Bu sıra, süreç sorunu ile servis gerektiren arızayı ayırmaya yardım eder.

Son kontrol: Kontrollerden sonra tek değişkenle deneme kesin. Hâlâ geçmiyorsa Ek E bilgilerini hazırlayıp DOKTEK servisine başvurun.

17.2 Delmiyor

Amaç: Pierce (delme) aşamasında tam geçiş oluşmamasının nedenini belirlemek.

Gerekenler: Malzeme/kalınlık kaydı, onaylı delme süreci, kafa belgesi ve temiz deneme sacı.

1	**Belirtiyi ayırın** Başlangıç deliği ile devam eden kesim aynı aşama değildir.	Delme noktasını güvenli durumda üst ve alt yüzden inceleyin. Yalnız üst yüzeyde çukur mu var, delik var ama kontura geçiş mi bozuk, yoksa kaynak alarmı mı oluşmuş? Aşamayı ve ekran durumunu kaydedin. 2–5 DK
2	**Malzeme ve süreç** Yanlış kalınlık veya delme kaydı seçilmiş olabilir.	Gerçek kalınlığı, malzeme türünü, kaplama/folyoyu ve aktif katmanı kontrol edin. Onaylı delme kaydını seçin. Kesim ayarını delme ayarı yerine kullanmayın. SIK KONTROL NOKTASI 2–5 DK
3	**Cam ve nozul** Delme sıçraması optiği ve nozul ağzını etkileyebilir.	Işını ve hareketi ayırın; cam, nozul ve seramik halkayı bölüm 16 ile inceleyin. Yeni camı takmadan kirlenme nedenini değerlendirin. 5–15 DK
4	**Gaz ve yükseklik** Uygun olmayan gaz veya mesafe deliğin oluşmasını bozabilir.	Gaz türünü, akıştaki basıncı ve delme yüksekliğini onaylı süreçle karşılaştırın. Kalibrasyonu doğrulayın. Deliği zorlamak için nozulu gelişigüzel saca yaklaştırmayın. 5–10 DK
5	**Delme aşamaları** Süre, güç, fokus veya aşamalı geçiş farklı olabilir.	Varsa aşamalı delme alanlarını yalnız modelin onaylı kaydıyla karşılaştırın. Her denemede tek ayarı değiştirin; bölüm 12 sürecini izleyin. Kontrolsüz süre/güç artışı yapmayın. 5–15 DK
6	**Deneme ve servis** Tekrarlayan başarısız delme optiğe zarar verebilir.	Hasarlı deliğin üzerinde tekrar tekrar denemeyin; uygun yeni deneme noktası seçin. Uygun süreçte delme oluşmuyorsa kaynak/chiller alarmlarını kaydedin ve servise iletin. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR

> **! Dikkat**
> Şiddetli sıçrama, olağan dışı parlama veya alarmda işlemi durdurun. Kesim tamamlanmadan parça çıkarmaya çalışmayın.

Neden? Delme aşaması farklı enerji, gaz ve yükseklik koşulu kullanabilir. Kesim hızını değiştirmek başlangıç deliği sorununu tek başına çözmez.

Son kontrol: Üretici gözlem yöntemiyle tam delmeyi doğrulayın; ardından kısa konturda kesime geçişi sınayın ve sonucu kaydedin.

17.3 Kafa çarpıyor / yükseklik sensörü uyarısı

Amaç: Çarpma nedenini ve kapasitif ölçüm kararsızlığını güvenli biçimde ayırmak.

Gerekenler: Kafa/yükseklik kontrolörü belgesi, temiz ve düz sac, uygun nozul/seramik halka ve bakım kaydı.

1	**Çarpmayı durdurun** Takip eden hareket hasarı büyütebilir.	Tehlike varsa acil durdurun. Kafayı körlemesine yukarı/aşağı hareket ettirmeyin. Güvenli enerji ayırmadan önce olay konumunu ve alarmı kaydedin; hasar şüphesinde servis isteyin. HEMEN · 1–2 DK
2	**Sac ve yol** Kalkmış parça, eğri sac veya engel olabilir.	Kesilmiş parçayı, kelepçeyi, cürufu ve tabla desteğini kontrol edin. Kafa güvenli ve hareket devre dışıyken engeli giderin. Sactaki su/yağı temizleyip yüzeyi kurutun; folyoyu onaylı süreçle ele alın. 5–10 DK

3	**Nozul ve seramik** Gevşek nozul veya çatlak seramik ölçümü etkileyebilir.	Nozulun oturuşunu, seramik halkayı ve erişimi izinli bağlantıyı inceleyin. Hasarlı parçayı bölüm 16.2 ve 16.3 ile değiştirin; doğaçlama onarım yapmayın. SIK KONTROL NOKTASI · 5–15 DK
4	**Topraklama ve temas** Zayıf sac teması ölçümü kararsızlaştırabilir.	Sac/tabla temasında kir veya kaplama olup olmadığını kontrol edin. Koruyucu topraklama ve sensör bağlantısının elektriksel kontrolünü yetkili kişiye yaptırın. Emniyet toprağını sökerek deneme yapmayın. 5–10 DK / YETKİLİ KİŞİ
5	**Kalibrasyon** Takım değişmiş veya kalibrasyon geçersiz olabilir.	Hasar ve yüzey sorunları giderildikten sonra uygun sac üzerinde üretici kalibrasyonunu yapın. Başarısız kalibrasyonu kabul ederek kesime geçmeyin; günlük işlem yerine servo kurulum ayarını değiştirmeyin. 5–10 DK
6	**Korumalı hareket testi** Sadece sıfırlanan alarm sorunun bittiğini göstermez.	Alan boş ve emniyetler sağlanmışken üreticinin ışın kapalı yükseklik/çerçeve testini yapın. Takip hâlâ kararsızsa sensör kablosu, kontrolör veya mekanik için servis çağırın. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR

> **Dikkat**
> Çarpmadan sonra yalnız kalibrasyon yapıp üretime dönmeyin; kafa, nozul, seramik ve optik hasarını değerlendirin.

Neden? Kapasitif ölçüm takım, sac yüzeyi ve elektriksel temasla birlikte çalışır. Mekanik engel ise doğru kalibrasyonda bile çarpmaya neden olabilir.

Son kontrol: Kararlı takip ve doğru çerçeve hareketi doğrulandıktan sonra küçük bir deneme kesin; alarm/çarpma tekrarında durdurun.

17.4 Koruyucu cam çabuk kirleniyor / yanıyor

Amaç: Yeni camın da kirlenmesini önlemek için sıçrama, gaz ve montaj nedenlerini bulmak.

Gerekenler: Kafa modeli ve cam konumu, kirlenme fotoğrafı, gaz bakım kaydı ve onaylı süreç.

1	**Hasarlı camı ayırın** Yanık yüzeyle çalışma hasarı ilerletebilir.	Kesimi durdurun. Camı güvenli ve temiz koşullarda bölüm 16.4 ile inceleyin. Yanık, çatlak veya kaplama hasarı varsa değiştirin. Hangi camın etkilendiğini kaydedin. 5–15 DK
2	**Yükseklik ve nozul** Yanlış mesafe veya bozuk gaz akışı sıçramayı artırabilir.	Delme/kesim yüksekliğini onaylı kayıtla karşılaştırın. Nozul hasarı, merkezleme ve kapasitif kalibrasyonu doğrulayın. Daha fazla gaz basıncı uygulamayı genel çözüm saymayın. 5–10 DK
3	**Gaz kirli / yağlı** Hat kirlenmesi temiz camı yeniden kirletebilir.	Hava hattında su/yağ, filtrede kir ve kurutucuda alarm arayın. Gazın temizlik koşulunu belgeden doğrulayın. Yağ görülüyorsa hat sorunu giderilmeden yeni camla kesime başlamayın. SIK KONTROL NOKTASI · 5–15 DK
4	**Delme sıçraması** Sorun özellikle başlangıç noktalarında oluşabilir.	Kirlenmenin delme sonrasında mı başladığını kaydedin. Delme aşaması, odak/yükseklik ve gaz geçişlerini onaylı süreçle karşılaştırın; bölüm 17.2 ile ilerleyin. 5–15 DK
5	**Malzeme ve kaplama** Galvaniz ve alüminyum işlerinde kontrol ihtiyacı artabilir.	Malzeme, kaplama ve folyo durumunu kaydedin. Bu işlerden sonra camı daha sık kontrol edin. Emişin yeterli olduğunu ve uygun sürecin seçildiğini doğrulayın. 2–5 DK
6	**Yön, conta ve iç optik** Kir yuva açılırken girmiş veya conta doğru oturmamış olabilir.	Camın yönünü ve doğru contayı model belgesiyle kontrol edin. BM111 üst/orta/alt camlarını karıştırmayın. İç optikte kir/hasar şüphesini servise bırakın; gelişigüzel yuva açmayın. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR

> **Dikkat**
> Sıcak veya hasarlı camı çıplak elle tutmayın. Koruyucu camı söküp camsız kesim yapmayın.

Neden? Yeni camın kısa sürede bozulması, sarf ömründen çok kir kaynağı veya süreç sorununa işaret edebilir; nedeni kayıtla izleyin.

Son kontrol: Yeni/temiz camla kısa denemeden sonra güvenli durumda tekrar inceleyin. Kirlenme devam ederse fotoğraf ve iş kaydıyla servis isteyin.

17.5 Parça kalkıyor / devriliyor

Amaç: Parçanın destekten düşmesini ve sonraki harekette kafaya engel olmasını azaltmak.

Gerekenler: Yerleşim ve takım yolu, tabla destek durumu, mikro bağlantı planı ve makine hareket belgesi.

1	**Alanı güvenli yapın** Kalkmış parça bir sonraki geçişte kafaya çarpabilir.	Çevrimi durdurun; parça alma öncesi ışını ve hareketi güvenli ayırın. Parçayı çalışan kafanın altından çekmeyin. Çarpma olduysa bölüm 17.3 kontrolünü yapın. HEMEN · 1–2 DK
2	**Tabla desteği** Küçük parça çıta aralığında dengesiz kalabilir.	Tabla çıtaları, cüruf birikimi ve sacın yatışını kontrol edin. Parçanın son kesimden sonra nasıl taşınacağını yerleşim üzerinde inceleyin; destek sorununu giderin. 5–10 DK
3	**Mikro bağlantı** Parça tamamen ayrılınca devrilebilir.	Micro joint (mikro bağlantı) yerini ve sayısını parçaya/onaylı sürece göre planlayın. Bağlantının gerçekten takım yolunda kaldığını simülasyonda kontrol edin. Sonradan ayırma ve iz beklentisini iş kaydına yazın. 5–10 DK
4	**Kesim sırası** Erken serbest kalan parça yol üzerinde kalabilir.	İç/dış kontur ve parça sırasını inceleyin. Son ayrılma noktasını destek ve sonraki geçişlerle birlikte değerlendirin. Isı birikimini de bölüm 6 yaklaşımıyla ele alın. 5–15 DK
5	**Boşta geçiş ve leapfrog** Alçak geçişte kalkmış parçaya çarpılabilir.	Leapfrog (kurbağa atlaması) veya uygun güvenli geçiş desteğini makine belgesinden doğrulayın. Yükseklik ve davranış sürüme göre değişir. Bu işlevi parça desteği ve mikro bağlantının yerine koymayın. 5–10 DK

> **Dikkat**
> Kalkmış parçanın üzerinden üretime devam etmeyin. Hareket güvenliği için tahmini yükseklik veya servis parametresi girmeyin.

Neden? Parça desteği, ayrılma sırası ve boşta hareket birlikte planlanmalıdır.

Son kontrol: Güncellenmiş simülasyonu izleyin; güvenli denemede parçanın ayrılma ve tutulma davranışını kontrol edin.

17.6 Ölçü hatası / şekil kayması

Amaç: Dosya, telafi ve mekanik hareket kaynaklı hataları ayırmak.

Gerekenler: Çizim ölçüsü, uygun ölçü aleti, soğumuş deneme parçası, iş/CAM kaydı ve makine bakım geçmişi.

1	**Ölçümü doğrulayın** Sıcaklık, çapak veya yanlış referans ölçüyü etkileyebilir.	Parçanın güvenle soğumasını bekleyin. Çapağı ve ölçme referansını değerlendirin; uygun aletle birden fazla yönde ölçün. Tüm ölçülerde sabit fark mı, tek eksende kayma mı olduğunu yazın. 5–10 DK
2	**Birim ve geometri** Ölçek veya çizim sorunu olabilir.	Çizim ölçüsü, içe aktarma birimi ve makinedeki önizlemeyi karşılaştırın. Doğru iş revizyonunu ve ölçeği doğrulayın; yanlış dosyayı parametreyle telafi etmeyin. 2–5 DK

3	**Kesim aralığı telafisi** Yanlış taraf veya çift telafi ölçüyü değiştirir.	Kerf (kesim aralığı) telafisinin iç/dış kontur yönünü kontrol edin. CAM ve kontrol tarafında iki kez uygulanmadığını doğrulayın. Gerçek sürece uygun telafiyi deneme parçasıyla doğrulayın. 5–15 DK
4	**Referans ve sac** Konum kaybı veya sac kayması şekli kaydırabilir.	Homing (referans noktasına dönüş) ve iş sıfırını makine prosedürüne göre doğrulayın. Sacın yer değiştirmediğini ve destek/bağlama durumunu kontrol edin. Devam noktasını yeni referansa körlemesine taşımayın. 5–10 DK
5	**Kayış ve kremayer** Boşluk, kir veya aşınma hareketi etkileyebilir.	Enerjiyi güvenli ayırdıktan sonra dıştan kir/aşınma belirtisini kontrol edin. Kayış gerginliği, kremayer boşluğu ve mekanik ayarı eğitimli bakım/servise bırakın; bölüm 16.8 ile kayıt tutun. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR
6	**Servo ve tekrarlanabilirlik** Eksen veya sürücü sorunu olabilir.	Aynı hatanın yön, konum ve tekrar durumunu kaydedin. Servo/alarm metnini servise iletin. Kazanç, elektronik dişli, eksen ölçeği veya hata telafisini operatör olarak değiştirmeyin. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR

Dikkat

Mekanik veya servo hatasını çizimi ölçekleyerek gizlemeyin. Ölçü uygun değilken seri üretime geçmeyin.

Neden? Sabit ölçü farkı ile konuma bağlı kayma farklı kontroller gerektirir.

Son kontrol: Uygun ayardan sonra iç/dış ölçü ve iki ekseni kapsayan deneme yapın; toleransı iş resmine göre doğrulayın.

17.7 Lazer kaynağı alarmları

Amaç: Alarmı tam kaydıyla sınıflandırıp güvenli servis yönlendirmesi yapmak.

Gerekenler: Kaynak marka/model/seri bilgisi, tam alarm kodu ve metni, zaman/iş kaydı ve kaynak belgesi.

1	**Tam kaydı alın** Kısa ekran mesajı yeterli olmayabilir.	Kesimi durdurun. Makine ve kaynak arayüzündeki tam kod/metni, oluşma saatini ve işlem aşamasını kaydedin. Kodu bilmeden anlam üretmeyin; kaynak modelinin belgesine başvurun. 2–5 DK
2	**Sıcaklık kategorisi** Soğutma veya ortam koşulu etkili olabilir.	Chiller alarmı, su seviyesi, akış ve dış hortum durumunu kontrol edin. Ortam sıcaklığı/nemini ve yoğuşmayı kaydedin. İzin verilen koşulu üretici belgesinden alın; kaynak kapağını açmayın. 5–10 DK
3	**Geri yansıma kategorisi** Özellikle bakır, pirinç ve alüminyum işlemiyle ilişkili olabilir.	Aynı işlemi tekrar tekrar başlatmayın. Malzemeyi, delme aşamasını, kafa/nozul ve süreç bilgisini servise iletin. Kaynak/kafa uygunluğu doğrulanmadan yalnız güç veya fokus değiştirerek devam etmeyin. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR
4	**Güç kategorisi** Süreç veya kaynak çıkışı değerlendirme gerektirebilir.	İstenen ayarı ve iş kaydını saklayın. Dış optik kontrollerini güvenli durumda yapın; güç ölçümünü bölüm 14.7 ile servise bırakın. Alarmın kesin nedeni kod/model belgesine bağlıdır. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR
5	**İletişim kategorisi** Kontrol ile kaynak haberleşmesi kesilmiş olabilir.	Hangi cihazın hazır olmadığını ve son değişikliği kaydedin. Dıştan kablo hasarı varsa bildirin. Kabin açmayın; haberleşme veya bus yapılandırmasını değiştirmeyin. Enerji çevrimini yalnız üretici izin verirse uygulayın. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR
6	**Yeniden başlama kararı** Sıfırlama, nedenin giderildiğini kanıtlamaz.	Neden tanımlanıp giderildikten sonra üreticinin izin verdiği sıfırlama ve hazır durum kontrolünü uygulayın. Tekrar eden veya anlamı bilinmeyen alarmda kesime geçmeyin; Ek E kaydını servise gönderilecek biçimde hazırlayın. 5–10 DK / SERVİS

Dikkat

Alarm ve koruma girişlerini köprülemeyin. Sırf ekran temizlensin diye arka arkaya sıfırlama/enerji çevrimi yapmayın.

Neden? Aynı genel alarm kategorisinin farklı modellerde farklı neden ve çözümü olabilir.

Son kontrol: Kaynak ve yardımcı sistemler hazır olduğunda, üretici/servis talimatıyla kontrollü deneme yapın; tekrarında durdurun.

17.8 Chiller alarmları

Amaç: Akış, sıcaklık ve seviye uyarısını kaynağa zarar vermeden değerlendirmek.

Gerekenler: Chiller model belgesi, kaynak/kafa soğutma şartları, alarm kaydı ve uygun su bilgisi.

1	**Kesimi durdurun** Soğutma doğrulanmadan lazer çalışmamalıdır.	Alarmın tam kodunu/metnini, hangi devrede oluştuğunu ve gösterilen değerleri kaydedin. Akış, sıcaklık veya seviye sınıflamasını üretici belgesiyle doğrulayın. HEMEN · 1–2 DK
2	**Akış** Düşük seviye, ezilmiş hortum veya filtre sorunu olabilir.	Kapalı sistemin dış göstergesini, hortum güzergâhını ve kaçak belirtisini inceleyin. Pompa/filtre değerlendirmesini bakım prosedürüyle yapın. Akış anahtarını köprülemeyin ve basınçlı hortumu sökmeyin. 5–10 DK
3	**Sıcaklık** Ayar, havalandırma veya ortam etkili olabilir.	Üretici ayarıyla karşılaştırın; hava girişini, filtreyi ve ortam koşullarını kontrol edin. Kaynak ve kafa devrelerini karıştırmayın. Yoğuşma varsa durdurun; genel bir sabit sıcaklık değeri girmeyin. 5–10 DK
4	**Seviye** Eksilme veya kaçak olabilir.	Seviyeyi üreticinin tanımladığı çalışma/durma durumunda okuyun. İzinli suyla tamamlama ve kaçak kontrolü için bölüm 16.6 kullanın. Tekrarlayan eksilmeyi yalnız doldurarak geçiştirmeyin. 5–15 DK
5	**Kontrollü dönüş** Alarmın kaybolması tek başına yeterli değildir.	Bakım sonrası üretici yöntemine göre hava giderme, seviye, akış ve sızdırmazlığı doğrulayın. Alarm tekrarlarsa pompa, sensör veya soğutma devresi değerlendirmesini servise bırakın. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR

Dikkat

Chiller koruması devre dışıyken kesim yapmayın. Uygun olmayan sıvı veya rastgele katkı eklemeyin.

Neden? Akış ve sıcaklık yeterli görünürken bile yanlış sıvı veya yoğuşma riski bulunabilir.

Son kontrol: Soğutma kararlı, alarm giderilmiş ve kaynak hazırsa üretici sırasıyla denemeye dönün; tüm değerleri kaydedin.

17.9 Gaz basıncı alarmları

Amaç: Besleme, regülatör, hat ve süreç kaynaklı basınç sorununu ayırmak.

Gerekenler: Gaz türü/hat şeması, basınç göstergeleri, üretici sınırları, onaylı süreç ve uygun kaçak kontrol yöntemi.

1	**Gazı ve alarmı doğrulayın** Yanlış gaz/katman seçimi olabilir.	Kesimi durdurun; tam alarmı kaydedin. Seçilen gaz türünü tüp/tank, hat etiketi ve aktif katmanla karşılaştırın. Alarm eşiklerinin anlamını model belgesinden doğrulayın. 2–5 DK

2	**Besleme ve regülatör** Besleme bitmiş, vana kapalı veya regülatör uygun olmayabilir.	Tüp/tank seviyesini ve izinli göstergeleri kontrol edin. Vanaları yalnız eğitimli kişi uygun sırayla kullansın. Regülatörü üretici aralığında kontrol edin; donma/hasar belirtisinde servis isteyin. 5–10 DK
3	**Akıştaki basınç** Statik basınç normal, tüketimde düşük olabilir.	Makinenin güvenli gaz kontrol çevrimiyle, ışın kapalı ve emniyetler sağlanmışken izinli göstergeden basıncı izleyin. Kesim akışında düşüş varsa besleme kapasitesi, filtre veya hat kısıtı bakım personelince değerlendirilsin. 5–10 DK
4	**Filtre, hortum ve kaçak** Tıkanıklık, ezilme veya sızıntı olabilir.	Dıştan hortum ve filtre durumunu kontrol edin. Müdahalede hattı izole edip basıncı boşaltın. Kaçak kontrolünü uygun ürünle yapın; alev kullanmayın. Bölüm 16.7 sırasını uygulayın. 5–15 DK
5	**Sensör ve valf** Basınç uygun görünürken alarm sürebilir.	Göstergeler arasındaki farkı, alarm zamanını ve aktif gazı kaydedin. Sensör kalibrasyonu, basınç anahtarı, valf ve kablo kontrolünü yetkili bakım/servise bırakın; alarm sınırını düşürerek çalışmayın. SERVİS · SÜRE DEĞİŞİR

Dikkat

Gaz kaçağında beslemeyi yalnız güvenle yapılabiliyorsa kapatın ve işletmenin acil durum planını uygulayın. Oksijen hattını yağlamayın; yüksek basıncı çözüm olarak gelişigüzel artırmayın.

Neden? Hattın akış altında davranışı, dururken görülen basınçtan farklı olabilir.

Son kontrol: Kaçak yok, gaz doğru ve akış basıncı uygun olduğunda kontrollü deneme kesin. Alarm tekrarlarsa kaydı servise iletin.

90

Ekler

Hızlı başvuru kartını makine yanında tutun. Formları iş ve bakım kayıtlarıyla saklayın. Üreticinin kullanım ve acil durum talimatları bu eklerle birlikte uygulanır.

Ek A — Makine başı hızlı başvuru kartı

Makine / seri no: _____ **Yetkili operatör:** _____

Açılış ve ilk kesim

Amaç: Makineyi ilk işe hazırlamak. **Gerekenler:** Eğitim, üretici açılış talimatı, onaylı dosya/parametre.

1. Alanı ve emniyetleri kontrol edin. Gaz, chiller ve emişi üreticinin açılış sırasıyla hazırlayın.
2. Makine/kontrol yazılımını açın. Yardımcı sistemlerin hazır, alarmların giderilmiş olduğunu doğrulayın.
3. Alan boşken orijine dönün. Üretici yöntemine göre kapasitif kalibrasyon yapın.
4. Sacı ve dosyayı doğrulayın. Malzeme, kalınlık, katman, gaz, nozul ve fokus kaydını kontrol edin.
5. Simülasyon ve çerçeve yapın. Emniyetler kapalıyken deneme kesin; ölçü/kalite uygunsa üretime geçin.

Günlük kontrol

- Nozul sağlam/temiz; seramik halka çatlaksız.
- Koruyucu cam izinli yöntemle kontrol edilmiş.
- Chiller seviye/akış/sıcaklık uygun; kaçak/yoğuşma yok.
- Gaz doğru; filtre/kurutucu ve basınç uygun.
- Tabla desteği, hareket alanı ve emiş uygun.
- Kalibrasyon, iş dosyası ve süreç doğrulanmış.
- Kontrol sonucu ve uygunsuzluk Ek B'ye yazılmış.

Açılış sırası modele göre değişir; chiller hazır olmadan lazer çalıştırmayın. İlk kurulum/servo ayarı günlük kalibrasyon değildir.

En sık başvurulan 8 arıza: ilk müdahale

Belirti	İlk müdahale	Devamı
Kesmiyor	Durun; cam, nozul ve doğru süreç kaydını kontrol edin.	17.1
Delmiyor	Tekrar tekrar delmeyin; malzeme/kalınlık ve delme kaydını doğrulayın.	17.2
Kafa çarpıyor	Hareketi durdurun; engel, nozul, seramik ve yüzeyi güvenli durumda inceleyin.	17.3
Cam çabuk kirleniyor	Hasarlı camla çalışmayın; gazda su/yağ ve delme sıçramasını araştırın.	17.4
Parça kalkıyor	Kesimi durdurun; destek, mikro bağlantı ve kesim sırasını inceleyin.	17.5
Ölçü / şekil hatası	Soğumuş parçayı ölçün; birim, telafi ve referansı kontrol edin.	17.6
Kaynak / chiller alarmı	Kesimi durdurun; tam kodu kaydedin. Akış, seviye ve yoğuşmayı kontrol edin.	17.7 / 17.8
Gaz basıncı alarmı	Gaz türü ve beslemeyi kontrol edin; alarm eşiğini değiştirmeyin.	17.9

Acil durum

Çarpma, kontrolsüz hareket veya yakın tehlikede acil durdurun. Alanı boşaltın ve sorumlu kişiye haber verin. Yangın/gaz kaçağında işletmenin acil durum planını uygulayın; güvenliyse enerjiyi/beslemeyi ayırın. Yaralanma veya yangında 112'yi arayın. Korumaları aşmayın; neden giderilip yetkili kişi dönüşü onaylamadan yeniden başlatmayın.

Dikkat: Kafaya dokunmadan ışını/hareketi, hatta müdahaleden önce basıncı güvenli ayırın. **Neden?** Hazır kontrolü ve kayıt, aynı hatanın tekrarlanmasını azaltır.

İşletme acil durum sorumlusu / dahili: _____ **Servis iletişimi:** _____

Ek B — Günlük kontrol formu: haftalık 7 gün

Makine / seri no: _____ Hafta başlangıcı: ____ / ____ / ______ Vardiya: ______

Her hücreye **U** (uygun), **D** (durdur/uygunsuz) veya **G** (bu modelde geçerli değil) yazın. G için açıklama belirtin. Yapılmamış kontrolü uygun işaretlemeyin. Uygunsuzluğu giderilmeden ilgili işe başlamayın; müdahaleyi alttaki alana yazın.

Kontrol	Pzt	Sal	Çar	Per	Cum	Cmt	Paz
Tarih / gün	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Çalışma saati göstergesi	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Emniyetler ve acil durdurma: üretici kontrolü	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Nozul: temiz, hasarsız, doğru tip	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Seramik halka: çatlak / gevşeklik yok	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Koruyucu cam: uygun, yuva kapalı	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Chiller: seviye ve akış uygun	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Chiller: sıcaklık uygun, yoğuşma / kaçak yok	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Gaz: tür ve akışta basınç uygun	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Hava: filtre / kurutucu / tahliye uygun	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Tabla / çıtalar / hareket alanı temiz	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Ray / kremayer ve yağlama dış kontrolü	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Duman emiş hazır, filtre uyarısı yok	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Kalibrasyon ve nozul merkezleme uygun	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Dosya / malzeme / katman doğrulanmış	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
İlk parça ölçü ve kesim kontrolü uygun	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Gün sonu temizlik ve kapanış tamam	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Operatör adı / paraf	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Uygunsuzluk / müdahale kaydı

Tarih	Gözlem ve durdurma nedeni	Yapılan işlem / parça	İşi açan yetkili / saat
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

Kabin açma, iç optik ve elektrik ölçümü günlük operatör kontrolü kapsamında değildir. Gözlemi yetkili bakım personeline bildirin. Tamamlanan formu bakım kaydına ekleyin.

Ek C — Parametre değişiklik formu

Makine / seri no: _____ **İş / dosya / revizyon:** _____

Kaynak modeli / güç / çekirdek: _____ **Kafa / nozul:** _____

Başlangıç süreç kaydı / sürüm: _____ **Gaz türü:** _____

Her satırda tek parametreyi kaydedin. Malzeme ve kalınlığı her denemede belirtin. Birimi eski/yeni değerle birlikte yazın: hız (m/dk), basınç (bar), fokus/yükseklik (mm); diğer alanlarda yazılımın tanımladığı birimi kullanın. Alarm veya hasarda denemeyi durdurun.

Tarih / saat	Malzeme	Kalınlık (mm)	Değişen parametre	Eski değer / birim	Yeni değer / birim	Sonuç	Operatör
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Deneme sonucu ve onay

Sonuç alanına tam geçiş, delme, çapak, alt/üst yüzey, ölçü ve varsa alarmı yazın. Fotoğraf veya numune numarası verin. “İyi” gibi tek sözcüklü değerlendirmeyle yetinmeyin.

Ölçü / kabul ölçütü	_____
Fotoğraf / numune no	_____
Karar	Denemeye devam: ____ Üretim için onay: ____ Eski ayara dönüş: ____
Onaylayan / tarih	_____
Yeni süreç kaydı / sürüm	_____

Deneme ile üretim kaydını ayırın

Onaylanmamış sonucu ana kütüphanenin üzerine yazmayın. DOKTEK türetimi değerler ★, “deneme değeri, seri üretim için değil” satırları ◆ ile gösterilir. Bu işaretler deneme ve onay gereğini kaldırmaz.

Ek D — Terimler sözlüğü: Türkçe–İngilizce

İngilizce karşılıklar ekran ve üretici belgelerini okumaya yardım eder. Bir terimin burada bulunması, her yazılımda o işlevin sunulduğu anlamına gelmez; adlar ve kapsam sürüme/modele göre değişir.

Türkçe	İngilizce	Kısa açıklama
Lazer kaynağı	Laser source	Işını üreten birim.
Fiber lazer	Fiber laser	Fiber tabanlı lazer kaynağı türü.
Kesim kafası	Cutting head	Işını işleme bölgesine odaklayan grup.
Çıkış fiberi	Delivery fiber	Işını kaynaktan kafaya taşır.
Fiber çekirdek çapı	Fiber core diameter	Fiberin ışık taşıyan çekirdeğinin çapı.
Nominal güç	Rated power	Etikette belirtilen güç sınıfı.
Güç yüzdesi	Power percentage	Süreçte istenen göreli güç ayarı.
Işın kalitesi	Beam quality	Işının odaklanma davranışıyla ilgili özellik.
Işın parametre çarpımı	Beam parameter product (BPP)	Işın yayılımı ve odaklanmasını tanımlar.
Sürekli dalga	Continuous wave (CW)	Sürekli ışın üretimi biçimi.
Darbeli çalışma	Pulsed operation	Enerjinin darbelerle verilmesi.
Frekans	Frequency	Birim zamandaki tekrar sayısı.
Darbe süresi	Pulse duration	Bir darbenin zaman uzunluğu.
Görev oranı	Duty cycle	Açık sürenin çevrime oranı.
Geri yansıma	Back reflection	İşlemden kaynağa doğru dönen ışık.
QBH bağlantısı	QBH connector	Fiber çıkışındaki optik bağlantı tipi.
Kolimasyon	Collimation	Işının yayılımını düzenleme işlemi.
Kolimasyon lensi	Collimating lens	Kafa optiğindeki ışın düzenleyici lens.
Fokus	Focus	Işının odak durumu veya süreç ayarı.
Fokus lensi	Focusing lens	Işını odaklayan lens.
Odak noktası	Focal point	Işının odaklandığı bölge.
Odak testi	Focus test	Uygun fokusun denemeyle doğrulanması.
Koruyucu cam	Protective window	İç optiği koruyan optik eleman.
Kaplama	Coating	Malzeme veya optik yüzey katmanı.
Nozul	Nozzle	Gazı kesim bölgesine yönlendiren parça.
Tek kat nozul (S)	Single-layer nozzle	Tek kat yapıdaki nozul tipi.
Çift kat nozul (D)	Double-layer nozzle	Çift kat yapıdaki nozul tipi.
Seramik halka	Ceramic ring	Nozul grubundaki seramik parça.
Nozul merkezleme	Nozzle centering	Nozul ve ışın hizasını doğrulama.
Nozul yüksekliği	Nozzle standoff	Nozul ile sac arasındaki mesafe.
Kapasitif sensör	Capacitive sensor	Mesafeyi kapasitif yöntemle algılar.
Kapasitif kalibrasyon	Capacitive calibration	Yükseklik ölçümünü hazırlayan kalibrasyon.
Yükseklik takibi	Height following	Kafanın sac mesafesini izlemesi.
Orijine / referansa dönüş	Homing	Eksenlerin makine referansına dönüşü.
Makine koordinatı	Machine coordinate	Makine referansına bağlı konum.
İş parçası sıfırı	Workpiece zero	İş için tanımlanan başlangıç referansı.
Kenar bulma	Edge finding	Sac kenarının konumunu belirleme.
Çerçeve	Frame	İş sınırını kontrol eden hareket.
Kuru çalıştırma	Dry run	Işınsız takım yolu denemesi.
Simülasyon	Simulation	Takım yolunun ekranda önceden izlenmesi.
Kesim hızı	Cutting speed	Kesim hareketinin hızı; m/dk.
Delme	Pierce / piercing	Kesime başlamak için delik oluşturma.
Kesim aralığı	Kerf	Işının açtığı kesim genişliği.
Kesim aralığı telafisi	Kerf compensation	Kesim genişliğine göre yol düzeltmesi.
Giriş hattı	Lead-in	Kesim konturuna giriş yolu.
Çıkış hattı	Lead-out	Kontur sonundaki çıkış yolu.
Mikro bağlantı	Micro joint	Parçayı tutan kesilmemiş küçük bölüm.
Ortak kenar	Common line	Parçaların paylaşılan çizgiden kesilmesi.
Uçarak kesim	Flycut	Desteklenen özel hızlı kesim yöntemi.
Kurbağa atlaması	Leapfrog	Geçişte kafa kaldırma hareketi yaklaşımı.
Yerleşim	Nesting	Parçaların sac alanına dizilmesi.
Takım yolu	Toolpath	Kafanın izleyeceği işleme yolu.

Türkçe	İngilizce	Kısa açıklama
Kesim sırası	Cut sequence	Kontur ve parçaların işlenme sırası.
İç kontur	Inner contour	Parça içindeki delik/boşluk sınırı.
Dış kontur	Outer contour	Parçanın dış sınırı.
Açık kontur	Open contour	Uçları birleşmeyen geometri.
Çift çizgi	Duplicate line	Üst üste tekrarlanan çizgi.
Katman	Layer	Ortak süreç atanan geometri grubu.
Süreç parametresi	Process parameter	Kesim/delme davranışını belirleyen ayar.
Malzeme kütüphanesi	Material library	Malzemeye bağlı ayar kayıtları.
Duraklatma	Pause	İşi geçici bekletme.
Durdurma	Stop	Çevrimi sonlandırma işlemi.
Kaldığı yerden devam	Resume	Kesintiden sonra kontrollü sürdürme.
İş raporu	Job report	İşe ilişkin üretim kaydı.
Bilgisayar destekli imalat	Computer-aided manufacturing (CAM)	İmalat işi hazırlama yaklaşımı.
Çıktı dönüştürücü	Postprocessor	Yolu hedef makine çıktısına dönüştürür.
CNC	Computer numerical control	Bilgisayarlı sayısal kontrol sistemi.
İnsan–makine arayüzü	Human–machine interface (HMI)	Operatörün makineyle etkileşim ekranı.
Donanım anahtarı	Dongle	Lisans için kullanılan fiziksel anahtar.
Veri yolu	Bus	Kontrol cihazları arasındaki haberleşme altyapısı.
Chiller (soğutucu)	Chiller	Kaynak/kafa için soğutma birimi.
Akış	Flow	Soğutucu veya gazın geçişi.
Su seviyesi	Water level	Depodaki su miktarının göstergesi.
Deiyonize su	Deionized water	İyonları azaltılmış su.
Yoğuşma	Condensation	Nemin soğuk yüzeyde sıvılaşması.
Çiy noktası	Dew point	Yoğuşmanın başlayabildiği sıcaklık.
Kurutucu	Dryer	Hattaki nemi azaltan birim.
Regülatör	Regulator	Gaz basıncını düzenleyen eleman.
Gaz basıncı	Gas pressure	Gaz hattı basıncı; bar.
Filtre	Filter	Akıştaki istenmeyen maddeleri tutar.
Duman emiş	Fume extraction	Kesim dumanını uzaklaştıran sistem.
Tabla çıtası	Support slat	Sac ve parçayı taşıyan tabla elemanı.
Palet	Pallet	Sacın taşındığı/değiştirildiği tabla grubu.
Kremayer	Rack	Doğrusal hareket aktarımındaki dişli eleman.
Ray	Linear guide rail	Eksen hareketini yönlendiren eleman.
Kayış gerginliği	Belt tension	Kayışın üreticiye göre ayarlanan gerginliği.
Servo	Servo drive / servo system	Eksen hareketinin kontrollü sürüş sistemi.
Çapak	Dross / burr	Kesim kenarında kalan istenmeyen birikim.
Cüruf	Slag	İşlemden kalan katılaşmış artık.
Siyah sac	Carbon steel sheet	Kılavuzdaki karbon çeliği sac adı.
Paslanmaz	Stainless steel	Paslanmaz çelik malzeme grubu.
Galvaniz	Galvanized steel	Çinko kaplı çelik sac.
Alüminyum	Aluminum	Kesimde geri yansıma riski bulunan metal.
Pirinç	Brass	Bakır esaslı alaşım malzeme grubu.
Bakır	Copper	Kesimde geri yansıma riski bulunan metal.
Oksijen	Oxygen (O_2)	Sürece uygunluğu doğrulanacak kesim gazı.
Azot	Nitrogen (N_2)	Sürece uygunluğu doğrulanacak kesim gazı.
Basınçlı hava	Compressed air	Kuru ve yağsız olması gereken hava.
Emniyet kilidi	Safety interlock	Tehlikeli çalışmayı koşula bağlayan koruma.
Acil durdurma	Emergency stop	Yakın tehlikede durdurma işlevi.
Seri numarası	Serial number	Cihazın kimlik numarası.
Alarm geçmişi	Alarm history	Önceki uyarıların kaydı.
Çalışma saati	Operating hours	Arayüzün tanımladığı kullanım sayacı.
Güç ölçer	Laser power meter	Optik güç ölçümü için uygun cihaz.

Ek E — Servis için gereken bilgiler

Alarmı sıfırlamadan önce ekran kaydını alın. Servis bildirimi için aşağıdaki alanları doldurun. Fotoğraf çekmek için korumayı açmayın veya makineyi tehlikeli durumda çalıştırmayın. Bu form, servis iletişiminde kullanılacak kayıttır.

Bilgi	Kayıt
İletişim	İşletme / ilgili kişi / telefon: _____
Makine	Marka / model / seri no: _____
Lazer kaynağı	Marka / model / seri no / güç / çekirdek: _____
Kesim kafası	Marka / model / nozul tipi / son cam değişimi: _____
Kontrol ve yazılım	CNC/kart / yazılım adı ve sürümü / yükseklik kontrolörü: _____
Chiller	Model / sıcaklık / akış / seviye / ortam nemi ve sıcaklığı: _____
İş ve malzeme	Dosya / revizyon / malzeme / kalınlık / kaplama: _____
Süreç	Gaz / akışta basınç / hız / fokus / delme-kesim kaydı: _____
Alarm	Tam kod ve metin / kaynak cihaz / tarih-saat / çalışma saati: _____
Belirti	Ne zaman başladı / hangi aşama / her işte mi / tekrar sıklığı: _____
Son değişiklik	Parça / su / filtre / yazılım / süreç değişimi ve tarih: _____
Yapılan kontroller	İzlenen adımlar / gözlem / eski-yeni ayar / sonuç: _____
Makinenin durumu	Durduruldu mu / enerji ayrıldı mı / hasar-kaçak-yoğuşma: _____

Eklenecek görüntü ve kayıtlar

- Alarmın tamamı ve parametre ekranı; kişisel/işe özel gereksiz bilgileri kadraj dışında tutun.
- Kesim numunesinin üst ve alt yüzü; mümkünse ölçü ve kesim yönü işaretli.
- Nozul, seramik halka, cam ve ilgili etiketlerin güvenli durumda çekilmiş fotoğrafı.
- İş dosyası/revizyonu, Ek B–C kayıtları ve varsa önceki güç ölçüm/servis raporu.

> **Modeli bilinmeyen alan**
> Ulaşamadığınız bilgiyi tahmin etmeyin; “bilinmiyor” yazın. Seri etiketi için kapalı kabin veya kaynak kapağı açmayın. Servisin istediği ek testi yalnız uygun eğitim ve üretici yöntemiyle yapın.

Ek F — Kaynakça

İlgili standartlar ve mevzuat

- ISO 9013:2017 (+Amd 1:2024) — Kesim yüzeyinin u/Rz5 aralıklarını ve ölçü tolerans sınıflarını tanımlar.
- IEC 60825-1 — Lazer ürünlerinin sınıflandırılmasını ve ürün güvenliği gereklerini tanımlar.
- IEC 60825-4:2022 — İşlem bölgesini çevreleyen lazer koruyucu muhafazaları ele alır.
- ISO 11553-1:2020 — Lazer işleme makinelerinde lazer ışınımı güvenliğini ele alır; EN 12626’nın yerini alan seridir.
- EN 207:2017 — Lazer gözlüğünde dalga boyu, çalışma modu ve LB koruma işaretini tanımlar.
- EN 12254 — Düşük güçlü lazer çalışma yerlerinin ekran ve perdelerini kapsar; kW makinenin birincil koruması değildir.
- ISO 14175 — Lazer kesim dahil yardımcı gazları ve karışımlarını sınıflandırır.

- ISO 8573-1 — Basınçlı havanın parçacık, su ve yağ kalite sınıflarını tanımlar.
- ISO 11146-1 — Işın genişliği, ıraksama ve ışın yayılım oranının ölçüm yöntemlerini tanımlar.
- (AB) 2023/1230 — 20 Ocak 2027'den itibaren uygulanan AB makine uygunluk ve talimat çerçevesidir.
- Makine Emniyeti Yönetmeliği — Türkiye'de makine uygunluğu ve talimat şartlarını düzenler; RG 16 Ekim 2026 / 33402.
- ISO 230-2:2014 (+Amd 1:2016) — Sayısal kontrollü eksenlerin konumlama doğruluğu ve tekrarlanabilirliğini doğrudan ölçmeyle sınar.
- EN 1093 — Makinelerin hava yoluyla tehlikeli madde emisyonunu değerlendirir; bağlantı ISO 11553-1:2020 §4.1 atfınadır.
- ISO 14123 — Makineden yayılan tehlikeli maddelerden doğan riskleri ele alır (Bölüm 1–2); bağlantı ISO 11553-1:2020 §4.1 atfınadır.
- ISO 21904-2:2020 — Kaynak ve benzeri proses dumanını ayıran ekipmanın ayırma verimi testini ve işaretlemesini tanımlar; tek kartuş testi değildir.

ISO 9013:2017/Amd 1:2024 · ISO 9013:2017 (u, Rz5) · Linde · Messer · Raytools BM115 · BEKO · EN 12626 · EN 207 / CE · ABB · Pilz

1. **Maxphotonics MFSC/MFMC kesim verisi**
   https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf
   Üretici PDF'sinin yerel metin kopyası: kaynak_veri/max_mfsc_500-6000W.txt. 1/1,5/2/3/4 kW ana veri. Kopyalanmış 500W dipnotları sayfa başlığıyla karşılaştırıldı.; Çevrimdışı kullanılan metin: kaynak_veri/max_mfsc_500-6000W.txt. URL yerel brief_A.md içinde verilmiştir; bu çalışmada ağdan açılmadı. 07, 08 ve 11'de reçete aileleri, fokus, nozul, optik koşullar ve kalın O_2 satırlarında azaltılmış güç açıklamaları için kullanıldı. B kesim hız tablosu üretmez; tam satırlar bölüm 9'dadır. Belge bakır delme/kesim reçetesi sağlamaz.
2. **KRRASS 3000W kesim parametreleri**
   https://www.krrass.com/3000w-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/
   Yerel HTML. Yalnız Max 3 kW tablosunda eksik 1–2 mm siyah sac N_2 satırları.
3. **KRRASS 6000W kesim parametreleri**
   https://www.krrass.com/6000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters/
   Yerel HTML. Üç tablodan 50 µm tek modül tablosu seçildi. 8/10 kW ara değerin alt komşusu.
4. **KRRASS 12 kW kesim parametreleri**
   https://www.krrass.com/12kw-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/
   Yerel krrass_12kW_50um.html; 50 µm, 100/125. 6 mm pirinçte bozuk hız hücresi atlandı; veri_raporu.md'ye yazıldı.
5. **KRRASS 15000W kesim parametreleri**
   https://www.krrass.com/1500w-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/
   URL etiketi 1500W; içerik 15000 W ve 100 µm çok modül. Aynı anahtarlı alternatif reçeteler korunur.
6. **bestsheetmetalmachine 4000W kesim parametreleri**
   https://www.bestsheetmetalmachine.com/4000w-laser-cutting-parameters/
   Yerel HTML. Max 4 kW tablosunda eksik satırları doldurur; bu reçetelerin kafa/optik koşulu ayrıca doğrulanmalıdır.
7. **bestsheetmetalmachine 30000W kesim parametreleri**
   https://www.bestsheetmetalmachine.com/30000w-laser-cutting-parameters/
   Yerel HTML. 30 kW siyah sac/paslanmaz; güç sütunu 20000 W olan alüminyum/pirinç/bakır 20 kW'a ayrılır. Proofing işaretleri ◆ olarak korunur.
8. **Linde — Laser cutting advice**
   https://static.prd.echannel.linde.com/wcsstore/REN_Industrial_Gas_Store/Laser-cutting-advice-EN.pdf
   Yerel metin kopyası. Hız, gaz, nozul, mesafe, malzeme ve optik için teşhis yaklaşımı. CO_2'ye özgü ayna/helium notları fiber sistem talimatı olarak aktarılmadı.; Çevrimdışı kullanılan metin: kaynak_veri/linde_laser_cutting_advice.txt. URL yerel brief_A.md içinde verilmiştir; ağdan doğrulanmadı. Gaz saflığı, akış/basınç, nozul merkezleme, malzeme yüzeyi, çapak ve yanma teşhisi için kullanıldı. 100 ppm ve %0,1 değerleri N_2 içindeki O_2 kirliliğidir. Belgenin CO_2 lazerlere özgü iç ayna, helyum ve polarizasyon önerileri fiber lazer bakım talimatı olarak aktarılmadı.
9. **FSCUT1000S kullanıcı kılavuzu**
   https://purelogic.ru/docs/termicheskaya_rezka/controller-FSCUT1000S_user_manual_en.pdf
   Kullanıcı tarafından verilen başvuru adresi; yerel tam kopya bulunmadığından bu çalışmada sayfa/menü alıntısı doğrulanmadı. Homing, çizim ve kalibrasyon için makinenin gerçek kontrol/BCS100 sürüm kılavuzunu izleyin.

10. **DOKTEK — Türkçe örnek kılavuz v2, 9.2 çapak teşhisi**
    ornek_tr.html

    Yerel proje belgesi. 9.2 içeriği bölüm 13.2'ye taşındı; çizgi izleri, kenar konikliği ve ölçü hatasıyla genişletildi. Tek parametre yaklaşımı ve küçük deneme adımları korundu. Örneğin kesim hız tabloları kopyalanmadı.; Bölüm 17.1 için kontrol sırası ve steps/pill yapısı alınmıştır. Başlık 17.1, odak testi atfı bölüm 11 olarak güncellendi. Örnekteki sayısal kesim değişimleri, gaz saflığı ve genel sıcaklık aralığı doğrulanmış bilgi sınırı nedeniyle aktarılmadı; merkezleme üreticinin korumalı test yöntemine bağlandı.

11. **DOKTEK — Türkçe örnek kılavuz v1, galvaniz ve fokus**
    ornek_tr_v1.html

    Yerel proje belgesi. Galvanizde çinko dumanı, koruyucu cam kirlenmesi ve O_2 kullanmama uyarıları bölüm 10.3'e; +/0/– fokus şeması bölüm 11.1'e uyarlanıp genişletildi. Örnekteki sayısal hız ve gaz tabloları aktarılmadı.

12. **DOKTEK — Çalışma B içerik briefi ve ortak yazım kuralları**
    brief_B.md

    Yerel kapsam belgesi; KILAVUZ_YAZIM_KURALLARI.md ile birlikte uygulandı. Nesting/yazılım kapsamı, teknikler, genel gaz/saflık ve hava hazırlama aralıkları, 50/100 µm karşılaştırması, genel yükseklik aralıkları ve delme frekansı/duty açıklamasının dayanağıdır. Bu genel açıklamalar üretici tarafından onaylanmış makine reçetesi değildir. Yazılım özellikleri sürüm/lisans ve post işlemciyle doğrulanmalıdır.

13. **Çalışma C — doğrulanmış bilgiler ve bölüm kapsamı**
    brief_C.md

    Kullanıcının sağladığı yerel doğrulama özeti. Bölüm 14–17 ve eklerdeki marka/yazılım tanımları bu sınırla hazırlanmıştır. Ağ kullanılmadı; üretici belgeleri çevrimiçi açılmadı. Menü yolları, alarm kodları ve model kapasitesi türetilmedi.

14. **Maxphotonics MFSC-500–6000 W — yerel kesim verisi**
    kaynak_veri/max_mfsc_500-6000W.txt

    Yerel metnin başlangıcındaki fiber çekirdek ve optik koşulları notları incelendi. Farklı ekipman/ortam için verinin referans niteliği dikkate alındı. Bu çalışmada dosyadan sayısal kesim parametresi aktarılmadı; parametre tabloları bölüm 9 üzerinden kullanılacaktır.

15. **DOKTEK ortak yazım ve teknik kuralları — TR, Sürüm 1.0**
    KILAVUZ_YAZIM_KURALLARI.md

    Türkçe terimler, prosedür yapısı, HTML parça biçimi, bölüm numaraları ve fotoğraf/ekran yer tutucuları için yerel yazım kaynağı. Bakım süreleri iş planlaması tahminidir; model talimatı yerine geçmez.