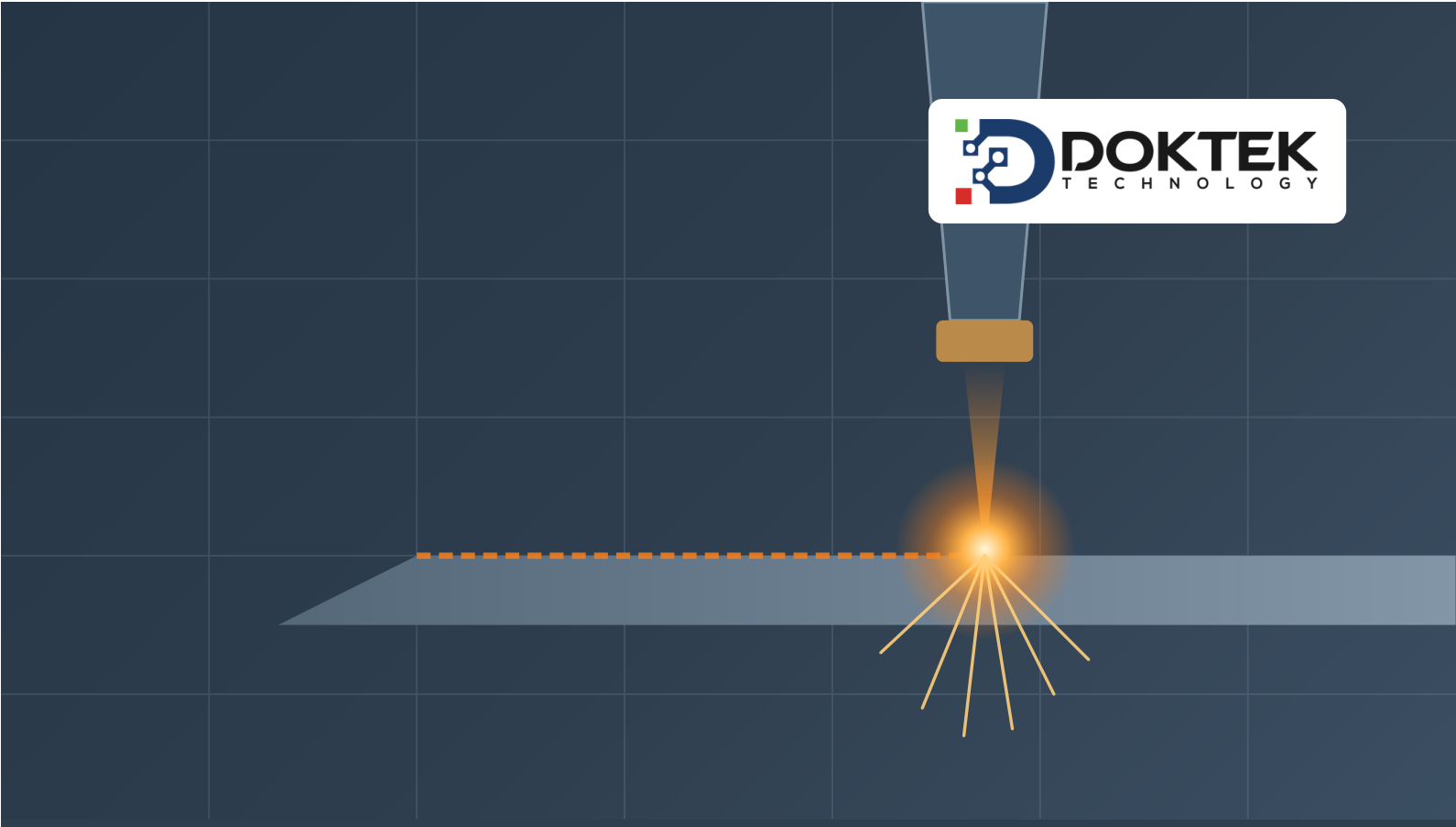


دليل المشغّل والمستخدم

# دليل القطع بليزر الألياف (Fiber Laser Cutting)

اختيار الغاز، وجداول القدرة والسرعة، وضبط البؤرة والفوهة، والصيانة، والسلامة، و«ماذا تفعلون إذا لم ينفذ القطع» — من 1 kW إلى 30 kW.

kW 30 – 1 · Raycus · Max · IPG · Reci

فولاذ كربوني · مقاوم للصدأ · فولاذ مجلفن · ألومنيوم · نحاس أصفر · نحاس

العربية · AR

| 19 | 6 | 12 | خطوة بخطوة |
|---|---|---|---|
| قسمًا وملاحق | مواد | جدول قدرة، 1 – 30 kW | تشخيص الأعطال |

**DOKTEK Technology**
حي أكشمة، شارع 2017، رقم: 20020/15 A، مركز أفندي / دنيزلي
Salih Akkaya: +90 542 525 11 59 · İbrahim Küçükoğul: +90 530 891 44 04
info@doktek.com · doktek.com

**الإصدار 1.0**
نوفمبر 2026 · AR

# المحتويات

أرقام الصفحات تخص المتن بعد الغلاف.


**00 كيف تستخدمون هذا الدليل؟ 3**

0.1 لمن هذا الدليل، ومن أين تبدأون؟ 3

0.2 الرموز والمربعات 4

0.3 المسؤولية والإصدار 4

0.4 من أين تأتي جداول المعلمات؟ 5

**01 السلامة 6**

1.1 ليزر الفئة 4 والانعكاس 6

1.2 الحريق والأدخنة والغبار 7

1.3 الغازات والهواء المضغوط 8

1.4 الكهرباء والحركة وLOTO أثناء الصيانة 9

1.5 التخويل ومعدات الوقاية الشخصية وفحص السلامة اليومي 10

**02 تعرّفوا إلى الماكينة 11**

2.1 البنية العامة للنظام 11

2.2 وظيفة كل جزء وفحص المشغّل 13

2.3 البنية الداخلية لرأس القطع 14

2.4 رأس ببؤرة يدوية ورأس ببؤرة تلقائية 15

2.5 المبرّد: دائرتان ودرجة الحرارة والتكاثف 16

2.6 الطاولة والمنصّة والتجهيزات المساعدة 17

**03 التشغيل والرجوع المرجعي والمعايرة والإيقاف 18**

3.1 تسلسل التشغيل الآمن 18

3.2 الرجوع المرجعي: تحديد مرجع الماكينة 19

3.3 المعايرة السعوية للارتفاع 20

3.4 تسلسل الإعداد الأول وتمركز الفوهة 21

3.5 التشغيل الجاف وفحص الإطار 22

3.6 الإيقاف والتجمّد وما بعد التوقف الطويل 23

**04 سير العمل من الرسم إلى القطع 24**

4.1 خطّطوا للعمل كاملًا 24

4.2 إعداد DXF / DWG 25

4.3 الاستيراد والطبقة والمعلمات 26

4.4 مسارا الدخول والخروج 27

4.5 تعويض شق القطع والوصلة الدقيقة 28

4.6 تسلسل القطع وتوزيع الصاج واكتشاف الحافة 29

4.7 المحاكاة والبدء والاستئناف 30

4.8 إخراج القطع وفحص القطعة الأولى والتسجيل 31

**05 التعشيق (Nesting) 32**

5.1 هدف التوزيع والمصطلحات 32

5.2 التعشيق التلقائي واليدوي 32

5.3 تباعد القطع وهامش الحافة والاتجاه 33

5.4 الحافة المشتركة وقطعة داخل الثقب 33

5.5 تسلسل القطع والتوزيع الجيد 34

5.6 تسجيل الصاج المتبقي وإعادة استخدامه 35

5.7 تقسيم الهيكل المتبقي وحساب الاستغلال 35

5.8 برامج التعشيق والفحص النهائي 35

**06 تقنيات القطع 37**

6.1 اختيار مسار الدخول والخروج 37

6.2 الوصلة الدقيقة والجسر 37

6.3 معالجة الزوايا ومنحنى القدرة–السرعة 38

6.4 الثقوب الصغيرة 38

6.5 القطع الطائر (Flycut) 38

6.6 القفز الضفدعي (Leapfrog) 40

6.7 الثقب المسبق ونقطة التبريد والتسلسل 40

6.8 إدخال تقنية جديدة إلى التشغيل 40

6.9 ملاحظة موجزة عن قطع الأنابيب 41

**07 اختيار الغاز 42**

7.1 كيف يعمل الأكسجين والنيتروجين والهواء؟ 42

7.2 النقاء وتجهيز الهواء المضغوط 42

7.3 اختيار مصدر الغاز 43

7.4 اختيار الغاز بحسب المادة 44

7.5 تأخير الغاز وتطهير الخط 45

7.6 تقييم كلفة الغاز 45

7.7 فحص بداية الوردية 46

**08 اختيار القدرة 47**

8.1 العلاقة بين القدرة والسماكة والسرعة 47

8.2 قراءة ملخّص السماكة القصوى 47

8.3 القدرة وديناميكا الماكينة في الصاج الرقيق 48

8.4 $O_2$ وبنية الشعاع في الفولاذ الكربوني السميك 48

8.5 قائمة فحص اختيار القدرة الصحيحة 48

8.6 العمل بقدرة 12–30 كيلوواط 49

**09 جداول معلمات القطع 51**

9.0 كيفية قراءة الجداول 51

9.1 1 kW (1000 W) 53

9.2 1.5 kW (1500 W) 55

9.3 2 kW (2000 W) 57

9.4 3 kW (3000 W) 59

9.5 4 kW (4000 W) 61

9.6 6 kW (6000 W) 63

9.7 8 kW (8000 W) ★ 66

9.8 10 kW (10000 W) ★ 69

9.9 12 kW (12000 W) 72

9.10 15 kW (15000 W) 75

9.11 20 kW (20000 W) ★ 78

9.12 30 kW (30000 W) 81

**10 ملاحظات خاصة بالمواد 83**

10.1 الفولاذ الكربوني: S235 وS355 83

10.2 المقاوم للصدأ: 304 و316 والغشاء الواقي 83

10.3 المجلفن: راعوا طلاء الزنك 84
10.4 الألومنيوم: أكسيد السطح والزوائد 84
10.5 النحاس الأصفر والنحاس: الانعكاس المرتد 84
10.6 الصاج المطلي والمكسو 85

**11 البؤرة والفوهة والارتفاع 87**
11.1 إشارة البؤرة: + / 0 / − 87
11.2 إجراء اختبار البؤرة 87
11.3 البؤرة التلقائية والبعد البؤري للعدسة 88
11.4 نوع الفوهة وقطرها 88
11.5 التمركز باختبار الشريط اللاصق (Tape Test) 89
11.6 ارتفاع الفوهة والمستشعر السعوي 89
11.7 تمييز الانحراف والتسجيل 90

**12 الثقب 91**
12.1 اختيار طريقة الثقب 91
12.2 الارتفاع والمدة والتردد ونسبة التشغيل 92
12.3 التناثر والثقب المسبق في الصاج السميك 92
12.4 الانتقال من الثقب إلى القطع 93
12.5 جدول مشكلات الثقب 93
12.6 تسجيل وصفة الثقب 94

**13 جودة القطع وتشخيص العيوب 95**
13.1 قائمة فحص الجودة 95
13.2 الزوائد وعيوب الحافة — جدول التشخيص 97
13.3 قاعدة المعلمة الواحدة وحجم الخطوات 98
13.4 أمثلة صور العيوب 99

**14 مصادر الليزر 101**
14.1 ماذا يفعل مصدر الليزر؟ 101
14.2 القدرة وقطر القلب وجودة الشعاع 101
14.3 Raycus و(Max) Maxphotonics وRecig IPG 102
14.4 بنية الوحدة المفردة والوحدات المتعددة 102
14.5 نقل المعلمات إلى مصدر آخر 103
14.6 الظروف المحيطة وصيانة المصدر 103
14.7 قياس القدرة ومتابعة الأداء 104
14.8 سجل المصدر للضمان والخدمة 104

**15 أدلة البرامج 105**
15.1 سير العمل المشترك والمصطلحات 105
15.2 CypCut 107
15.3 CypOne 108
15.4 HypCut وCypNest 109
15.5 سلسلة Raytools XC3000 110
15.6 Ermaksan Fibermak 111
15.7 Durma HD-FL — Siemens 112
15.8 برامج أخرى وتدفق الملف من CAM إلى الماكينة 113

**16 الصيانة 115**
16.1 خطة الصيانة والمسؤولون 115
16.2 استبدال الفوهة 116
16.3 استبدال الحلقة السيراميكية (Ceramic Ring) 116
16.4 فحص الزجاج الواقي وتنظيفه واستبداله 117
16.5 عدسات التركيز/الموازاة والتحقق بعد الصيانة 118
16.6 صيانة المبرّد (Chiller) 119
16.7 صيانة خط الغاز والهواء 120
16.8 الصيانة الميكانيكية: القضبان والجريدة المسنّنة والسير والطاولة 121
16.9 شفط الأدخنة وخزانة الكهرباء 122

**17 استكشاف الأعطال وإصلاحها 123**
17.0 فهرس الأعراض 123
17.1 لا يقطع / لا ينفذ المادة 124
17.2 لا يثقب 124
17.3 اصطدام الرأس / تحذير مستشعر الارتفاع 125
17.4 الزجاج الواقي يتّسخ سريعًا / يحترق 126
17.5 القطعة ترتفع / تنقلب 126
17.6 خطأ أبعاد / انزياح الشكل 127
17.7 إنذارات مصدر الليزر 128
17.8 إنذارات المبرّد 128
17.9 إنذارات ضغط الغاز 129

**90 الملاحق 130**
الملحق A — بطاقة مرجع سريع بجانب الماكينة 130
الملحق B — استمارة الفحص اليومي: 7 أيام أسبوعية 131
الملحق C — استمارة تغيير المعلمات 132
الملحق D — مسرد المصطلحات: عربي–إنجليزي 133
الملحق E — المعلومات اللازمة للخدمة 135
الملحق F — المراجع 135

00

# كيف تستخدمون هذا الدليل؟

استخدموا هذا الدليل بجانب الماكينة لتجهيزها بأمان، وتحويل العمل من رسم إلى قطعة، وإجراء التجربة الصحيحة.

## 0.1 لمن هذا الدليل، ومن أين تبدأون؟

هذا الدليل لعملاء DOKTEK الذين اشتروا ماكينة قطع بليزر الألياف وللمشغّلين المدرّبين. ويمكن لمسؤول المنشأة وفريق الصيانة ومسؤول الجودة استخدام لغة الفحص نفسها. إذا كانت هذه تجربتكم الأولى، فلا تبدأوا القطع بمجرد فتح جدول المعلمات (Parameters). اقرأوا أولًا السلامة، وأجزاء الماكينة، وتسلسل التشغيل.

| احتياجكم | مسار القراءة | النتيجة المتوقعة |
|---|---|---|
| التدريب الأول / مشغّل جديد | 01 ← 02 ← 03 ← 04؛ ثم تطبيق تحت الإشراف | تعرّفوا إلى الإيقاف الطارئ (Emergency Stop)، وحدود منطقة العمل، والبدء الآمن. |
| مادة جديدة / سماكة جديدة | 07 ← 08 ← 09 ← 10 ← 11 ← 12 | تحققوا من الغاز ووصفة التشغيل (Recipe) وطريقة الثقب (Piercing). |
| تدهورت جودة القطعة | 13؛ ثم 11 و12 و17 | انتقلوا من العيب الظاهر إلى تجربة مضبوطة. |
| بداية الوردية / نهايتها | 03 و16 واستمارات الفحص في 90 | جهّزوا الماكينة بالتسلسل نفسه وسجّلوا حالتها. |
| البرنامج يبدو مختلفًا | 15 ودليل برنامج ماكينتكم | اعثروا على الوظيفة نفسها في إصداركم. |

يشير الرقم الكبير في بداية القسم إلى الموضوع الرئيسي. يسرد الفهرس القسم الرئيسي والعنوان الفرعي. يبدأ ترقيم الصفحات من 1 بعد الغلاف. ينقلكم الرابط إلى العنوان الفرعي المعني؛ وفي النسخة المطبوعة اعثروا على الرقم في الفهرس.

### اقرؤوا ثلاثة أنواع من المعلومات معًا

**الشرح** يوضّح وظيفة الجزء. **الإجراء** يحدّد تسلسل التنفيذ. **تنبيه** يحدّد المربع شرط إيقاف العملية. وتشرح فقرة «لماذا؟» الخطأ الذي يمنعه الفحص.

قبل استخدام قيمة من الجدول، حدّدوا قدرة مصدر الليزر (Laser Source)، وقلب الليف (Fiber Core)، وطراز رأس القطع (Cutting Head)، والنسبة البصرية (Optical Ratio) لماكينتكم. لا تخمّنوا مواصفات جزء تعذّرت قراءة ملصقه. استخدموا سجل بدء التشغيل أو معلومات خدمة DOKTEK.

المساحات ذات الخطوط المتقطعة في هذا الدليل مواضع لصور أو لقطات شاشة ستُضاف من ماكينة DOKTEK. توضّح رسومات SVG الوظيفة؛ وهي ليست رسومات تصنيع بأبعاد المنتج الفعلية. قد يختلف ترتيب الشاشة وأسماء القوائم باختلاف الإصدار.

## 0.2 الرموز والمربعات

| الرمز | معناه | كيف تتصرفون؟ |
|---|---|---|
| ★ | قيمة مشتقة أو وسيطة من DOKTEK | لا تعتبروها قياسًا من المصنّع؛ تحققوا منها بقطع تجريبي. |
| ◆ | قيمة تجريبية من المصنّع | لا تستخدموها وصفةً للإنتاج المتسلسل. |
| S | فوهة أحادية الطبقة (Single-layer Nozzle) | تحققوا من القطر وتوافق الرأس معًا. |
| D | فوهة مزدوجة الطبقة (Double-layer Nozzle) | لا تفترضوا تكافؤها مع S حتى إن تساوى القطر. |
| 0 / − / + | البؤرة (Focus): فوق السطح / داخل المادة / السطح العلوي | قارنوا اتجاه الإشارة في البرنامج بتعريف المصنّع. |
| $O_2$ | البرتقالي: الأكسجين | لا تلوّثوا خط الأكسجين بالزيت أو الشحم. |
| $N_2$ | الأزرق: النيتروجين | تذكّروا خطر الاختناق في الأماكن المغلقة. |
| الهواء | الرمادي: الهواء المضغوط (Compressed Air) | تحققوا من أن الإمداد جاف وخالٍ من الزيت ومرشّح. |

ألوان الغازات هنا لتسهيل القراءة؛ وهي ليست ألوان الأسطوانات أو معيار الأنابيب أو رموز توصيل الخراطيم. حدّدوا الغاز في الموقع من ملصقه وتعريف الشبكة. اللون وحده لا يكفي للتعرّف إليه.

**! تنبيه**

يشير إلى حالة قد تسبب إصابة أو حريقًا أو تلفًا للماكينة. أزيلوا الخطر أولًا.

**✓ نصيحة**

تساعدكم على تنفيذ العمل الصحيح باتساق أكبر. لا تحل محل فحص السلامة.

**i معلومة**

تشرح اختلافًا في التجهيز أو المصطلح أو التطبيق. وتحدّد الدليل الذي ينبغي الرجوع إليه عند وجود أكثر من طريقة صحيحة.

## 0.3 المسؤولية والإصدار

**القيم إرشادية؛ الأولوية لجدول مصنّع ماكينتكم وتوصية خدمة DOKTEK.** قد تتغير النتيجة بتغيّر دفعة المادة وجودة الغاز وحالة البصريات والبرنامج والضبط الميكانيكي. لا يحل جدول المعلمات محل تدريب السلامة أو تقييم مخاطر المنشأة أو تعليمات الصيانة المعتمدة.

**الإصدار 1.0 · العربية · نوفمبر 2026.** سجّلوا الرقم التسلسلي ونظام التحكم ومسؤول وصفات التشغيل المحلي في النسخة المستخدمة بجانب كل ماكينة. احفظوا الإعداد الناجح مع التاريخ ومعلومات المادة؛ ولا تستبدلوا الوصفة الأساسية بتغيير غير مضبوط.

## 0.4 من أين تأتي جداول المعلمات؟

ميّزوا بين نهجين. في نموذج مكتبة الشركة المصنّعة المغلقة، توفر TRUMPF جداول تقنية الليزر (LTT) المختبرة على الماكينة وتحسيناً موجّهاً. الجدول في مساعدة Amada AP100 بيانات مرجعية للقراءة فقط؛ ويتطلب التحرير صلاحية خاصة. لا يوضح المصدر صلاحية المستخدم في الكتابة فوق جداول TRUMPF. في نموذج المكتبة المفتوحة، يتيح CypCut تعديل معلمات الطبقات وحفظها في مكتبة المواد؛ ويوفر Raytools XC3000 الاستيراد والتصدير ضمن شجرة المادة ← السماكة.

اقرؤوا أساس كل جدول كاملاً: الجهة الناشرة وتاريخ الوثيقة، وطراز مصدر الليزر وقدرته، وقطر قلب الليف، وطراز الرأس، والأطوال البؤرية لبصريات الموازاة والتركيز. تنتمي المادة ونقاوة الغاز وضغطه والفوهة إلى مجموعة الشروط نفسها. لا تفترضوا التكافؤ عند نقص المعلومات؛ بل تحققوا منها مع الشركة المصنّعة. تساوي القدرة لا يعني تساوي البصريات.

تورد Raycus أقطار قلب ليف الخرج القياسية التالية. وهي لا تصف جميع طرازات Raycus أو تجهيزات كل جدول في هذا الدليل؛ اعتمدوا وثيقة الطراز المركّب.

| القدرة | قطر القلب في مذكرة **Raycus** |
|---|---|
| ≥ 1 kW | 25 µm |
| 1.5 / 2 / 3 kW | 50 µm |
| 4–20 kW | 100 µm |
| 30 kW | 200 µm؛ خيار 150 µm |

حافظوا على قيد الشركات المصنّعة «للمرجع فقط». تطلب Bodor ضبط القيم وفق نتائج القطع الفعلية؛ ويشير CypCut إلى اختلاف المعلمات باختلاف مصدر الليزر وتجهيز الغاز. لا تعتبروا الجدول ضماناً للإنتاج المتسلسل على ماكينتكم.

احفظوا وصفة القطع التي اختبرتموها على ماكينتكم كسجل مستقل في مكتبة موادكم. احتفظوا ببيانات المادة والسماكة والغاز والرأس والبصريات والفوهة مع النتيجة. حافظوا على جدول البداية؛ وتأكدوا من تطابق الشروط قبل إعادة استخدام إعداد ناجح. قد تختلف أسماء القوائم باختلاف الإصدار.

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

01

# السلامة

تعاملوا مع مخاطر الليزر والحركة والكهرباء والغاز والمعدن الساخن معًا. لا تبدأوا الإنتاج إذا كانت وسائل الحماية معطّلة.

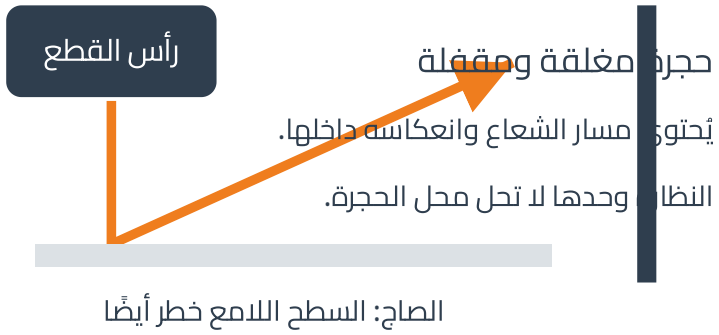
## 1.1 ليزر الفئة 4 والانعكاس

يشكّل مصدر القطع خطر ليزر من الفئة 4 (Class 4). شعاع أنظمة القطع الصناعية بليزر الألياف، في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة نحو 1064–1080 nm، غير مرئي. ضوء التأشير الأحمر المرئي ليس شعاع القطع نفسه. عدم رؤية لمعان لا يعني غياب الشعاع. قد يسبب الشعاع المباشر والانعكاس المرآوي والتشتت الخطر أذى بالغًا للعين أو الجلد.

وفق IEC 60825-1، قد تكون الماكينة المغلقة ذات الأقفال المتشابكة والحماية المتحقق منها من الفئة 1 أثناء الاستخدام العادي؛ لكن مصدر الليزر داخلها من الفئة 4. تتغير شروط الوصول عند فتح المقصورة أو أثناء الصيانة. لا تتحققوا من الشعاع بالنظر إلى منطقة القطع أو الفوهة أو السطح العاكس.

### ميّزوا بين المقصورة والستارة

يعالج ISO 11553-1:2020 سلامة إشعاع الليزر في ماكينات المعالجة بالليزر؛ وقد حلت هذه السلسلة محل EN 12626. اعتمدوا IEC 60825-4:2022 للحواجز الواقية المحيطة بمنطقة المعالجة. يقتصر نطاق ستائر EN 12254 على قدرة متوسطة لا تتجاوز 100 W أو 30 J لكل نبضة؛ فلا تستخدموها حماية أساسية لماكينة قطع بقدرة kW. لا يغطي ISO 11553-1:2020 الأخطار الأخرى مثل الدخان والحريق؛ عالجوها بصورة منفصلة في تقييم مخاطر المنشأة.




رسم تخطيطي. قد يتغير اتجاه الانعكاس الفعلي وشدته أثناء القطع.

### حماية العين والجلد

لا تكفي الكثافة البصرية (OD) وحدها. استخدموا نظارات ليزر تحمل علامة EN 207:2017. توضح العلامة الطول الموجي ونمط التشغيل ومستوى الحماية LB؛ مثلًا D LB6 1064 nm مثال لعلامة منتج للموجة المستمرة (D)، وليس توصية اختيار لكل ماكينة. اطلبوا من مسؤول سلامة الليزر التحقق من مستوى LB الملائم للطول الموجي الفعلي ونمط التشغيل وتقييم التعرض. لا تعتبروا النظارات الملونة العادية أو قناع اللحام أو النظارات الشمسية بديلًا مكافئًا. افحصوا الخدوش والتشققات والأوساخ وثبات النظارات.

لا تستبدلوا نافذة مراقبة الحجرة بزجاج أو بلاستيك عادي. يلزم معًا توافق الحماية مع الطول الموجي وسلامة الإطار والإحكام. أبلغوا المسؤول بتلف النافذة أو اسوادها أو تعذّر قراءة علامتها. تُجرى خدمة الشعاع المكشوف فقط في منطقة يحدّدها الفريق المخوّل.

### الأبواب وأقفال الأمان

لا تتجاوزوا (Bypass) الباب أو غطاء الصيانة أو حماية منطقة المنصّة أو أقفال الأمان (Safety Interlocks). لا تتحايلوا على القفل بمفتاح أو مغناطيس أو شريط لاصق أو تدخل برمجي. عند تعطل القفل أوقفوا الماكينة وأبلغوا الخدمة المعتمدة.

**لماذا؟** لا تستطيع العين البشرية الاستجابة بالابتعاد في الوقت المناسب عن الشعاع غير المرئي. تسبق وسائل الحماية الهندسية معدات الوقاية الشخصية.

## 1.2 الحريق والأدخنة والغبار

عالجوا انبعاث المواد الخطرة في الدخان ضمن تقييم المخاطر باستخدام EN 1093 وISO 14123-1/-2، واختبار كفاءة فصل معدات الشفط باستخدام ISO 21904-2:2020؛ وارجعوا إلى إحالات الملحق F.

ينتج الليزر معدنًا ساخنًا وشررًا وخبثًا. أبعدوا الصاج المزيّت والطلاءات المجهولة والكرتون ومواد التغليف وأقمشة التنظيف عن منطقة القطع. افحصوا أسفل الطاولة وصندوق الخبث وفق خطة الوردية. قد يبقى خليط برادة المعدن المتراكمة والزيت والغبار ساخنًا طويلًا؛ وقد يظل متّقدًا بعد انتهاء العمل.

لا تجمعوا غبار الألومنيوم أو غبار المعادن القابل للاحتراق بمكنسة الورشة العامة. يجب أن يناسب نظام الشفط والترشيح خطر الحريق والانفجار للمادة المقصوصة. عند تغيير المادة اتبعوا تعليمات مصنّع المرشّح بشأن خلط غبار المعادن وإدارة الشرر. استخدموا تجميع الغبار الرطب فقط بتصميم مناسب وتعليمات المصنّع.

| المصدر | الخطر | الفحص |
|---|---|---|
| الزيت والطلاء والغشاء الواقي | لهب وأدخنة كثيفة ونواتج تحلل مجهولة | تحققوا من معلومات سلامة المادة وملاءمة الغشاء لليزر. |
| المجلفن / الزنك | أدخنة أكسيد الزنك؛ حمى أبخرة المعادن | استخدموا شفطًا مرشّحًا عند المصدر؛ لا تستنشقوا الأدخنة. |
| الفولاذ المقاوم للصدأ | قد تتكون مركبات معدنية خطرة، منها الكروم VI | وفّروا شفطًا وترشيحًا وتقييم تعرض مناسبًا. |
| النحاس وسبائكه | أدخنة المعادن وعناصر السبائك | اعرفوا تركيب المادة؛ لا تعتمدوا على التهوية العامة. |
| الخبث الساخن والمرشّح | حريق متأخر | لا تسمحوا بالتراكم؛ اتبعوا إجراءات التبريد وإدارة النفايات. |

### التصرف الأول عند الحريق

**الهدف:** احموا الأشخاص وامنعوا انتشار الحادث. **المتطلبات:** خطة حريق المنشأة ومسار إخلاء مفتوح وطفاية مناسبة.

1. أوقفوا القطع واضغطوا الإيقاف الطارئ (Emergency Stop) عند وجود خطر. نبّهوا المحيطين.
2. إذا كان ذلك آمنًا، اقطعوا إمداد الغاز/الطاقة من النقطة الآمنة المحددة في خطة المنشأة؛ لا تدخلوا منطقة الخطر.
3. أطلقوا إنذار الحريق. أخلوا المكان إذا لم تكونوا مدرّبين أو كان مسار الهروب غير آمن.
4. لا يتدخل في الحريق الأولي إلا شخص مدرّب بطفاية مناسبة.

> **! اختاروا فئة الطفاية بحسب المادة**
>
> تتطلب حرائق المعادن القابلة للاحتراق مادة إطفاء مناسبة من الفئة D؛ وليست كل مادة D مناسبة لكل معدن. تختلف الملاءمة للزيت/السوائل القابلة للاشتعال والمواد الصلبة والمعدات الكهربائية. وفّروا أجهزة ذات ملصقات وفق تقييم مخاطر المنشأة. لا تستخدموا الماء أو طفاية عامة عشوائيًا على حريق معدني.

**لماذا؟** قد يزيد فتح الباب الأكسجين وينشر الأدخنة في منطقة العمل. القطع مع شفط معطّل يسمح بوصول أدخنة الحجرة إلى العاملين.

عند تهيّج الحلق أو الصداع أو أعراض تشبه الحمى أو التعرض الكثيف للأدخنة، أوقفوا العمل وانتقلوا إلى منطقة نقية وطبّقوا إجراءات الطوارئ الصحية في المنشأة. لا تتجاهلوا الأعراض بحجة «الاعتياد».

## 1.3 الغازات والهواء المضغوط

$O_2$ غير قابل للاشتعال لكنه يزيد شدة الاحتراق. يسبب تلامس الأكسجين مع الزيت والشحم والمواد غير المتوافقة خطر الاشتعال والحريق/الانفجار العنيف. لا تلوّثوا منظّم الأكسجين أو صمامه أو وصلاته أو قفازاتكم بالزيت. يُحظر تزييت خط الأكسجين أو تنظيف القطع بالأكسجين.

$N_2$ عديم الرائحة؛ وقد يقلل تسربه الأكسجين في مكان مغلق أو منخفض. لا تعتمدوا على التنفس لاكتشافه. يجب تجهيز منطقة تخزين/إمداد النيتروجين بالتهوية، وبمراقبة الأكسجين عند الحاجة، بناءً على تقييم المنشأة. لا تدخلوا منطقة مشتبهًا بها دون حماية لإنقاذ زميل؛ اطلبوا المساعدة الطارئة.

| نقطة الفحص | التطبيق |
|---|---|
| الأسطوانة | ثبّتوها رأسيًا بوسيلة مناسبة. استخدموا عربة مناسبة وواقي الصمام عند النقل. لا تدحرجوا الأسطوانة ولا ترفعوها من المنظّم. |
| منظّم الضغط (Regulator) | استخدموا منظّمًا مُصانًا مناسبًا لنوع الغاز وضغط الإمداد. لا تفرضوا وصلة غير ملائمة باستخدام محوّل. |
| الخرطوم / الأنبوب | ابحثوا عن قطع وحروق وانتفاخ واحتكاك ووصلات مرتخية. لا تشدّوا الصواميل تحت الضغط. |
| اختبار التسرب | استخدموا منتج كشف تسرب مناسبًا للغاز أو طريقة معتمدة. لا تبحثوا عن التسرب باللهب أو باليد. |
| الصمام | افتحوه ببطء وفق تسلسل المصنّع؛ لا تقفوا أمام المنظّم. لا تجبروا صمامًا عالقًا. |
| الهواء | افحصوا الضاغط والمجفّف والمرشّح معًا. لا تتجاوزوا الضغط المسموح لخط الغاز/الهواء. |

### التدخل في خط الغاز

**الهدف:** افتحوا الوصلة بعد تفريغ الطاقة. **المتطلبات:** تخويل ومعدات الغاز الصحيحة وخطة عزل الغاز في المنشأة.

1. أوقفوا القطع. عطّلوا انبعاث الليزر واركنوا الرأس بأمان.
2. أغلقوا صمام الإمداد المعني؛ امنعوا فتحه دون تخويل.
3. فرّغوا ضغط الخط بأمان من نقطة التفريغ المحددة. تحققوا من الصفر على مقياس الضغط ومن عدم عودة الضغط.
4. ركّبوا المعدات المناسبة. بعد الانتهاء افتحوا الغاز بتحكم وأجروا فحص التسرب المعتمد.

> **! لا تنظّفوا بالغاز المضغوط**
>
> لا توجّهوا الهواء/الغاز إلى أجسامكم أو ملابسكم أو أي شخص. يقذف الهواء المضغوط الجسيمات ويؤذي الجلد ويثير الغبار. فرّغوا الضغط المتبقي قبل فتح الخط.

**لماذا؟** إغلاق الصمام لا يفرّغ الطاقة المخزنة داخل الخرطوم. قد تحوّل مادة غير متوافقة مع الأكسجين تسربًا صغيرًا إلى حادث جسيم.

## 1.4 الكهرباء والحركة وLOTO أثناء الصيانة

لا يفتح لوحة الكهرباء أو مصدر الليزر أو مشغّلات السيرفو أو الضاغط إلا العاملون المخوّلون. قد تبقى طاقة في المكثفات حتى بعد فصل المفتاح الرئيسي. التحقق بقياس مناسب من غياب الجهد وانتظار زمن التفريغ المحدد من المصنّع من مهام الكهربائي المخوّل. لا يجسّر المشغّل المصهر ولا يبحث عن الأعطال داخل اللوحة.

التأريض الوقائي ضروري لسلامة الماكينة. يؤثر تلامس الصاج مع الطاولة في القياس السعوي؛ وهذا التلامس لا يحل محل التأريض الوقائي للتجهيز الكهربائي. عند ارتخاء التأريض أو تلف كابل أو رائحة احتراق أو إحساس بصدمة كهربائية، أوقفوا الماكينة وأبلغوا المسؤول المخوّل.

الجسر ومحور Z ومبدّل المنصّات والآليات الهيدروليكية/الهوائية نقاط سحق وانحشار. لا تمدّوا أيديكم داخل حدود الحماية. يجب ألا يوجد أحد تحت المنصّة. استخدموا معدات رفع مناسبة للصاج الثقيل والهيكل المتبقي؛ ولا تستخدموا طاولة القطع منصّةً لنقل الأشخاص.

### القفل ووضع بطاقة التحذير (Lockout/Tagout, LOTO)

**الهدف:** امنعوا التشغيل غير المتوقع وتحرّر الطاقة المخزنة أثناء الصيانة. **المتطلبات:** خطة عزل طاقة خاصة بالمنشأة، وفنيو صيانة مخوّلون، وقفل/بطاقة شخصية، وأدوات تحقق.

1. حدّدوا المهمة. حدّدوا مصادر طاقة الليزر والكهرباء والغاز والضغط الهوائي/الهيدروليكي والجاذبية والأسطح الساخنة؛ وأبلغوا المتأثرين.
2. أوقفوا الماكينة بالتسلسل العادي. افصلوا مصادر الطاقة المعنية من نقاط العزل الفعلية.
3. ركّبوا الأقفال والبطاقات الشخصية. في الصيانة الجماعية طبّقوا طريقة LOTO الجماعية للمنشأة.
4. فرّغوا الضغط؛ وثبّتوا الأجزاء المتحركة/القابلة للسقوط بدعامات ميكانيكية آمنة. انتظروا برودة الأجزاء الساخنة.
5. تحققوا من انعدام الطاقة بالطريقة المعتمدة. إذا لزم اختبار بدء مضبوط، فتأكدوا من أمان المحيط؛ ثم أعيدوا وحدة التحكم إلى وضع الإيقاف.
6. أكملوا الصيانة. أزيلوا الأدوات والدعامات بالتسلسل المحدد، وأعيدوا الحواجز، وأبعدوا الأشخاص.
7. أزيلوا الأقفال فقط وفق الصلاحيات والإجراءات المحددة. أعيدوا الطاقة بتحكم وتحققوا من وسائل الحماية.

> **! الإيقاف الطارئ ليس عزلًا للطاقة**
>
> الإيقاف الطارئ مخصّص لإيقاف الحركة/العملية الخطرة؛ وليس قاطع الطاقة الرئيسي أو القفل الشخصي. ظهور «الشعاع متوقف» في البرنامج لا يكفي وحده للصيانة. لا تزيلوا قفل شخص آخر عشوائيًا.

**لماذا؟** قد تؤدي إعادة ضبط إنذار أو أمر عن بُعد أو دورة تلقائية إلى حركة غير متوقعة. التحقق من انعدام الطاقة أشمل من الضغط على زر.

## 1.5 التخويل ومعدات الوقاية الشخصية وفحص السلامة اليومي

لا يشغّل الماكينة إلا مشغّل مدرّب ومخوّل. يجب أن يشمل التدريب القطع العادي وتغيير الغاز والتصرف عند الإنذار والإيقاف الطارئ وخطة الحريق وتدخلات الخدمة المحظورة. يجري المشغّل الجديد التطبيق الأول تحت الإشراف. أبقوا الزوار في المنطقة الآمنة المحددة.

| معدات الوقاية الشخصية (PPE) | الاختيار / الاستخدام | الحدود |
|---|---|---|
| حماية العين | نظارات مناسبة للصدمات عند إخراج القطع وإزالة الرايش؛ وللمهام المصرح بها مع وصول إلى الليزر، نظارات بعلامة EN 207 وطول موجي ونمط تشغيل ومستوى LB مناسب؛ لا تكفي OD وحدها | لا تحل الحمايتان محل بعضهما؛ لا تنتجوا مع فتح الحجرة. |
| قفازات مقاومة للقطع | فئة مناسبة لنقل الصاج والهيكل المتبقي؛ وملاءمة حرارية إضافية للقطع الساخنة | لا تمنح إذنًا بالاقتراب من الآليات المتحركة. |
| أحذية العمل | حماية مقدمة القدم والنعل؛ ومقاومة انزلاق مناسبة للأرضية | لا تحل محل الرفع الآمن للصاج الثقيل. |
| ملابس العمل | ملابس مغلقة مناسبة؛ دون أكمام فضفاضة أو كُلّي أو أجزاء متدلية | اتبعوا تقييم المخاطر للشرر والمعدن الساخن. |
| حماية السمع | بحسب الضوضاء المقاسة وخطة موقع العمل | يلزم تنظيم عمل يتيح سماع التحذيرات. |
| حماية التنفس | مع تقييم التعرض ومرشّح/قناع مناسب واختبار الملاءمة والتدريب | لا تواصلوا القطع لتعويض تعطل الشفط. |

### فحص السلامة اليومي

**الهدف:** ابدؤوا الوردية ووسائل الحماية تعمل. **المتطلبات:** استمارة الوردية والتخويل وطريقة اختبار السلامة للمصنّع.

1. أخلوا مسارات الهروب ومداخل الطفايات وحدود العمل. ابحثوا أسفل الطاولة عن تراكم قابل للاحتراق وخبث لم يبرد.
2. افحصوا بصريًا الأبواب ونافذة المراقبة والأقفال ومنطقة المنصّة. اختبروا الوظائف فقط بطريقة المصنّع، دون توليد شعاع وفي ظروف آمنة.
3. تحققوا من إمكان الوصول إلى أزرار الإيقاف الطارئ. اتبعوا تسلسل الاختبار وإعادة التشغيل وفق خطة المصنّع؛ ولا تختبروا الحماية بإجراء قطع.
4. افحصوا الشفط/المرشّح والمبرّد (Chiller) وخط الغاز والهواء. سجّلوا أي تسرب أو إنذار أو وصلة مكسورة.
5. تأكدوا من خلو محيط الماكينة من الأشخاص، وعدم وجود قفل صيانة أو مهمة معلّقة من الوردية السابقة.
6. وقّعوا الفحص. أبلغوا المسؤول بالعيب؛ ولا تبدأوا القطع قبل معالجة المخالفة الخطرة.

**بعد الإيقاف الطارئ**

افحصوا الأشخاص وسبب الخطر أولًا. تدوير زر الإيقاف الطارئ وإعادة ضبطه ليس إذنًا بإعادة التشغيل. راجعوا وضع الرأس/الصاج ومرجع المحاور والمنصّة وبقية البرنامج؛ وأكملوا الرجوع المرجعي والمعايرة اللازمين.

**لماذا؟** لا تكون قيمة للفحص الموقّع إلا إذا وثّق فحصًا أُجري فعلًا. إعادة ضبط أعطال السلامة المتكررة بحكم العادة تخفي الخطر.

طبّقوا ممارسات السلامة مع تعليمات أمان الماكينة وتقييم مخاطر المنشأة ومعلومات مورّد الغاز وإجراءات الخدمة المعتمدة.

**التشريعات والمطابقة**

تُطبق لائحة الآلات (EU) 2023/1230 على الماكينات المطروحة في سوق الاتحاد الأوروبي اعتبارًا من 20 يناير 2027. في تركيا نُشرت لائحة سلامة الآلات في الجريدة الرسمية بتاريخ 16 أكتوبر 2026، العدد 33402؛ وتدخل معظم أحكامها حيز التنفيذ في 20 يناير 2027. تحققوا من المتطلبات السارية مع المصنّع/الجهة المختصة وفق تاريخ طرح الماكينة في السوق وسجل تعديلاتها.

وفق اللائحة التركية، يجب أن تكون التعليمات الرقمية قابلة للطباعة أو التنزيل وأن تبقى متاحة على الإنترنت مدة لا تقل عن 10 سنوات. وعند طلب المستخدم يجب توفير نسخة ورقية مختصرة مجانًا خلال شهر واحد. قد تُعد زيادة القدرة أو تغيير وسائل الحماية تعديلًا جوهريًا. هذا المربع لا يمثل حكمًا قانونيًا بالمطابقة؛ تحققوا من تقديم التعليمات وتقييم المطابقة بعد التعديل مع المصنّع/الجهة المختصة.

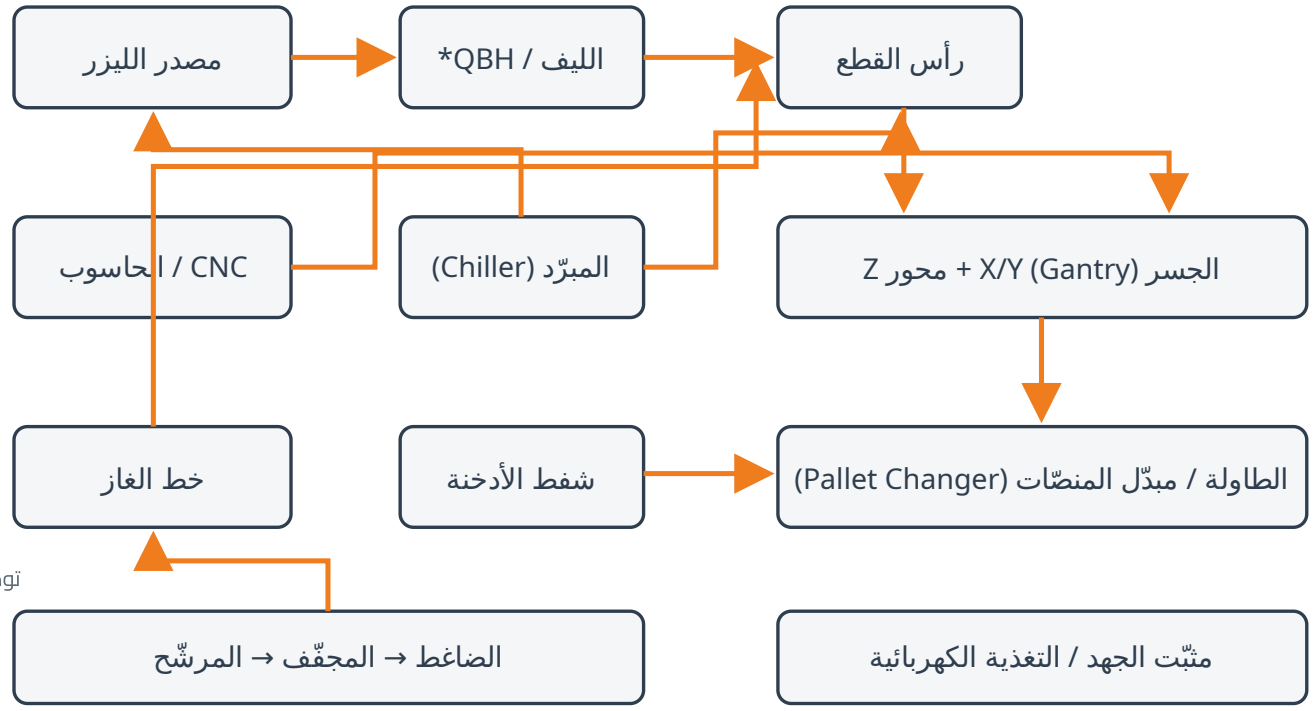
02

# تعرّفوا إلى الماكينة

القطع ليس عمل جهاز واحد. يجب أن تعمل منظومات الشعاع والحركة والتبريد والغاز والشفط بصورة صحيحة في الوقت نفسه.

## 2.1 البنية العامة للنظام

ينتج مصدر الليزر الضوء؛ وينقله ليف التوصيل إلى رأس القطع. يركّز الرأس الشعاع ويوجّه الغاز المساعد (Assist Gas) إلى منطقة القطع. تتبع محاور الجسر X/Y مسار الرسم. وينظّم محور Z المسافة بين الفوهة وسطح الصاج. ينسّق نظام التحكم هذه الحركة مع الشعاع والغاز وتوقيت الثقب.




توضّح

*QBH نوع شائع لوصلة الليف؛ وقد يختلف موضّل الماكينة الفعلي. لا يتدخل المشغّل في الموضّل.

ليست كل المربعات المتتابعة في الرسم مصطفّة ماديًا بالتسلسل نفسه. يبرّد المبرّد المصدر والرأس؛ ويتصل خط الغاز بالرأس؛ ويسحب الشفط الأدخنة من أسفل الطاولة. ينظّم مثبّت الجهد، إن وجد، التغذية الكهربائية. قد يُستخدم الضاغط لوظائف الماكينة الهوائية أيضًا، إلى جانب القطع بالهواء؛ راجعوا مخطط المصنّع.

### أعدّوا بطاقة تعريف الماكينة

سجّلوا طراز الماكينة/رقمها التسلسلي، وعلامة مصدر الليزر/قدرته، وطراز الرأس، وإصدار نظام التحكم، وطراز المبرّد، ونوع إمداد الغاز. قد تختلف المصادر أو الرؤوس في ماكينات متشابهة المظهر.




منظر عام لماكينة DOKTEK ورأس القطع وحاسوب التحكم.

## 2.2 وظيفة كل جزء وفحص المشغّل

| الجزء | وظيفته | ماذا يفحص المشغّل؟ |
|---|---|---|
| مصدر الليزر | ينتج شعاع القطع؛ ويدير إذن الانبعاث والإنذارات. | الجاهزية والإنذار وشروط التبريد؛ لا يُفتح الهيكل. |
| ليف التوصيل / QBH | ينقل الشعاع إلى الرأس. | السحق الخارجي والانثناء المفرط والشد؛ لا تُفك الوصلة. |
| رأس القطع | يوفّر موازاة الشعاع/تركيزه وحماية البصريات وتدفق الغاز. | الإنذار والبؤرة وحالة الزجاج/الفوهة وإحكام الغاز. |
| الجسر X/Y | يتبع المحيط في المستوى الأفقي. | خلو المسار والأصوات غير المعتادة وإنذار الحركة. |
| محور Z / المستشعر السعوي (Capacitive Sensor) | يراقب ارتفاع الفوهة ويتتبع الصاج. | المعايرة والسيراميك/الفوهة وتلامس الصاج وآثار الاصطدام. |
| الطاولة / شرائح الإسناد (Support Slats) | تحمل الصاج؛ ويمر الشعاع والمصهور إلى الأسفل. | تراكم الخبث واعوجاج الشرائح وخطر انقلاب القطع الصغيرة. |
| مبدّل المنصّات | يبدّل طاولة التحميل وطاولة القطع. | القفل والموضع وخلو المنطقة وتوزيع الحمل. |
| CNC / الحاسوب | يحوّل الرسم إلى أوامر حركة وتشغيل. | صحة الملف والأبعاد والطبقة ونقطة الأصل والمعلمات والإنذار. |
| المبرّد | يحافظ على حرارة المصدر/الرأس ضمن النطاق المناسب. | المستوى والحرارة والتدفق/الإنذار والتسرب؛ وسائل تبريد مناسب. |
| خط الغاز | يمد بالغاز المساعد بالضغط والتدفق المناسبين. | نوع الغاز ومخزونه والتسرب والضغط الديناميكي (Dynamic Pressure). |
| شفط الأدخنة / المرشّح | يجمع أدخنة القطع عند مصدرها. | قوة الشفط والمرشّح/الإنذار وإدارة الشرر والغبار. |
| الضاغط / المجفّف / المرشّح | يوفّر الهواء بالضغط والجودة المطلوبين. | تصريف المكثفات وحالة المجفّف والمرشّح. |
| مثبّت الجهد / التغذية | يحافظ على توافق مدخل الكهرباء مع شروط الماكينة. | الإنذار وحالة التغذية؛ القياس/الإصلاح للمخوّلين. |

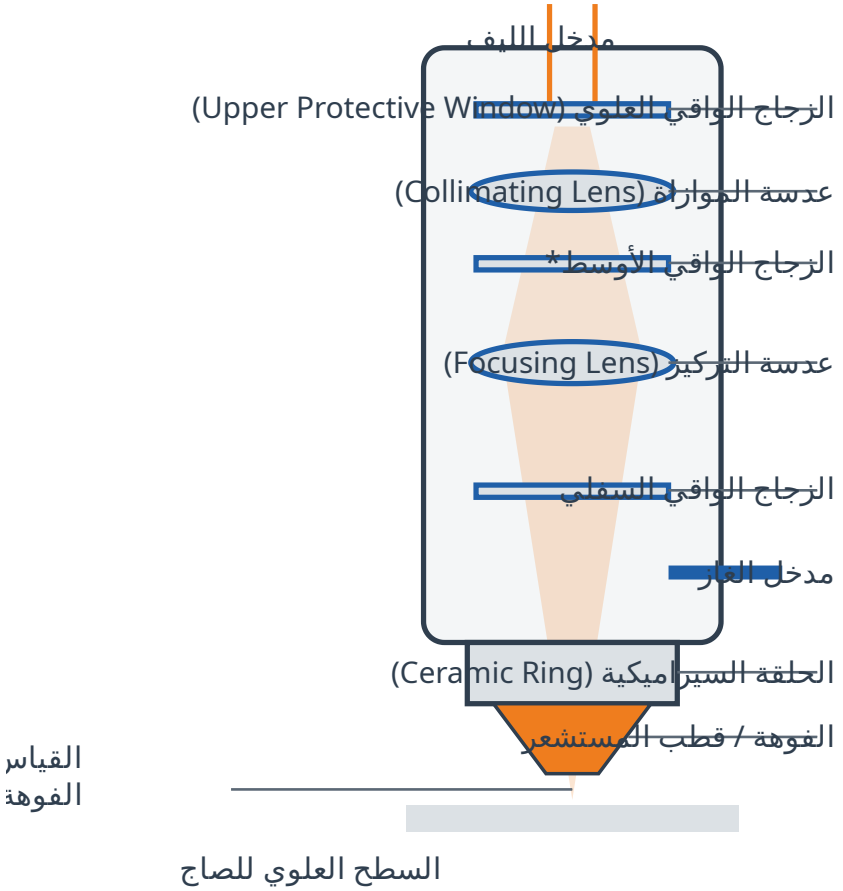
لا تنسبوا الإنذار إلى مكوّن واحد فقط. قد ينتج تحذير «المصدر غير جاهز» عن المبرّد؛ وخطأ الارتفاع عن سوء تلامس الصاج؛ وهبوط ضغط الغاز عن قصور تدفق الخط. سجّلوا العَرَض ووقت بدايته والإنذارات المصاحبة.

### ✓ اقرؤوا الملصق ولا تخمّنوا

علامة مصدر الليزر ليست علامة الرأس. تصف النسبة البصرية الأطوال البؤرية لعدستي الموازاة/التركيز؛ أما قلب الليف فخاصية مختلفة. استخدموا هذه المعلومات كلًّا على حدة عند مطابقة جدول المعلمات.

## 2.3 البنية الداخلية لرأس القطع

يركّز رأس القطع الشعاع في نقطة صغيرة ويمد الغاز إلى سطح الصاج على المحور نفسه. الرسم أدناه مقطع وظيفي. يختلف عدد الزجاج الواقي العلوي/الأوسط/السفلي وموضعه وتسميته بحسب الطراز؛ وبعض الرؤوس لا تحتوي ثلاث زجاجات منفصلة. لا تطلبوا قطع الغيار استنادًا إلى هذا الرسم.




*طراز تخطيطي. يُحدّد ترتيب الأجزاء والوصول للخدمة وفق دليل الرأس نفسه.

**عدسة الموازاة** تنظّم حزمة الشعاع الخارجة من الليف. **عدسة التركيز** تجمع الشعاع في منطقة القطع. **الزجاج الواقي (Protective Window)** يحمي البصريات الباهظة من الغبار والتناثر؛ وقد يمتص الشعاع ويسخن إذا اتّسخ. لا تواصلوا استخدام زجاج مخدوش أو محترق.

**الحلقة السيراميكية** توفّر عزلًا كهربائيًا عند وصلة الفوهة وحماية ميكانيكية بحسب الطراز. قد يسبب السيراميك المتشقق أو المرتخي عدم استقرار الارتفاع. **الفوهة (Nozzle)** تشكّل الغاز؛ وتعمل أيضًا قطبًا للاستشعار السعوي. يفسد الطرف المنبعج أو الزوائد أو الشد الخاطئ التدفق والقياس معًا.

### فتح المسار البصري من مهام الخدمة

لا تفكّوا العدسات العلوية أو وصلة الليف للفحص الروتيني. لا تفتحوا موضع الزجاج الواقي إلا ضمن التدريب وإجراءات المصنّع، وفي حالة طاقة آمنة وبيئة نظيفة.

## 2.4 رأس ببؤرة يدوية ورأس ببؤرة تلقائية

يصف هذا الدليل موضع البؤرة الفعلي بالنسبة إلى السطح العلوي للصفيحة: + فوق السطح، و– داخل المادة. لكن قيم الجداول المأخوذة من ترتيبات رأس Raytools وتحكم CypCut مرجعها طرف الفوهة؛ يحدد اختبار Raytools بالنقط على الشريط الصفر عند هذا الطرف. وفق قاعدة الإشارات هذه، **البؤرة بالنسبة للسطح ≈ قيمة وحدة التحكم + ارتفاع الفوهة**. القيمة 0 مع ارتفاع 1 مم تضع البؤرة على ارتفاع ≈1 مم فوق الصفيحة؛ والقيمة –1 مم مع ارتفاع 1 مم تضعها على السطح. تحقق من المرجع والإشارات في دليل وحدة التحكم لديك. لا تستبدل ضبط البؤرة البصري الداخلي بتغيير ارتفاع الفوهة.

Raytools BM115 · Friendess CypCutPro

| الخاصية | بؤرة يدوية (Manual Focus) | بؤرة تلقائية (Auto Focus) |
|---|---|---|
| الضبط | يُجرى بآلية الحلقة/التدريج الخاصة بالمصنّع. | ينقل المحرّك البصريات الداخلية إلى قيمة الوصفة. |
| تغيير المادة | يفحص المشغّل الضبط ويسجّله. | قد تستدعي الطبقة أو وصفة العملية بؤرة مختلفة. |
| المرجع | يُتحقق من التدريج وصفر البؤرة. | يُتحقق من مرجع المحرّك واتجاه الإشارة البرمجية والصفر الميكانيكي. |
| احتمال الخطأ | تدريج خاطئ أو قفل مرتخٍ أو قراءة خاطئة | وصفة خاطئة أو فقد المرجع أو مشكلة حركة/إنذار |
| متطلبات مشتركة | فوهة صحيحة وشعاع متمركز وسيراميك سليم وزجاج نظيف ومعايرة سعوية | |

### تجهيز نوع البؤرة للعمل

**الهدف:** طبّقوا قيمة البؤرة في الجدول بالآلية الصحيحة. **المتطلبات:** طراز الرأس ودليله ووصفة معتمدة.

1. حدّدوا من طراز الرأس هل البؤرة يدوية/تلقائية. لا تحكموا من الشكل الخارجي.
2. للبؤرة اليدوية، ضعوا الليزر في حالة آمنة؛ واستخدموا تدريج الضبط وفق طريقة المصنّع وافحصوا القفل.
3. للبؤرة التلقائية، افحصوا حالة الجاهزية/المرجع والقيمة المطلوبة. لا تفرضوا الاستمرار أثناء الإنذار.
4. تحققوا من اتجاه الإشارة. في هذا الدليل + فوق السطح و– داخله؛ وإذا اختلف تعريف البرنامج فاستخدموا تحويل المصنّع.
5. تحققوا من القطع على عينة اختبار مناسبة؛ وسجّلوا الضبط في الوصفة.

> **! صفر البؤرة يختلف عن الصفر السعوي**
>
> تتعلّم المعايرة السعوية المسافة بين الفوهة والصاج. ولا تصحّح صفر البؤرة البصري تلقائيًا. تتبّع الرأس للصاج بسلاسة لا يثبت صحة ضبط البؤرة البصرية.

**لماذا؟** تغيّر البؤرة الخاطئة توزيع الطاقة وعرض شق القطع (Kerf). أما ارتفاع الفوهة الخاطئ فيؤثر في دخول الغاز إلى قناة القطع وخطر الاصطدام.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **تدريج البؤرة اليدوية وملصق طراز الرأس ذي البؤرة التلقائية؛ في حالة طاقة آمنة**

## 2.5 المبرّد: دائرتان ودرجة الحرارة والتكاثف

يبرّد المبرّد مصدر الليزر والأجزاء المناسبة من رأس القطع. في أنظمة كثيرة توجد دائرتان مختلفتان للمصدر والرأس. لا يلزم أن تتساوى درجات حرارة الدائرتين وتدفقاتهما وشروط سائل التبريد. اتبعوا ملصقات الخراطيم؛ ولا تبدّلوا دائرة المصدر ودائرة الرأس.




الدوائر تخطيطية. يختلف تصميم الخزان المشترك أو الخزانات المنفصلة بحسب المصنّع.

**نقطة الندى (Dew Point)**هي درجة الحرارة التي تبدأ عندها رطوبة الهواء بالتحول إلى ماء على السطح. قد يحدث تكاثف إذا انخفضت حرارة ماء التبريد أو سطح الرأس دون نقطة ندى الجو. لا تضبطوا حرارة شديدة الانخفاض، خصوصًا في الورش الحارة والرطبة. قيّموا نطاق التشغيل المسموح من المصنّع مع حرارة الجو ورطوبته.

لا يحدّد هذا الدليل درجة حرارة موحّدة لكل المبرّدات. استخدموا ضبطًا يجيزه مصنّعو المصدر والرأس والمبرّد معًا. لا تخفّضوا الضبط عشوائيًا لمجرد زيادة التبريد. لا تبدأوا القطع إذا ظهر تكاثف على الرأس، حتى إن بدا المبرّد جاهزًا.

### فحص التبريد في بداية الوردية

**الهدف:** وفّروا تبريدًا مستقرًا ومحكمًا قبل الانبعاث. **المتطلبات:** شروط المستوى/الحرارة للمصنّع وسائل التبريد الصحيح واستمارة الفحص.

1. افحصوا المستوى والخراطيم والوصلات والأرضية والماكينة في حالة آمنة.
2. شغّلوا المبرّد؛ وانتظروا وصول الدائرتين إلى الضبط واستقرار التدفق.
3. تحققوا من غياب الإنذارات والتسرب في الذهاب/الإياب وعدم تشكل رطوبة حول الرأس/الليف.
4. سجّلوا القيم. لا تعيدوا ضبط إنذار التدفق أو الحرارة لفرض القطع؛ عالجوا السبب.

> **! لا تخلطوا سوائل غير مناسبة**
>
> يحدّد المصنّع جودة الماء والإضافات وفترة الاستبدال. لا تضيفوا مانع تجمّد السيارات أو مادة كيميائية مجهولة. للوقاية من التجمّد والتوقف الطويل اتبعوا تسلسل القسم 3.6 .

**لماذا؟** قد يسبب السائل الخاطئ تآكلًا وانسدادًا. وقد يؤدي قصور التدفق والتكاثف إلى تلف بصري أو كهربائي.

## 2.6 الطاولة والمنصّة والتجهيزات المساعدة

تحمل شرائح الطاولة الصاج؛ وتسمح الفجوات بمرور الشعاع والغاز والمصهور إلى الأسفل. لا تثبّت الشرائح المملوءة بالخبث أو المعوجّة الصاج مستويًا. إذا انقلبت قطعة صغيرة بعد قطعها فقد تبقى في مسار الرأس. عدم انتظام سطح الصاج ليس دائمًا خطأ يمكن للتحكم في الارتفاع تصحيحه.

يقلّل مبدّل المنصّات زمن التجهيز بتبديل منصّة القطع ومنصّة التحميل. تختلف منطقة الحركة وأقفال المنصّة وحواجز الوصول بحسب الماكينة. ظهور مستشعر الموضع أو علامة على الشاشة لا يثبت وحده خلو المنطقة من الأشخاص.

### التحضير لتبديل المنصّة

**الهدف:** بدّلوا الصاج والمنصّة دون اصطدام. **المتطلبات:** تسلسل المنصّة للمصنّع ومشغّل مخوّل ومعدات رفع مناسبة.

1. أكملوا القطع أو أوقفوا بأمان وفق طريقة المصنّع؛ وانقلوا الرأس والجسر إلى موضع تبديل المنصّة المحدد.
2. تحققوا من خلو جانبي التحميل والقطع من الأشخاص. يجب ألا توجد أدوات/هياكل متبقية تحت الطاولة أو في ممر المنصّة.
3. تحققوا من عدم بروز الصاج خارج الحدود وإزالة القطع المنقلبة ووضع الحمل بصورة مناسبة.
4. أغلقوا الحواجز؛ وأصدروا أمر التبديل وفق تسلسل المصنّع. لا تدخلوا المنطقة أثناء الحركة.
5. تحققوا من الموضع النهائي للمنصّة وحالة القفل. افحصوا نقطة أصل العمل/اكتشاف الحافة للصاج الجديد.

> **! لا تدفعوا المنصّة العالقة**
>
> لا تحاولوا إكمال الحركة بالقوة البشرية أو الرافعة الشوكية أو بدخول منطقة الحماية. أوقفوا الماكينة، وضعوا الطاقة في حالة آمنة، وابدؤوا إجراءات الصيانة المخوّلة.

**لماذا؟** قد تؤدي حركة المنصّة قبل وصول الرأس إلى موضع آمن إلى اصطدام الرأس والصاج والجسر. وقد يبطل موضع المنصّة غير المؤكد إحداثيات العمل أيضًا.

### انظروا إلى الهواء والشفط معًا

تحدّد قدرة الضاغط والمجفّف والمرشّح والخزان وخط الأنابيب ضغط القطع وتدفقه معًا. قد يهبط الضغط الظاهر دون حمل أثناء القطع. وقد لا يكفي فاصل الماء وحده لتوفير هواء جاف؛ افحصوا المجفّف والتصريف. ينشر المرشّح المسدود أو بوّابة منطقة الشفط المغلقة أدخنة القطع داخل الحجرة.

تحققوا من فقد الضغط واختيار المجفف وثلاثية فئات ISO 8573-1 في صندوق تجهيزات القطع بالهواء في القسم 7.2.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **منطقة أمان المنصّة وملصقات دوائر المبرّد وتسلسل الضاغط–المجفّف–المرشّح**

03

# التشغيل والرجوع المرجعي والمعايرة والإيقاف

اتبعوا التسلسل نفسه كل وردية. إذا حدّدت تعليمات بدء تشغيل ماكينتكم تسلسلًا مختلفًا، فالأولوية لتسلسل المصنّع.

## 3.1 تسلسل التشغيل الآمن

**الهدف:** شغّلوا المصدر بعد جاهزية تبريده والأنظمة المساعدة. **المتطلبات:** ماكينة اكتمل فحص سلامتها اليومي، وغاز/هواء كافٍ، وسائل تبريد مناسب، ومشغّل مخوّل.

1. **مثبّت الجهد / المفتاح الرئيسي:** افحصوا منطقة العمل. لا تبدأوا إذا وُجد قفل صيانة. شغّلوا مثبّت الجهد إن وجد، ثم التغذية الرئيسية للماكينة وفق تسلسل المصنّع.
2. **المبرّد (Chiller):** تحققوا من المستوى وغياب التسرب. شغّلوا المبرّد؛ وانتظروا وصول دائرتي المصدر والرأس إلى شروط الحرارة والتدفق المطلوبة من المصنّع.
3. **الضاغط والغاز:** جهّزوا المجفّف/المرشّح والشفط. افتحوا إمداد الغاز المناسب وصمامات الماكينة بالتسلسل المحدد. توقفوا عند التسرب أو الضغط غير المناسب.
4. **مفتاح مصدر الليزر:** شغّلوا المصدر بعد جاهزية التبريد. فتح المفتاح يختلف عن منح إذن انبعاث القطع؛ أبقوا الشعاع معطّلًا حتى لحظة الحاجة إليه للعملية.
5. **CNC / الحاسوب:** شغّلوا نظام التحكم. اقرأوا تحذيرات البدء؛ ولا تبدأوا مهمة تلقائية متبقية من الوردية السابقة.
6. **البرنامج:** افتحوا التهيئة الصحيحة الخاصة بالماكينة وملف العمل الصحيح. افحصوا الاتصال والمحاور وحالة السلامة.
7. **تمكين السيرفو (Servo Enable):** تحققوا من خلو المنطقة. اسمحوا بالحركة وفق طريقة المصنّع. أوقفوا عند حركة غير متوقعة أو إنذار.
8. **الرجوع إلى النقطة المرجعية (Homing):** القسم 3.2 اتبعوا تسلسله لإجراء الرجوع المرجعي.
9. **المعايرة (Calibration):** افحصوا الفوهة والسيراميك والتمركز. أكملوا المعايرة السعوية اللازمة وبقية فحوص بدء التشغيل للمصنّع.

> **! لا تطلقوا الشعاع قبل الجاهزية**
>
> لا تجروا قطعًا تجريبيًا إذا لم تكن حالة التبريد أو الغاز أو الشفط أو الحواجز أو مرجع المحاور مناسبة. لا تعتبروا تكرار الإنذار أمرًا «عاديًا عند التشغيل».

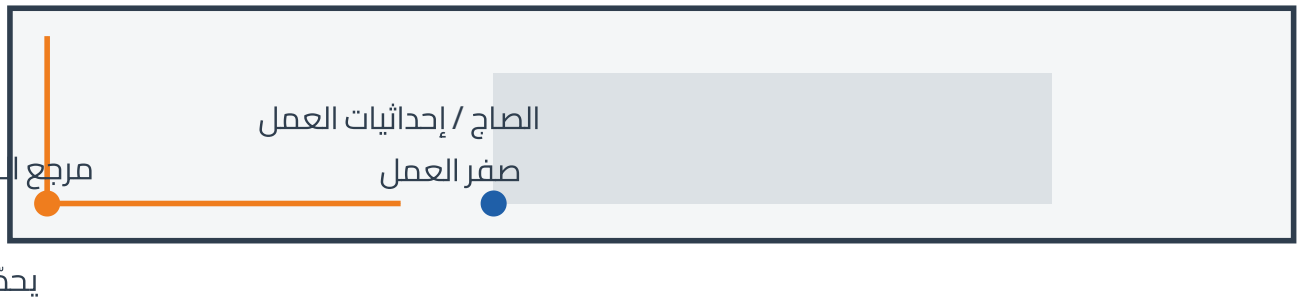
**لماذا؟** فتح برنامج القطع لا يعني جاهزية الأنظمة المساعدة. تنفيذ الخطوات بالتسلسل نفسه يكشف نقص التجهيز مبكرًا.

| شرط المتابعة | الفحص |
|---|---|
| المصدر جاهز | شروط التبريد مناسبة؛ ولا يوجد إنذار مصدر غير مفسّر. |
| الحركة جاهزة | المنطقة خالية وحالة السيرفو مناسبة والرجوع المرجعي مكتمل. |
| العملية جاهزة | الغاز الصحيح والشفط والحواجز والوصفة المعتمدة محددة. |

هذا تسلسل عام للمشغّل. قد تختلف أسماء الملامسات والمفاتيح وقوائم البرنامج بحسب الماكينة/الإصدار.

## 3.2 الرجوع المرجعي: تحديد مرجع الماكينة

الرجوع المرجعي هو إعادة تحديد الموضع المطلق لمحاور الماكينة باستخدام مستشعرات المرجع/الأصل ومعلومات الموضع في نظام التحكم. يختلف عنه صفر قطعة العمل. اختيار زاوية الصاج صفرًا للعمل لا ينشئ مرجع المحاور.




تحققوا من نظامَي الإحداثيات كلًّا على حدة. اتجاهات الأسهم للتوضيح فقط.

تعتمد الحدود البرمجية ومنطقة الحركة الآمنة ومواضع المنصّة على مرجع صحيح. عند فقد المرجع قد لا تمثّل المسافة المعروضة على الشاشة المسافة الميكانيكية الفعلية. الرجوع المرجعي جزء من الحماية من الاصطدام؛ ولا يضمن وحده كشف العوائق أو أمان المنطقة.

| متى؟ | فحص إضافي |
|---|---|
| عند كل تشغيل | تحققوا من مؤشر اكتمال الرجوع المرجعي الخاص بالمصنّع. |
| بعد الإيقاف الطارئ | عالجوا سبب التوقف أولًا؛ وأعيدوا المرجع اللازم. |
| عند إنذار السيرفو / المشفّر (Encoder) | عالجوا سبب الإنذار؛ ولا تفترضوا موثوقية الموضع. |
| بعد اصطدام | اطلبوا فحص الفوهة والسيراميك وتثبيت الرأس والمحاور. |
| بعد تدخل ميكانيكي | انتظروا استكمال الصيانة المخوّلة التحقق من المرجع والحدود. |

**الهدف:** اربطوا حدود الحركة بإحداثيات الماكينة الصحيحة. **المتطلبات:** نظام محاور سليم ومسار حركة خالٍ وتسلسل رجوع مرجعي من المصنّع.

1. أخلوا الطاولة ومسار الجسر. تحققوا من عدم وجود صاج مرتفع أو قطعة منقلبة أو أداة أو مشبك.
2. انقلوا محور Z إلى الموضع العلوي الآمن وفق طريقة المصنّع. لا تحرّكوا رأسًا مجهول الموضع أفقيًا فوق الصاج.
3. أغلقوا الحواجز؛ وأصدروا أمر الرجوع المرجعي. يختلف تسلسل المحاور واتجاه المرجع بحسب المصنّع؛ لا تخمّنوهما يدويًا.
4. راقبوا الحركة من مكان آمن. أوقفوا عند اتجاه خاطئ أو عائق أو صوت غير معتاد أو إنذار حدّ حركة.
5. تحققوا من الاكتمال. وافحصوا صفر العمل وموضع المنصّة على حدة.

**ماذا يحدث إذا لم يُجرَ؟**

قد تنشأ حدود برمجية خاطئة وحركة خارج الصاج وموضع منصّة خاطئ وخطر اصطدام. لا تشغّلوا محورًا تعذّر إرجاعه مرجعيًا بتجاوز حماية الحدود أو المستشعر.

**لماذا؟** لا تستقر إحداثيات العمل في الموضع الصحيح إلا عند موثوقية إحداثيات الماكينة. إعادة ضبط الإنذار لا تثبت صحة المرجع ماديًا.

## 3.3 المعايرة السعوية للارتفاع

يتتبع المستشعر السعوي المسافة باستخدام العلاقة الكهربائية بين الفوهة والصاج. تتعلّم المعايرة هذه العلاقة في أنظمة التحكم بالارتفاع مثل BCS100. وهي تختلف عن ضبط البؤرة البصرية أو الرجوع المرجعي X/Y.

أعيدوا تقييم الحاجة للمعايرة بعد تغيير الفوهة/السيراميك أو فحص اصطدام أو تغير ملحوظ في المادة أو الحرارة، وعند بدء انحراف الارتفاع. خذوا التكرار اليومي ومعايير القبول من تعليمات مصنّع الرأس/التحكم بالارتفاع. لا تحاولوا تصحيح سيراميك متشقق أو فوهة مرتخية بالمعايرة.

**الهدف:** اجعلوا الفوهة تتتبع الصاج بثبات وعلى المسافة الصحيحة. **المتطلبات:** فوهة/سيراميك سليمان ونظيفان؛ وصاج مستوٍ ونظيف ذو تلامس كهربائي جيد مع الطاولة؛ وماكينة ذات مرجع صحيح وتعليمات المصنّع.

1. عطّلوا انبعاث القطع. تحققوا من تركيب الفوهة والسيراميك بصورة صحيحة وسلامة الكابلات/الوصلات.
2. ضعوا الصاج النظيف مستويًا على إسناد مناسب. إذا أثّر الصدأ أو الزيت أو الخبث أو الطلاء السميك أو الغشاء في القياس، فاستخدموا طريقة معايرة مناسبة من المصنّع.
3. ضعوا الرأس فوق منطقة مستوية من الصاج بعيدة عن الحواف والثقوب. يجب ألا توجد تحته فجوة أو قطعة صغيرة قابلة للانقلاب.
4. شغّلوا أمر معايرة التحكم بالارتفاع. قد تختلف أسماء القوائم بحسب الإصدار؛ وفي معظم الإصدارات تكون معايرة المستشعر/السعة وظيفة مستقلة.
5. راقبوا الاقتراب التلقائي. أوقفوا عند تلامس غير متوقع أو اهتزاز مستمر أو هبوط غير طبيعي.
6. راجعوا منحنى النتيجة ومؤشر الجودة/الاتساق للمصنّع. يجب أن يكون منتظمًا وقابلًا للتكرار؛ لا تقبلوا انقطاعًا أو قفزة مفاجئة أو تحذير فشل.
7. طبّقوا فحص الارتفاع الآمن للمصنّع. تحققوا من ثبات التتبع في مناطق مستوية مختلفة من الصاج ومن عدم احتكاك الفوهة؛ وسجّلوا النتيجة.

> **! إذا فشلت المعايرة**
>
> افحصوا أولًا التلامس الكهربائي للصاج ونظافة الفوهة والسيراميك وكابل المستشعر واستقرار البيئة. لا تحفظوا منحنى خاطئًا؛ ولا تواصلوا الإنتاج «برفع الرأس قليلًا».

**لماذا؟** قد يقرّب القياس الخاطئ الرأس أكثر من اللازم أو يبعده. فيتأثر غاز القطع ويزداد خطر الاصطدام.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **منحنى معايرة ناجح ومعلومات الإصدار في BCS100 أو نظام التحكم بالارتفاع المستخدم**

## 3.4 تسلسل الإعداد الأول وتمركز الفوهة

### الإعداد الأول: عمل الخدمة المعتمدة

**الهدف:** ابنوا ضبط الحركة والتتبع على أساس ميكانيكي موثوق. **المتطلبات:** فني بدء تشغيل مخوّل، وأدلة FSCUT/BCS100 الخاصة بالماكينة، وإصدار/تهيئة صحيحان.

1. يتحقق الفني من التجميع الميكانيكي والوصلات الكهربائية؛ ويفحص اتجاه السيرفو والمشفّر ومستشعرات الحدود والمرجع.
2. يكمل معايرة السيرفو الأولى/ضبطه المناسب بالطريقة المعتمدة. لا يغيّر المشغّل الكسب ومعلمات المحرّك بغرض التجربة.
3. يتحقق من الرجوع إلى الأصل وإحداثيات الماكينة بتسلسل المصنّع.
4. يكمل المعايرة السعوية بفوهة سليمة وصاج مناسب.
5. يطبّق الضبط التلقائي المطلوب لإصدار BCS100/FSCUT في ظروف آمنة؛ ويتحقق من التتبع والحركة.

> **! قد يختلف التسلسل بحسب الإصدار**
>
> «ضبط السيرفو ← الرجوع إلى الأصل + المعايرة السعوية ← الضبط التلقائي» هو تسلسل الاعتماد العام. راجعوا دليل FSCUT/BCS100 المستخدم للأوامر الدقيقة والشروط المسبقة. هذه الفقرة ليست تعليمات خدمة لبدء التشغيل.

**لماذا؟** قد يرسّخ الضبط التلقائي على أساس حالة ميكانيكية أو مستشعر خاطئة نتيجةً غير صحيحة.

### تمركز الفوهة: اختبار الشريط اللاصق (Tape Test)

**الهدف:** تحققوا من مرور الشعاع عبر مركز فتحة الفوهة بطريقة الاختبار المعتمدة من المصنّع. **المتطلبات:** تدريب على هذه المهمة، ومادة اختبار معتمدة من مصنّع الرأس، وإجراء تمركز منخفض الطاقة؛ وحجرة/أقفال تعمل.

1. ضعوا الانبعاث في حالة آمنة؛ واركنوا الرأس في موضع الاختبار المعتمد. افحصوا الفوهة والسيراميك والشد الصحيح.
2. ضعوا الشريط/مادة الاختبار الموصى بها من المصنّع تحت الفوهة. يجب أن يستحيل توليد الشعاع أثناء الوضع.
3. تحققوا من خلو المنطقة وأغلقوا الحجرة. طبّقوا فقط نبضة الاختبار القصيرة منخفضة الطاقة المحددة من المصنّع؛ ولا تختاروا قدرة/مدة عشوائية.
4. بعد إعادة الانبعاث إلى حالة آمنة، أزيلوا الشريط. قيّموا مركز الثقب نسبةً إلى أثر الفوهة.
5. عند الانحراف، عدّلوا التمركز المسموح به في دليل الرأس بخطوات صغيرة؛ وكرّروا في كل فحص تسلسل الوضع الآمن–الاختبار المغلق–الإزالة الآمنة.
6. إذا استقر المركز، أزيلوا مادة الاختبار تمامًا؛ وتحققوا من عدم بقاء مخلفات على الفوهة. أكملوا معايرة الارتفاع اللازمة.

> **! لا إطلاق والباب مفتوح**
>
> لا تطلقوا الشعاع وأنتم تنظرون تحت الفوهة. لا تتجاوزوا الأقفال. عند حرق غير منتظم/كبير أو انحراف مركز متكرر أو بلوغ حد الضبط، توقفوا وراجعوا الخدمة.

**لماذا؟** يخلّ عدم التمركز بتدفق الغاز، وقد يسبب زوائد من جانب واحد وسخونة الفوهة. لا يمنح الاختبار إذنًا للعمل بشعاع مكشوف.

## 3.5 التشغيل الجاف وفحص الإطار

يفحص فحص الإطار (Frame) الحد الخارجي للعمل بالحركة فوق الصاج. ويتتبع التشغيل الجاف (Dry Run) مسار البرنامج دون شعاع. أما المحاكاة (Simulation) فتفحص المسار/التسلسل على الحاسوب. تجيب الثلاثة عن أسئلة مختلفة: «هل البرنامج صحيح؟»، «هل العمل داخل الصاج؟»، «هل مسار الحركة الفعلي خالٍ؟»




تُفحص الحواجز ومنطقة الحركة في كل خطوة.

إذا تغيّر ملف العمل أو صفره، فأعيدوا تقييم التحقق السابق.

**الهدف:** اكتشفوا خطأ التوزيع والحركة قبل أول شعاع. **المتطلبات:** ماكينة اكتمل مرجعها/معايرتها، وصاج مثبّت، وملف صحيح، ووضع اختبار تأكد تعطيل الانبعاث فيه.

1. افحصوا الأبعاد الفعلية للبرنامج ومقاس الصاج وصفر العمل. أكملوا اكتشاف الحافة/تصحيح الزاوية عند الحاجة.
2. راقبوا في المحاكاة ترتيب المحيطات الداخلية ومداخل القطع والوصلات الدقيقة ونقاط الثقب والحركات السريعة.
3. ارفعوا الرأس إلى الارتفاع الآمن المحدد من المصنّع. قيّموا العوائق فوق الصاج والحواف المنحنية والمشابك.
4. شغّلوا وظيفة الإطار دون شعاع؛ وراقبوا بقاء العمل كله داخل الصاج وحدود الحركة الآمنة.
5. نفّذوا التشغيل الجاف بسرعة اختبار آمنة. قد تختلف وظائف الغاز/التتبع في بعض الإصدارات؛ تحققوا بصورة مستقلة من تعطيل الانبعاث.
6. عند وجود خطأ صحّحوا الملف/الأصل وأعيدوا الفحص المعني. عند النجاح جهّزوا عينة الاختبار الأولى للقطع.

**التشغيل الجاف يتضمن حركة أيضًا**

تبقى مخاطر الجسر وZ والمنضّة حتى مع إيقاف الشعاع. لا تمدّوا أيديكم داخل الحجرة أو منطقة الحركة. إذا اختلف المسار الفعلي عن المتوقع فلا تنتقلوا إلى القطع.

**لماذا؟** لا ترى المحاكاة اعوجاج الصاج الفعلي أو أداة على الطاولة. وفحص الإطار وحده لا يثبت أمان جميع الحركات الداخلية.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **حدود العمل وصفره ومؤشر الاختبار دون شعاع في البرنامج المستخدم**

## 3.6 الإيقاف والتجمّد وما بعد التوقف الطويل

### الإيقاف العادي

**الهدف:** ضعوا العمل والأنظمة المساعدة في حالة مضبوطة. **المتطلبات:** سجلات العمل وتسلسل إيقاف المصنّع ومنطقة مناسبة للقطع الساخنة.

1. أكملوا القطع أو أنهوا البرنامج بتوقف آمن. افحصوا القطع الساخنة والخبث؛ وطبّقوا متطلبات استمرار الشفط بعد العمل.
2. عطّلوا انبعاث الليزر. انقلوا الرأس والجسر إلى موضع الركن المحدد من المصنّع؛ واتركوا المنصّة في وضع آمن.
3. سجّلوا تغييرات العمل/الوصفة والإنذارات والعمل المتبقي. أغلقوا البرنامج وCNC/الحاسوب بالطريقة المناسبة.
4. أوقفوا مصدر الليزر بتسلسل المصنّع. إذا لزم استمرار المبرّد فترة قصيرة بعد إيقاف المصدر، **فراجعوا دليل المصنّع**؛ ولا تختلقوا مدة ثابتة.
5. أغلقوا إمداد الغاز والضاغط/الأنظمة المساعدة وفق خطة المنشأة. فرّغوا ضغط الخط اللازم بطريقة آمنة.
6. أوقفوا المبرّد ثم التغذية الرئيسية للماكينة/مثبّت الجهد بالتسلسل المحدد. أديروا التغذية التي يجب إبقاؤها للتبريد أو الحماية من التجمّد أو الشفط وفق المصنّع.
7. افحصوا المحيط؛ وتحققوا من غياب الاتّقاد والتسرب والعمل المعلّق. سلّموا استمارة الوردية.

> **التوقف الطارئ حالة مختلفة**
>
> عند الخطر لا تحاولوا إكمال تسلسل الإيقاف العادي؛ طبّقوا الإيقاف الطارئ وخطة طوارئ المنشأة. ولا يحل الإيقاف العادي محل القفل ووضع بطاقة التحذير (LOTO) للصيانة.

**لماذا؟** قد يؤدي قطع كهرباء حاسوب التحكم فجأة إلى فقد سجل العمل. وقد يضر إيقاف التبريد مبكرًا والمصدر يعمل بالمعدات.

### الشتاء / الوقاية من التجمّد

**الهدف:** امنعوا تجمّد الماء في النظام المتوقف. **المتطلبات:** إجراء شتوي معتمد معًا للمصدر والرأس والمبرّد.

1. قيّموا أدنى حرارة محيطة واحتمال انقطاع الكهرباء.
2. اختاروا تدفئة المكان أو التدوير أو السائل المناسب أو طريقة التفريغ الموصى بها من المصنّع؛ ولا تضيفوا مانع تجمّد غير متوافق.
3. إذا لزم التفريغ، فاتبعوا طريقة مخوّلة تشمل الجيوب الداخلية للمصدر/الرأس. لا تنفخوا بهواء مضغوط غير مضبوط.
4. ضعوا بطاقة بالإجراء المتخذ. لا تشغّلوا المصدر قبل اكتمال إعادة الملء وتنفيس الهواء.

> **لا تشغّلوا عند الاشتباه بالتجمّد**
>
> لا تشغّلوا المصدر لإذابة الجليد. اطلبوا من المخوّلين فحص الشقوق والتسرب وفقد التدفق.

**لماذا؟** قد يبقى سائل في القنوات الداخلية حتى إن بدا الخرطوم الخارجي فارغًا.

### التشغيل بعد توقف طويل

**الهدف:** أعيدوا النظام إلى حالة موثوقة. **المتطلبات:** سجل التوقف وخطة الصيانة.

1. أجروا فحصًا خارجيًا للسائل والخراطيم والمرشّحات وخط الغاز والأجزاء الميكانيكية والكهربائية؛ وأزيلوا وسائل حماية التخزين وفق المصنّع.
2. جهّزوا دوائر التبريد؛ وتحققوا من عدم وجود تسرب/تكاثف أو إنذار.
3. أجروا التشغيل العادي والرجوع المرجعي والتمركز والمعايرة السعوية اللازمة. عودوا للإنتاج بعد التشغيل الجاف وعينة الاختبار.

> **الوصفة القديمة وحدها لا تكفي**
>
> قد تكون ظروف المادة والغاز والبصريات قد تغيّرت. لا تبدأوا الإنتاج المتسلسل قبل قياس القطعة الأولى.

**لماذا؟** قد تنشأ رطوبة وأوساخ وتسرب أثناء التوقف؛ ولا يستبعدها نجاح العمل السابق.

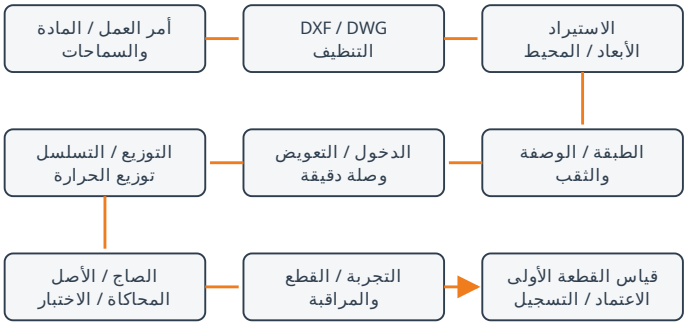
04

# سير العمل من الرسم إلى القطع

نظّفوا الرسم أولًا، ثم أنشئوا مسار القطع. تحققوا بصورة مستقلة على الماكينة من الشكل الذي يبدو صحيحًا على الشاشة.

## 4.1 خطّطوا للعمل كاملًا

عمل القطع ليس ملف DXF فحسب. يحدّد نوع المادة وسماكتها الفعلية والكمية وسماحات الأبعاد ومتطلبات الحافة والعمليات اللاحقة وصفة التشغيل. قد تختلف شروط حافة القطعة المطلية عن القطعة المعدّة للحام. لا تحلّوا غموض أمر العمل بالتجربة أثناء القطع؛ اطلبوا من المسؤول توضيحه.




قد يؤثر التصحيح في الخطوات التالية. إذا تغيّر المقياس أو المحيط أو التوزيع، فأعيدوا فحص المسار.

| قبل البدء | المعلومات المطلوب تسجيلها |
|---|---|
| الرسم الفني | المراجعة والأبعاد الحرجة والسماحات وشروط الحافة |
| المادة | النوع/الدرجة والسماكة والدفعة والطلاء/الغشاء وحالة السطح |
| الماكينة / الوصفة | المصدر والرأس والغاز ومعرّف المعلمات المعتمدة |
| الخطة | الكمية والتوزيع واتجاه القطع والرفع وإدارة الهيكل المتبقي |

**✓ اتركوا مجالًا للقطعة الأولى**

لا تبدأوا عملًا جديدًا بقطع الصاج كله مباشرة. خطّطوا لعينة اختبار أو قطعة أولى تتيح القياس وفحص الحافة. احفظوا مراجعة الملف والوصفة المستخدمة معًا.

## 4.2 إعداد DXF / DWG

يجب أن يتضمن ملف الرسم تمثيلًا واحدًا ومتسقًا للشكل الهندسي المطلوب قطعه. قد تؤدي خطوط الأبعاد والنسخ غير الظاهرة والنهايات المفتوحة إلى مسارات إضافية أو ثقب غير مطلوب. استخدموا فحص الهندسة إلى جانب التكبير البصري.

| التحضير | الإجراء | الفحص |
|---|---|---|
| الوحدة / المقياس | أعدّوا الرسم بوحدة mm وبالمقياس الفعلي. | قيسوا بُعدًا خارجيًا معلومًا وقطر ثقب. |
| خط واحد | عرّفوا كل حافة للقطع مرة واحدة. | تحققوا من أن سماكة الخط لا تنشئ محيطًا مغلقًا مستقلًا. |
| محيط مغلق (Closed Contour) | أغلقوا حدود القطعة والثقوب. | اعثروا على النهايات والفجوات الصغيرة المفتوحة. |
| خط مزدوج / متراكب | أزيلوا الهندسة المكررة والمقاطع في الموضع نفسه. | افحصوا عدد المحيطات والمرور المتكرر في المحاكاة. |
| النص | حوّلوا النصوص المطلوب قطعها إلى محيطات. | قيّموا الجسور اللازمة لمنع سقوط الأجزاء الداخلية للحروف. |
| منحنى مرن (Spline) | حوّلوه إلى أقواس/خطوط بالسماحة المطلوبة لنظام التحكم. | تحققوا من عدم نشوء مقاطع قصيرة جدًا أو زوايا أو انحراف أبعاد. |
| فجوة صغيرة | صِلوا النهايات بسماحة وصل معتمدة. | لا تغلقوا فجوة تصميم فعلية بالخطأ. |
| عنصر مساعد | أزيلوا الأبعاد والتهشير والإطار والتعليقات من هندسة القطع. | يجب ألا تبقى طبقات/محيطات غير متوقعة بعد الاستيراد. |

### إجراء تنظيف الرسم

**الهدف:** أنشئوا محيطات منفردة ومغلقة تعالجها الماكينة. **المتطلبات:** رسم معتمد وملف CAD ونسخة احتياطية.

1. تحققوا من مراجعة الملف؛ وافتحوا نسخة العمل. افحصوا الوحدة وبُعدًا معلومًا.
2. افصلوا العناصر غير المقصوصة. حوّلوا الكتل/العناصر إلى صيغة يدعمها برنامج التحكم.
3. أزيلوا الخطوط المكررة. اعثروا على المحيطات المفتوحة؛ وأغلقوها وفق التصميم الفعلي.
4. حوّلوا النصوص والمنحنيات المرنة. تحققوا من عدم فقد الأقواس الصغيرة والأجزاء الداخلية للحروف.
5. احفظوا بإصدار DXF/DWG مناسب، ثم أعيدوا الفتح والقياس.

> **! قد يغيّر التصحيح التلقائي التصميم**
>
> لا تُخفوا جميع التحذيرات بزيادة سماحة الوصل/التنعيم. قد تكون فتحة صغيرة شقًّا وظيفيًا. اعرضوا تغيير الشكل الحرج على مسؤول الرسم الفني لا عتماده.

**لماذا؟** قد يسبب الخط المزدوج تسخين الموضع نفسه مجددًا؛ وقد يؤدي المحيط المفتوح إلى تعريف داخلي/خارجي خاطئ أو قطعة ناقصة.

## 4.3 الاستيراد والطبقة والمعلمات

فتح الملف بصورة صحيحة بعد الاستيراد لا يعني جاهزيته للقطع. أعيدوا مراجعة الأبعاد وعدد القطع وعلاقة المحيطات الداخلية/الخارجية ووظيفة الطبقة. لا يعرّف لون الشاشة الغاز الفعلي؛ ففي معظم البرامج يشير اللون إلى طبقة العملية فقط.

**الهدف:** عيّنوا العملية والوصفة الصحيحتين لكل محيط. **المتطلبات:** ملف نظيف وأمر عمل ومعلومات المادة ووصفة مختارة/معتمدة وفق القسم 9.0 .

1. استوردوا الملف إلى برنامج التحكم. قد تختلف أسماء القوائم بحسب الإصدار؛ وفي معظم الإصدارات يكون الاستيراد وفحص الهندسة وظيفتين منفصلتين.
2. قيسوا العرض/الارتفاع الكليين وثقبًا معلومًا. تحققوا من عدد القطع وحالة التدوير/الانعكاس المرآوي.
3. راجعوا المحيطات المغلقة/المفتوحة والداخلية. يجب أن تكون وظيفة كل عنصر في الرسم واضحة.
4. عيّنوا القطع أو الوسم أو غيرهما من العمليات المدعومة لطبقات منفصلة. لا تستخدموا وظيفة غير مدعومة لمجرد وجود لون طبقة لها.
5. عيّنوا لكل طبقة قطع المادة والغاز والضغط والفوهة والارتفاع والبؤرة والقدرة والسرعة الصحيحة معًا. افحصوا وصفة الثقب بصورة مستقلة.
6. تحققوا من استبعاد الطبقات المساعدة غير المقصوصة من المعالجة. راجعوا قائمة الطبقات وأعداد المحيطات.
7. احفظوا الملف باسم عمل/مراجعة جديدين. لا تغيّروا الوصفة الأساسية بإعدادات تجريبية دون ضبط.

### افحصوا حدود الماكينة والوحدات

قد يعرض البرنامج القدرة بوحدة W أو بالنسبة المئوية، والسرعة بوحدة مختلفة. طابقوا قيم W وm/min في الجدول مع وحدة الشاشة؛ ولا تطبّقوا القيمة قبل تحويلها والتحقق منها. لا تغيّروا تهيئة الماكينة المعتمدة.

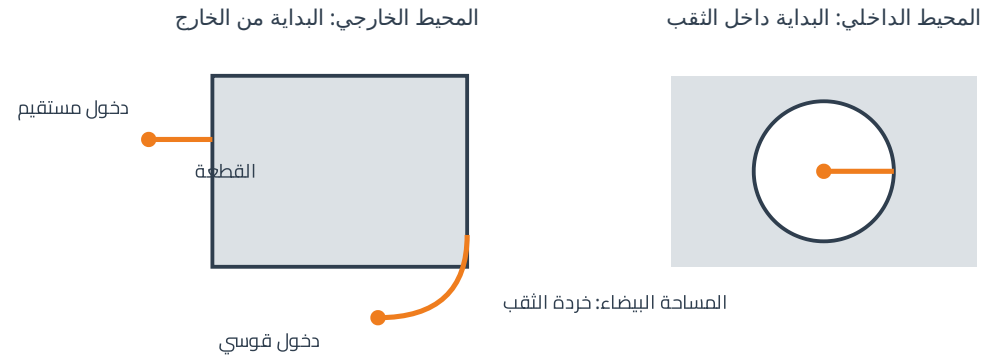
**لماذا؟** قد يغيّر نقل الهندسة نفسها إلى طبقة أخرى الغاز والثقب وشروط الحركة، إلى جانب اللون.

| الفحص النهائي | السؤال |
|---|---|
| الهندسة | هل المراجعة صحيحة؛ وهل الأبعاد الخارجية والثقوب صحيحة؟ |
| الطبقة | هل عملية كل عنصر واضحة؛ وهل الخطوط المساعدة معطّلة؟ |
| الوصفة | هل الغاز وكل قيم الصف مأخوذة معًا؛ وهل طريقة الثقب مناسبة؟ |
| السجل | هل يمكن تتبّع ملف العمل ومراجعة المعلمات؟ |

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **القطعة المستوردة وفحص الأبعاد وطبقات العمليات**

## 4.4 مسارا الدخول والخروج

مسار الدخول (Lead-in) هو طريق الاقتراب من نقطة الثقب إلى المحيط الفعلي. ومسار الخروج (Lead-out) هو طريق المغادرة في نهاية المحيط ضمن سير العمل المدعوم. يبقى معظم مسار الدخول في جهة الخردة حتى لا يفسد أثر الثقب وعدم استقرار البداية حافة القطعة.




الخطوط البرتقالية أمثلة للدخول؛ ويُحدّد الطول/نصف القطر الفعلي بقطع تجريبي. الرسم ليس بمقياس.

| الاختيار | متى تفكّرون فيه؟ | ماذا تفحصون؟ |
|---|---|---|
| دخول مستقيم | عند توفر مساحة خردة كافية ونقطة اتصال مناسبة | ألا يترك ثلمة/أثر زاوية عند الاتصال بالمحيط |
| دخول قوسي | عند الحاجة إلى تغير اتجاه أكثر سلاسة | ألا يتجاوز القوس حدود قطعة أخرى أو ثقب ضيق |
| صاج سميك | إذا احتاج الثقب والانتقال إلى القطع المستقر مساحة أكبر | أن تبدأ العملية خارج القطعة النهائية وداخل خردة كافية |
| محيط داخلي صغير | إذا ضاقت مساحة الدخول | ألا تصل حفرة الثقب إلى سطح القياس |
| قرب الزاوية | إذا تطلبه التصميم/العمل اللاحق تحديدًا | التباطؤ وتراكم الحرارة وأثر التقاء الحافة |

### وضع مسار الدخول

**الهدف:** أبقوا أثر الثقب والتسارع في جهة الخردة. **المتطلبات:** قطعة ذات محيط داخلي/خارجي معرّف ووصفة ثقب مناسبة.

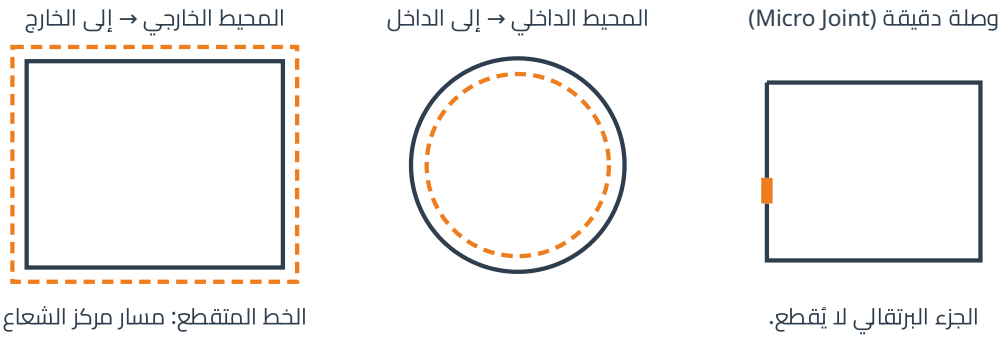
1. حدّدوا جهة القطعة النهائية والخردة. اقتربوا من الخارج للمحيط الخارجي، ومن داخل الثقب للمحيط الداخلي.
2. اختاروا نقطة اتصال غير حرجة للأبعاد أو المظهر. لا تبدأوا افتراضيًا من زاوية حادة.
3. اختاروا الشكل المستقيم/القوسي والطول بحسب المادة والسماكة والمساحة؛ ولا تستخدموا طولًا ثابتًا عامًا.
4. تحققوا في المحاكاة من عدم وصول أثر الثقب والدخول والخروج إن وجد إلى قطعة مجاورة.
5. افحصوا أثر الاتصال في القطعة الأولى؛ وصحّحوا بمتغير واحد عند الحاجة وسجّلوا.

> **! الدخول الأطول ليس أفضل دائمًا**
>
> قد يقطع الدخول قطعة أخرى في توزيع ضيق. وقد يعيد الخروج الطويل دون داعٍ تسخين قطعة منفصلة. إذا لزمت البداية من زاوية، فتحققوا من الطريقة بالتجربة.

**لماذا؟** الثقب ليس قطعًا مستقرًا بعد. إبعاد نقطة البداية عن الحافة النهائية يقلّل خطر الحفرة والثلمة.

## 4.5 تعويض شق القطع والوصلة الدقيقة

شق القطع (Kerf) هو عرض القناة التي يزيلها الشعاع. يُزيح التعويض (Compensation) مسار مركز الشعاع إلى جهة الخردة للحفاظ على البعد النهائي. في المحيط الخارجي ينزاح المسار إلى الخارج؛ وفي الداخلي إلى الداخل نحو مركز الثقب. لا تكبّروا أبعاد CAD ثم تطبّقوا تعويض البرنامج أيضًا.




مقدار التعويض مكبّر في الرسم. حدّدوا عرض شق القطع الفعلي بقياس عينة اختبار.

### التحقق من التعويض

**الهدف:** قرّبوا أبعاد القطعة والثقب من الرسم الفني. **المتطلبات:** أداة قياس وعينة نظيفة وتعويض مطبّق في موضع واحد.

1. افحصوا البعد الاسمي في CAD وهل طُبّق تعويض مسبقًا.
2. تحققوا من التصنيف الداخلي/الخارجي؛ واختاروا اتجاه التعويض المناسب.
3. اقطعوا العينة وبرّدوها وقيسوا من سطح لا تؤثر فيه الزوائد.
4. قارنوا البعد الخارجي وبُعد الثقب كلًا على حدة. غيّروا التعويض فقط بتحكم؛ وأعيدوا القياس.

> **لا تُخفوا الهندسة بالتعويض**
>
> قد لا يكون الثقب البيضاوي أو المخروطية أو اختلاف الأبعاد باختلاف الاتجاه مجرد خطأ تعويض. افحصوا تمركز الفوهة والحالة الميكانيكية والوصفة.

**لماذا؟** قد يصغّر اتجاه التعويض المعكوس القطعة الخارجية ويكبّر الثقب. أما التعويض المزدوج فيُزيح الأبعاد مرتين.

### تخطيط الوصلة الدقيقة

تُبقي الوصلة الدقيقة القطعة مرتبطة بالهيكل المتبقي بمناطق صغيرة غير مقصوصة. وتقلّل انقلاب القطع الصغيرة وارتفاعها واصطدامها بالرأس. يُختار عرض الوصلات/عددها بحسب المادة والسماكة والشكل والإسناد والفصل اللاحق؛ ولا يحدّد هذا الدليل مقاسًا واحدًا.

**الهدف:** ثبّتوا القطعة حتى نهاية القطع. **المتطلبات:** التوزيع وخطة إخراج القطع ومنطقة سطح مسموح بها.

1. حدّدوا القطع المعرّضة للانقلاب والسقوط.
2. اختاروا موضع الوصلة بعيدًا عن الأبعاد الحرجة والثقوب والأسطح الظاهرة والزوايا الحادة.
3. حدّدوا المقاس/العدد بالتجربة؛ ولا تتركوا وصلة شديدة الضعف أو تزيدوا قوة الفصل دون داعٍ.
4. تحققوا في المحاكاة والقطعة الأولى من عدم قطع الوصلة فعلًا.

> **لا تنتزعوا القطعة بالسحب**
>
> استخدموا طريقة فصل/إزالة زوائد مناسبة دون ثني القطعة الرقيقة. قد يتحرك الهيكل المتبقي بصورة غير متوقعة بفعل حمل القطع المتصلة.

**لماذا؟** قد تزيد الوصلة أمان القطع؛ لكن موضعها الخاطئ قد يفسد الأبعاد أو المظهر.

## 4.6 تسلسل القطع وتوزيع الصاج واكتشاف الحافة

التسلسل العام من الداخل إلى الخارج: تُقطع الثقوب والمحيطات الداخلية الصغيرة أولًا، ثم خارج القطعة. قطع المحيط الخارجي أولًا يحرّر القطعة؛ وقد يُفقد موضعها أو إسنادها أثناء القطع الداخلي. يفيد التسلسل من الصغير إلى الكبير في أعمال كثيرة؛ لكن قيّموا التوزيع كله من حيث الحرارة والروابط الرقيقة وخطر الانقلاب.

قطع القطع الصغيرة المتجاورة بالتتابع يراكم الحرارة في المنطقة نفسها. وزّعوا تسلسل القطع على مناطق مختلفة؛ وراقبوا ميل الصاج للارتفاع/الالتواء. تقليل الحركة السريعة دون قطع ليس الهدف الوحيد. استخدموا طرقًا مثل الحافة المشتركة (Common Line) أو القطع الطائر (Flycut) فقط بوظيفة برمجية/آلية مناسبة ووصفة متحقق منها؛ وللتفاصيل راجعوا القسم 06.

| القرار | الفحص |
|---|---|
| من الداخل إلى الخارج | هل تتحرر القطعة قبل اكتمال المحيط الداخلي؟ |
| من الصغير إلى الكبير | هل تنقلب قطعة صغيرة مبكرًا فتسد المسار التالي؟ |
| توزيع الحرارة | هل يوجد تركيز للثقب/القطع المتتابع في منطقة ضيقة؟ |
| الإسناد | هل تستقر القطعة على الشرائح بعد القطع؛ وهل تحتاج وصلة دقيقة؟ |
| الحركة دون قطع | هل يمر الرأس فوق قطعة منقلبة أو هيكل متبقٍ مرتفع؟ |

### اكتشاف الحافة وتصحيح زاوية الصاج

**الهدف:** ضعوا البرنامج ضمن حدود الصاج الفعلية وبزاويته. **المتطلبات:** ماكينة اكتمل مرجعها/معايرتها، وصاج موضوع مستويًا، وطريقة اكتشاف حافة يدعمها البرنامج.

1. ضعوا الصاج بإسناد مناسب؛ وافحصوا تثبيته وسطحه. لا تحاولوا تصحيح صاج مائل أو مرتخٍ أو مرتفع بالبرنامج.
2. تحققوا من إحداثيات الماكينة واختيار صفر العمل. لا تفترضوا تلقائيًا صحة أصل الصاج السابق.
3. شغّلوا وظيفة اكتشاف الحافة للمصنّع. يجب ألا يوجد ثقب أو حافة مكسورة أو مشبك في مسار القياس.
4. قارنوا زاوية الصاج وحدوده المحسوبة بالتوزيع المتوقع. لا تقبلوا نتيجة ذات اتجاه معكوس/زاوية غير متوقعة.
5. حدّثوا التوزيع؛ وتحققوا بفحص الإطار من بقاء العمل كله داخل الصاج.

> **! اكتشاف الحافة ليس رجوعًا مرجعيًا**
>
> إذا كان مرجع الماكينة خاطئًا فلن يصححه تعديل زاوية الصاج. أعيدوا فحص حدود الحركة عند تغيير الصاج أو المنصّة أو صفر العمل.

**لماذا؟** قد يؤدي فرق زاوية صغير إلى تجاوز الصاج في زاوية العمل البعيدة. لا يكون التحويل البرمجي موثوقًا إلا مع قياس صحيح.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **قياس حافة الصاج والزاوية المكتشفة ووضع العمل ضمن حدود الصاج الفعلية**

## 4.7 المحاكاة والبدء والاستئناف

### بدء القطع

**الهدف:** ابدؤوا أول قطع مضبوط للعمل المتحقق منه. **المتطلبات:** ملف/وصفة معتمدان، وصاج مناسب، وحواجز، وغاز، وتبريد، وشفط.

1. راجعوا التسلسل والثقوب والدخول/الخروج والتعويض والوصلات الدقيقة للمرة الأخيرة في المحاكاة.
2. أكملوا فحص الإطار والتشغيل الجاف دون شعاع وفق تسلسل القسم 3.5 .
3. تحققوا من خلو الحجرة ومنطقة المنضّة وإغلاقهما. تأكدوا من اختيار الغاز الصحيح وجاهزية الإمداد أثناء التدفق والشفط.
4. ابدؤوا القطع بطريقة المصنّع. راقبوا أول ثقب والحافة فقط عبر نافذة المراقبة/الكاميرا المعتمدة.
5. أوقفوا عند شرر غير طبيعي لأعلى أو عدم نفاذ مستمر أو تراكم أدخنة أو اصطدام أو إنذار. لا تفاقموا العيب بالاستمرار.
6. أخرجوا القطعة الأولى في وقت آمن؛ وأجروا فحص القسم 4.8 . لا تنتقلوا للإنتاج المتسلسل دون اعتماد.

> **! لا تتدخلوا في منطقة القطع**
>
> لا تضغطوا القطعة أو تخرجوا قطعة منقلبة أو تنظّفوا أمام الرأس أثناء التشغيل. أجروا التوقف اللازم ووفّروا شروط الوصول الآمن.

**لماذا؟** تكشف المحيطات الأولى الغاز الخاطئ أو صفر العمل الخاطئ مبكرًا. تزداد كلفة الخطأ في المادة والوقت كلما تقدم البرنامج.

### الإيقاف المؤقت ونقطة الاستئناف

تتيح نقطة الاستئناف (Breakpoint) العودة إلى البرنامج المقطوع من نقطة مسجّلة. تختلف حالات الغاز/الثقب/الحركة التي يحفظها التحكم بحسب الإصدار. الإيقاف المؤقت والإيقاف الطارئ وانقطاع الطاقة حالات استعادة مختلفة.

**الهدف:** تابعوا العمل المتبقي من موضع آمن ومحيط صحيح. **المتطلبات:** ثبات موضع الصاج/القطعة، وسبب توقف معلوم، وإجراء الاستئناف للبرنامج.

1. حدّدوا سبب التوقف وعالجوه. عند اصطدام أو شك في المرجع، افحصوا الميكانيك أولًا وأجروا الرجوع المرجعي والمعايرة اللازمة.
2. تحققوا من عدم تحرك الصاج والمنضّة والقطع. افحصوا ملف العمل وصفره وزاويته وضبط الطبقة.
3. راجعوا نقطة الاستئناف المحفوظة والمسار المقصوص/غير المقصوص في البرنامج. اختاروا مسافة الرجوع/إعادة الثقب وفق طريقة المصنّع.
4. يجب أن يكون مسار الرأس خاليًا أثناء الرجوع. تحققوا من أن إعادة الثقب لن تفسد الحافة النهائية أو تقع على قطعة منفصلة.
5. أغلقوا الحواجز وابدؤوا بأمر استئناف المصنّع وراقبوا أول موضع اتصال متجدد.

> **! لا تستأنفوا بالتخمين عند غياب سجل الموضع**
>
> لا يُعد الصاج المتحرك أو المرجع المفقود مصححًا بعلامة على الشاشة. إذا غابت طريقة إعادة تموضع معتمدة، فأوقفوا العمل وأعيدوا التخطيط.

**لماذا؟** بدء المحيط من خطوات سابقة ليس آمنًا في كل الظروف؛ فقد يعيد قطع قطعة تحررت بالفعل.

## 4.8 إخراج القطع وفحص القطعة الأولى والتسجيل

### إخراج القطع والهيكل المتبقي بأمان

**الهدف:** أفرغوا المادة الساخنة أو الحادة أو غير المتوازنة بتحكم. **المتطلبات:** إذن توقف/وصول، ومعدات وقاية شخصية مناسبة، ومعدات رفع، ومنطقة رص القطع.

1. تحققوا من انتهاء القطع وأمان الشعاع وركن الرأس/الجسر. لا تقتربوا قبل انتهاء حركة المنصّة.
2. قيّموا برودة القطع والخبث. غياب الاحمرار المرئي لا يعني البرودة.
3. افحصوا الوصلات الدقيقة والمناطق غير المقصوصة. لا تسحبوا القطعة بالقوة؛ أخرجوها بطريقة الفصل المحددة.
4. امنعوا سقوط القطع الصغيرة بين الشرائح وانطواء الهيكل المتبقي. طبّقوا خطة رفع/نقل مناسبة للقطع الثقيلة.
5. ارفعوا الهيكل المتبقي بتوازن؛ وافحصوا الحواف الحادة والقطع العالقة تحته. نظّفوا الطاولة في توقف آمن.

> **! لا تصعدوا فوق الهيكل المتبقي**
>
> قد تنكسر الروابط الضيقة المقصوصة تحت الوزن. لا تمدّوا أيديكم لأخذ قطع من أسفل الطاولة؛ استخدموا طريقة وصول وعزل طاقة مناسبة.

**لماذا؟** تتغير صلابة حمل الصاج بعد القطع. قد ينطوي هيكل متبقٍ كبير بحركة صغيرة ويكوّن حافة قاطعة.

### اعتماد القطعة الأولى

**الهدف:** تحققوا من الأبعاد وجودة الحافة قبل الإنتاج المتسلسل. **المتطلبات:** رسم فني وأداة قياس معايرة وقطعة باردة واستمارة تسجيل.

1. تحققوا من القطعة/المراجعة والمادة الصحيحة. قيّموا الزوائد أو فرق الحرارة المؤثر في القياس.
2. قيسوا الأبعاد الخارجية الحرجة والثقوب ومواضعها والزوايا عند الحاجة. خذوا السماحات من الرسم الفني.
3. افحصوا الحافتين العلوية/السفلية والزوائد (Dross) والمخروطية والتخطيط والحرق وتغير اللون وأثر الدخول.
4. صنّفوا العيب؛ واستعينوا بـ القسم 13 لإجراء تجربة بمتغير واحد. استخدموا شروط القياس نفسها كل مرة.
5. سجّلوا النتيجة المعتمدة بطريقة المسؤول؛ وبعد ذلك فقط تابعوا الإنتاج المتسلسل.

> **! لا تزيدوا السرعة على حساب الجودة**
>
> سقوط القطعة ليس معيار قبول كافيًا. حققوا أيضًا متطلبات الحافة للحام أو الطلاء أو التجميع.

**لماذا؟** إذا لم تُقيّم الأبعاد والحافة معًا، فقد تنتجون قطعة صحيحة الأبعاد وغير قابلة للاستخدام.

| حقل السجل | المحتوى |
|---|---|
| العمل / المادة | مراجعة الرسم واسم الملف والدفعة والنوع والسماكة والسطح |
| الوصفة | الغاز والضغط والفوهة والارتفاع والبؤرة والقدرة والسرعة وضبط الثقب |
| النتيجة | الأبعاد والحافة/الزوائد والتغيير التجريبي والصورة |
| إمكان التتبّع | الماكينة والمشغّل والتاريخ ومراجعة المعلمات والاعتماد |

زوجع سير إعداد القطع مع النهج العام للمعالجة في عائلة FSCUT ومحاور فحص القطع لدى Linde. يُعتمد إصدار البرنامج الفعلي وتعليمات مصنّع الماكينة.

05

# التعشيق (Nesting)

التعشيق هو توزيع قطع الطلب على الصاج بترتيب قابل للقطع. أحسنوا استخدام المادة؛ واحسبوا أيضًا الحرارة والحركة دون قطع وجهد فصل القطع.

## 5.1 هدف التوزيع والمصطلحات

التوزيع ليس ملء الفراغات فحسب. يهدف إلى إنتاج قطع سليمة أكثر من الصاج نفسه وتقليل الفاقد وعدد الثقوب وزمن القطع. تلغي القطع الصعبة الفك أو المنقلبة أو المتضررة بالحرارة مكسب المادة. قيّموا النتيجة بالقطع المقبولة وإجمالي العمل.

| المصطلح | معناه | فحص المشغّل |
|---|---|---|
| الصاج / اللوح | المادة الأولية التي سيُجرى عليها التوزيع. | تحققوا من نوع المادة والسماكة والأبعاد الفعلية والسطح. |
| القطعة | المحيط الخارجي المغلق والمحيطات الداخلية إن وجدت المطلوب إنتاجها. | افحصوا العدد والمراجعة والثقوب. |
| تباعد القطع (Spacing) | الفجوة بين القطع المتجاورة. | اتركوا مجالًا لمسار الدخول والتأثير الحراري. |
| هامش الحافة (Margin) | المسافة بين حد الصاج وأقرب قطعة. | راعوا الحافة المتموجة ومنطقة التثبيت والدعامات. |
| زاوية الدوران | الاتجاهات المسموح تدوير القطعة إليها في التوزيع. | حافظوا على متطلبات اتجاه الألياف والتفريش والغشاء. |
| الحافة المشتركة (Common Line) | قطع الحد المشترك بين قطعتين مرة واحدة. | تحققوا من تعويض الأبعاد وترتيب الحافة المشتركة. |
| قطعة داخل قطعة (Part-in-part) | وضع قطعة أخرى في الفتحة الداخلية التي ستُستبعد من قطعة كبيرة. | اقطعوا القطعة الداخلية قبل فصل الفتحة الحاملة لها. |
| الهيكل المتبقي (Skeleton) | شبكة الصاج المتصلة المتبقية بعد إخراج القطع. | تحققوا من عدم تفككها أثناء الرفع والتفريغ. |
| الصاج المتبقي القابل للاستخدام (Remnant) | المادة الصالحة المحفوظة للعمل التالي. | سجّلوا شكلها واتجاهها وسماكتها ومعرّف مخزونها. |

يرتبط عرض شق القطع (Kerf) بالتعويض؛ ويختلف عن تباعد القطع. افحصوا هل يقيس البرنامج التباعد من الخطوط الاسمية أم من مسارات القطع المعوّضة. لا تطبّقوا التعويض مرتين في الملف نفسه.

## 5.2 التعشيق التلقائي واليدوي

يجرّب التعشيق التلقائي عددًا كبيرًا من القطع بسرعة. إذا أخطأ العدد أو زوايا الدوران أو مقاس الصاج أو التباعد أو الهامش، أنتج نتيجة خاطئة بسرعة. يفيد التعشيق اليدوي في أعمال القطعة الواحدة والصاج المتبقي غير المنتظم والأسطح ذات متطلبات الاتجاه. تعديل النتيجة التلقائية يدويًا مناسب في أعمال كثيرة.

**الهدف:** أعدّوا توزيعًا يحافظ على شروط الإنتاج ويمكن قطعه بأمان.

**المتطلبات:** رسم معتمد وقائمة قطع ومقاس الصاج ومعلومات المادة ووصفة قطع مناسبة للماكينة.

1. أكملوا فحص المحيطات المفتوحة والخطوط المتراكبة؛ ولسير العمل استخدموا القسم 4.
2. عرّفوا الحدود الفعلية للصاج. امنعوا استخدام المناطق المعيبة أو المعوجّة أو المخصصة للتثبيت.

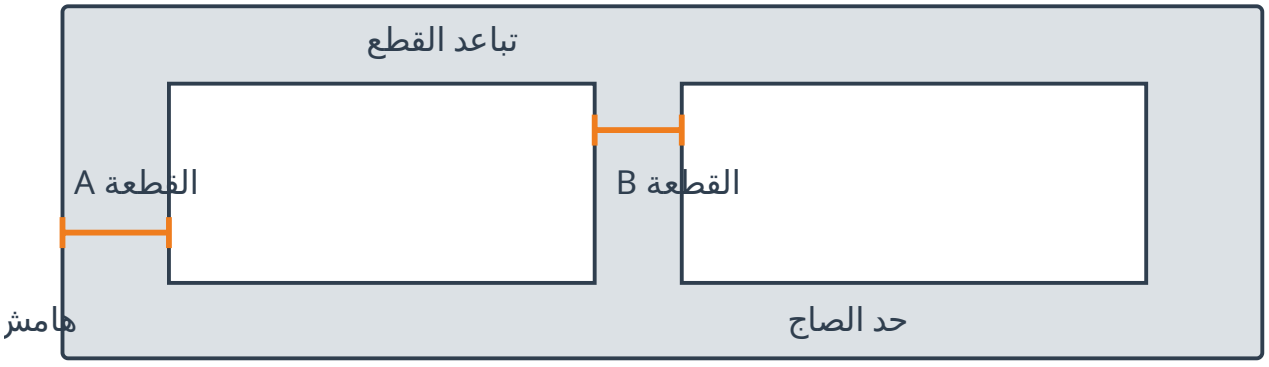
3. عيّنوا لكل قطعة العدد الصحيح وزوايا الدوران المسموحة. اقفلوا القطعة التي لا يُسمح بعكسها مرآويًا.
4. ضعوا القطع الكبيرة وذات الاتجاه الإلزامي أولًا. جرّبوا الصغيرة في المساحات المتبقية.
5. شغّلوا التعشيق التلقائي أو حرّكوا القطع يدويًا. راجعوا المداخل والحواف المشتركة والقطع المتداخلة.
6. راقبوا تسلسل القطع والحركات دون قطع في المحاكاة. قارنوا العدد الصافي بالطلب.

> **تنبيه**
> لا تلغوا قفل الاتجاه أو هامش الحافة أو التباعد الآمن لرفع نسبة الاستغلال. تحققوا من أن المساحة الخالية في المحاكاة لا تشغلها أداة تثبيت على الماكينة الفعلية.

**لماذا؟** يؤثر خطأ التوزيع في الصاج كله. حتى إذا بدت القطعة الأولى سليمة، تتغير شروط الإسناد والحرارة في القطع الأخيرة.

## 5.3 تباعد القطع وهامش الحافة والاتجاه

للتخطيط الأولي، فكّروا عادةً في تباعد لا يقل عن سماكة الصاج؛ ويُستخدم نطاق 1–3 mm كثيرًا للصاج الرقيق. هذه ليست وصفة قطع أو حدًا أدنى لكل عمل. قد تتطلب حفرة الثقب ومسار الدخول وتراكم الحرارة وإسناد القطعة فجوة أوسع. لا تنقلوا تباعد الصاج الرقيق مباشرة إلى السميك.



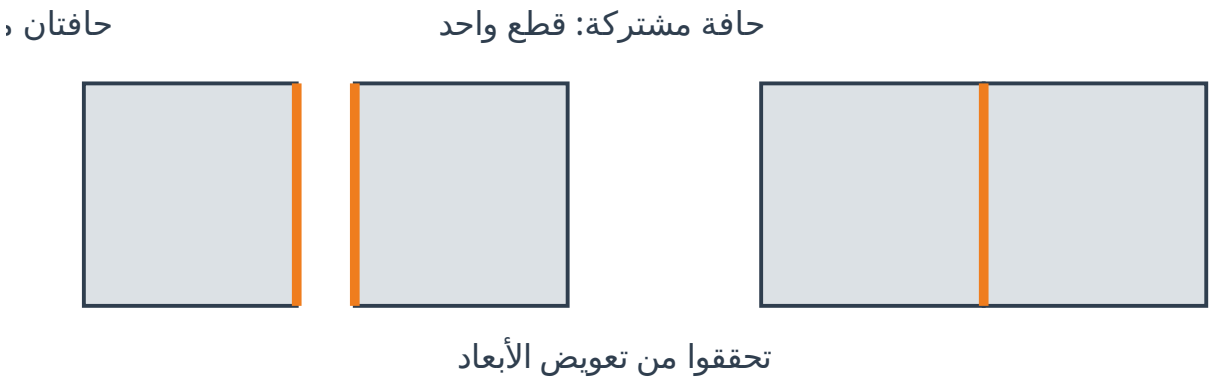

أبعاد تخطيطية. عرّفوا التباعد وهامش الحافة كلًا على حدة.

خصّصوا مكانًا للثقب ومسار الدخول عند حافة الصاج. لا تعتبروا الحافة المقصوصة باعوجاج حدًا صالحًا للاستخدام. بدل تحديد هامش ثابت، افحصوا حالة الحافة الفعلية ومسار الرأس ومنطقة عمل الماكينة.

حافظوا على اتجاه السطح في المقاوم للصدأ المفروش؛ واتجاه الدرفلة المطلوب في القطعة المعدّة للثني؛ واتجاه المظهر في الصاج الزخرفي أو المغطّى بغشاء. إذا اشترط الرسم اتجاهًا، فقيّدوا زوايا الدوران وفقه. عكس القطعة مرآويًا يختلف عن تدويرها.

## 5.4 الحافة المشتركة وقطعة داخل الثقب

قد تقلّل الحافة المشتركة مسافة القطع وعدد الثقوب في الصاج الرقيق. لا تضعوا خطين مستقلين فوق بعضهما فقط؛ استخدموا وظيفة الحافة المشتركة في البرنامج. يجب أن يناسب تعويض الخط المشترك أبعاد القطعتين. قيسوا عينة أولًا للقطع ضيقة السماحات.




الخط البرتقالي يبيّن الحافة المقصوصة. تجمع القطوع المتجاورة المتتابعة الحرارة في المنطقة نفسها في الصاج السميك.

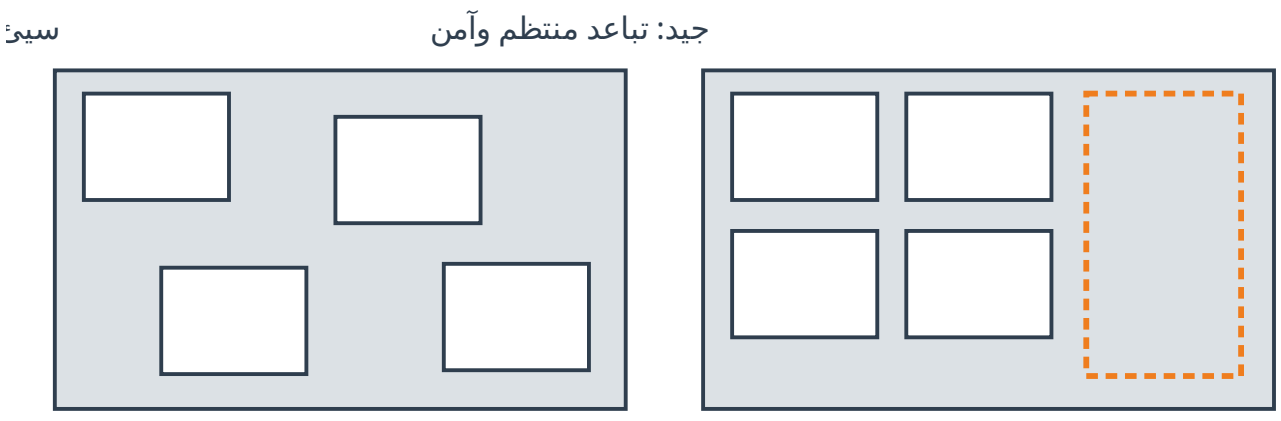
يزداد في الصاج السميك خطر إعادة تسخين الخط المشترك وحرق الزوايا وتغير الأبعاد. قارنوا مكسب التوزيع بجودة القطع وجهد الفصل. لا تطبّقوا ترتيب الحافة المشتركة نفسه على كل المواد.




لا يمكن قطع القطعة الداخلية بعد قطع الفتحة وإسقاطها. وفّروا إسنادًا للقطعة الصغيرة أيضًا على الشبكة.

## 5.5 تسلسل القطع والتوزيع الجيد

اقطعوا عادةً الثقوب الداخلية قبل المحيط الخارجي. وزّعوا القطوع على الصاج بدل تسخين مناطق متقاربة تباعًا. لا تحرّروا القطع الرفيعة الطويلة مبكرًا. لمنع سقوط القطع الصغيرة عبر الشبكة أو ارتفاعها، قيّموا الوصلات الدقيقة في القسم 6.2.




تعطي مساحة القطع المتساوية الاستغلال الآني نفسه؛ ويغيّر شكل المساحة المتبقية مكسب العمل التالي. الرسم لا يبيّن تسلسل القطع.

أقصر حركة دون قطع ليست دائمًا الأكثر أمانًا. لا تمرّروا الرأس فوق قطعة منفصلة. القسم 6.6يشرح القفز الضفدعي؛ وهو لا يجعل قطعة مرتفعة في المسار آمنة. قيّموا تماسك الهيكل المتبقي حتى نهاية القطع.

## 5.6 تسجيل الصاج المتبقي وإعادة استخدامه

**الهدف:** احفظوا البقايا الصالحة بندًا مخزنيًا معلوم المادة والحدود.

**المتطلبات:** نظام أو استمارة تسجيل البقايا، وأداة قياس، وملصق مخزون لا يُمحى، ومعدات مناولة آمنة.

1. بعد القطع انتظروا برودة الصاج. افصلوا الجزء الصالح عن الهيكل الحاد والضعيف.
2. سجّلوا درجة المادة والسماكة والدفعة ومتطلبات الاتجاه. لا تحدّدوا درجة المقاوم للصدأ من المظهر.
3. قيسوا الحدود الخارجية للبقايا؛ وسجّلوا التجاويف والعيوب. لا تكتفوا بأبعاد مستطيل يحيط بها.
4. استخدموا المعرّف نفسه للملصق الفعلي وسجل المخزون البرمجي. أضيفوا موقع التخزين.
5. عند إعادة التحميل تحققوا من الاتجاه والمرجع والدعامات والاستشعار السعوي للارتفاع. افحصوا الحدود والليزر متوقف.

> **تنبيه**
> لا تستخدموا بقايا صغيرة أو منحنية لمجرد ملاءمتها للطاولة. لا تقطعوا مادة متأرجحة وغير مسنودة على امتداد حركة الرأس.

**لماذا؟** يفسد معرّف المادة الخاطئ الطلب التالي؛ وقد تسبب الحدود الخاطئة ثقبًا في فراغ واصطدام الرأس.

## 5.7 تقسيم الهيكل المتبقي وحساب الاستغلال

يقسّم قطع الهيكل المتبقي (Scrap Cut) الشبكة إلى قطع قابلة للنقل. أبعدوا خط التقسيم عن القطعة النهائية والبقايا المراد حفظها. افحصوا الإسناد وتسلسل القطع في البرنامج؛ ولا تقسّموا بترتيب يُسقط الهيكل مبكرًا. أخرجوا الهيكل الثقيل بمعدات رفع مناسبة. لا تسحبوا الصاج يدويًا والماكينة تعمل.

> **تنبيه**
> قد يكون الهيكل ساخنًا وحادًا وغير متوازن. أوقفوا الحركة وضعوا الليزر في حالة آمنة وطبّقوا إجراء التفريغ. راعوا ارتداد الشرائط الرقيقة وسقوط القطع وتفككها أثناء الرفع.

**استغلال المساحة (%) = إجمالي المساحة الصافية للقطع المقبولة ÷ مساحة الصاج المستخدم × 100.** اطرحوا الثقوب من مساحة القطعة الصافية إذا لم تترك مادة في المنتج. يشمل المقام الفاقد وشق القطع والمساحة غير المستخدمة.

**مثال حسابي:** ليكن الصاج الواحد 1,000 × 2,000 mm. مساحته 2,000,000 $mm^2$. إذا كانت المساحة الإجمالية للقطع المقبولة بعد طرح الثقوب 1,500,000 $mm^2$، فالاستغلال 1,500,000 ÷ 2,000,000 × 100 = **75%** . لا تعتبروا كامل 25% المتبقية خردة؛ سجّلوا البقايا الصالحة فيها منفصلة. هذه الأرقام مثال لحساب المساحة فقط.

إذا استخدم البرنامج مساحة المحيط الخارجي، فقد تكون النسبة المعروضة أعلى من الاستغلال الصافي. قارنوا بالتعريف نفسه. أضيفوا إلى استغلال المادة عدد الثقوب وإجمالي مسار القطع والوقت المتوقع وجهد الفصل.

## 5.8 برامج التعشيق والفحص النهائي

| البرنامج | الاستخدام | قبل إرسال العمل |
|---|---|---|
| التعشيق داخل CypCut | تعشيق أساسي مع إعداد القطع؛ تعتمد الوظائف على الإصدار والترخيص. | تحققوا من خيارات التعشيق التلقائي والحافة المشتركة المتاحة. |
| CypNest | برنامج/إضافة تعشيق مستقل مدفوع؛ للتعشيق التلقائي وإعداد الحافة المشتركة. | تحققوا من الترخيص وتوافق الملف مع إصدار CypCut. |

| البرنامج | الاستخدام | قبل إرسال العمل |
|---|---|---|
| Lantek | حلول لتعشيق الصاج وبرمجة القطع. | تحققوا من محوّل المخرجات المناسب لماكينتكم. |
| SigmaNEST | تجميع القطع والتعشيق وإعداد الإنتاج. | تحققوا من توافق تقنية القطع مع وحدة التحكم. |
| ProNest | حل تعشيق يمكن استخدامه بتهيئات مناسبة لماكينات كثيرة، منها Durma. | دعم العلامة وحده لا يكفي؛ تحققوا من المعالج اللاحق (Post-processor) للطراز ووحدة التحكم. |

قد تختلف أسماء القوائم بحسب الإصدار؛ وفي معظم الإصدارات توجد إعدادات التعشيق والدوران والتباعد ضمن أدوات إعداد العمل. لا تقدّم كل علامة وترخيص الخيارات نفسها. أعدّوا المخرجات بمعالج لاحق مناسب للماكينة، أي تهيئة تحوّلها إلى برنامج تفهمه وحدة التحكم.

- هل العدد والمراجعة والاتجاه والمادة صحيحة؟
- هل المداخل في مساحة خالية؛ وهل ترتيب المحيطات الداخلية والحواف المشتركة صحيح؟
- هل فُحص خطر الانقلاب وحالة الهيكل النهائية؟
- هل سجل البقايا وطريقة التفريغ جاهزان؟

**المرجع:** يعتمد نطاق التعشيق والبرامج على موجز العمل. تحققوا من توصيات التباعد بقطع عينة؛ ولوصفة القطع استخدموا القسم 9.

06

# تقنيات القطع

قد تعطي الوصفة نفسها نتائج مختلفة بتغيير الدخول وتسلسل القطع. ثبّتوا القطعة أولًا؛ ثم قلّلوا أزمنة الثقب والحركة دون قطع والزوايا. تحققوا من التقنية الجديدة على عينة قبل تطبيقها على الصاج كله.

## 6.1 اختيار مسار الدخول والخروج

يُبعد مسار الدخول (Lead-in) موضع الثقب عن الحافة النهائية وينقل الشعاع إلى المحيط. ويدير مسار الخروج (Lead-out) الانتقال عند نهاية المحيط. للانتقال من الرسم إلى البرنامج راجعوا القسم 4؛ واختاروا النوع هنا وفق شكل القطعة.

| النوع | الحالة المناسبة | نقطة الفحص |
|---|---|---|
| دخول مستقيم | محيطات بسيطة ذات مساحة خردة واسعة. | أثر الالتحاق الحاد بالمحيط وبُعد حفرة الثقب. |
| دخول قوسي | قطع تتطلب التحاقًا أكثر سلاسة بالحافة النهائية. | بقاء القوس ضمن الخردة؛ وعدم تقاطعه مع قطعة مجاورة أو ثقب ضيق. |
| دخول مماسي | حواف تتطلب التحاقًا منسجمًا مع اتجاه المحيط. | ألا يدخل الامتداد المماسي في المنتج أو يسبب حرارة زائدة. |
| دخول قصير | فتحات داخلية ضيقة المساحة. | اكتمال الثقب وعدم امتداد الحفرة إلى سطح القياس. |
| دون خروج / خروج قصير | أعمال تتحرر القطعة فيها عند إغلاق المحيط. | ألا تبقى نقطة غير مقصوصة أو ثلمة محترقة مجددًا عند النهاية. |
| خروج قوسي أو مماسي | محيطات يمكن نقل أثر نهايتها إلى جهة الخردة. | ألا يتبع الخروج القطعة المنفصلة أو يقطع المحيط المجاور. |

يبقى الدخول عادةً خارج القطعة في المحيط الخارجي، وداخل الثقب المستبعد في المحيط الداخلي. افحصوا نقطة الثقب ونقطة التحاق الدخول بالمحيط كلًا على حدة. لا تضعوا الدخول في زاوية ضيقة أو سطح أبعاد وظيفي أو وصلة دقيقة. قد يلزم مجال أكبر للحفرة والتناثر في الصاج السميك.

قيّموا طول الدخول وسرعته مستقلين عن القطع الرئيسي. يزيد الدخول الطويل دون داعٍ الزمن والحرارة؛ ويصل الدخول القصير أكثر من اللازم إلى المنتج قبل استقرار القطع. خذوا الوصفة الرقمية من القسم 9 وجدول الدخول/الثقب للماكينة.

## 6.2 الوصلة الدقيقة والجسر

تُبقي الوصلة الدقيقة (Micro Joint) جزءًا صغيرًا من المحيط دون قطع لتثبيت القطعة بالهيكل المتبقي. استخدموها للقطع الصغيرة أو الرفيعة الطويلة أو الواقعة بين خطوط الإسناد. الهدف منع سقوط القطعة وارتفاعها في مسار الرأس. يتطلب أثر الوصلة على حافة ظاهرة تنظيفًا لاحقًا.

قد يعني الجسر (Bridge)، بحسب البرنامج، رابطة حاملة بين القطع أو مسارًا يجمع المحيطات. لا تحكموا من الاسم وحده؛ راقبوا في المحاكاة أين تُترك المادة وأين يجري القطع. لا تعتبروا الجسر والوصلة الدقيقة وظيفة واحدة.

| القرار | النهج الأولي | معيار قبول العينة |
|---|---|---|
| مقاس الوصلة | اختاروا توصية الماكينة/البرنامج بحسب السماكة ومقاومة المادة ووزن القطعة. | ألا ترتفع القطعة أثناء القطع أو تنثني عند الفصل. |
| عدد الوصلات | ثبّتوا القطعة الطويلة وغير المتوازنة من أكثر من نقطة مناسبة. | ألا تقطع نفثة الغاز أو القطع الأخير الوصلة. |
| الموضع | فضّلوا حافة مستقيمة يسهل الوصول إليها ولا تُشترط فيها أبعاد أو مظهر. | ألا يضر أثر الوصلة بالسطح الوظيفي. |

| القرار | النهج الأولي | معيار قبول العينة |
|---|---|---|
| سهولة الكسر | حدّدوا أقل تثبيت آمن على العينة. | أن تُفصل القطعة الباردة بأداة مناسبة دون تمزق الحافة. |

لا تنقلوا عرض وصلة ثابتًا إلى كل المواد. تنقطع الوصلة الرقيقة جدًا مبكرًا؛ وتزيد السميكة جدًا جهد الكسر. افحصوا مواقع الدعامات أيضًا: لا تعوّض الوصلة نقص الإسناد في كل الحالات.

> **تنبيه**
>
> لا تكسروا الوصلة يدويًا والماكينة تعمل. عند التفريغ ضعوا الليزر في حالة آمنة، وانتظروا برودة القطعة، واستخدموا أداة بقفازات مناسبة. وجّهوا الكسر بعيدًا عن وجوهكم والآخرين.

## 6.3 معالجة الزوايا ومنحنى القدرة–السرعة

إذا تباطأ الرأس عند الزاوية وبقيت القدرة ثابتة، زادت الطاقة لكل وحدة مسار. وقد يحرق التأثير الطارد للحرارة للأكسجين الزاوية أيضًا. عند حرق الزوايا الحادة أو اتساع الثقوب أو فقد الأبعاد، لا تقتصروا على سرعة الخط المستقيم.

ينظّم منحنى القدرة–السرعة (Power Curve) القدرة المطبّقة عند انخفاض السرعة. وقد تكون منحنيات التردد أو إعدادات النبض وظائف منفصلة في الأنظمة التي توفّرها. قد تختلف أسماء القوائم بحسب الإصدار؛ وفي معظمها توجد قدرة الزوايا والقدرة المرتبطة بالسرعة ضمن إعدادات الطبقة أو التقنية. لا تخرجوا عن نطاق تشغيل المصدر المسموح.

قد تجعل حلقة الزاوية الانعطاف الحاد أكثر سلاسة بمد المسار إلى جهة الخردة. تحققوا من عدم دخول الحلقة في قطعة مجاورة أو إخلالها بالأبعاد المطلوبة. في وظيفة التبريد تحققوا من توقف الليزر عند توقف الحركة، ومن موافقة سلوك الغاز للوصفة. الانتظار والليزر يعمل يزيد الحرارة.

- تحققوا أولًا من الفوهة والغاز وحالة السطح.
- إذا كانت الحافة المستقيمة جيدة، فافحصوا سلوك القدرة والحركة عند الزاوية.
- غيّروا المنحنى وحده وأعيدوا قطع الزاوية نفسها.
- لا تدوّروا الزوايا إلا إذا سمح الرسم الفني؛ ولا تغيّروا السماحات.

## 6.4 الثقوب الصغيرة

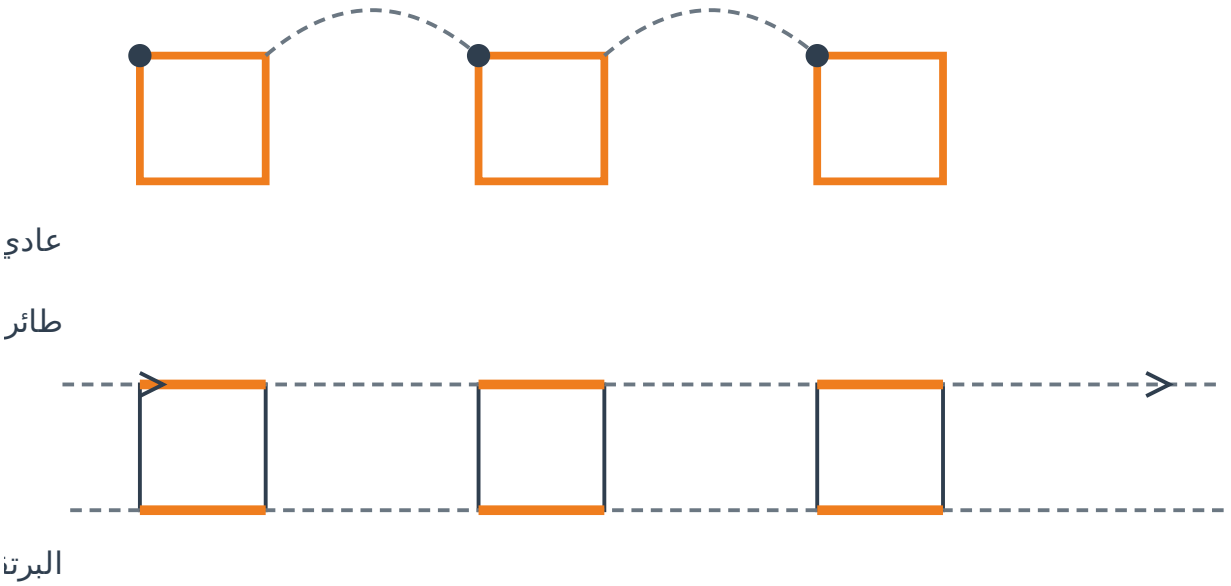
عندما يساوي قطر الثقب سماكة الصاج تقريبًا أو يقل عنها، يصعب إنتاج ثقب منتظم وعمودي وصحيح الأبعاد. هذه النسبة ليست ضمان قدرة. تؤثر معًا حفرة الثقب وقصر مسافة الحركة وخروج الغاز وتراكم الطاقة عند الزاوية.

قد يكون الوضع النبضي والسرعة المنخفضة المناسبة جزءًا من تقنية ثقوب صغيرة معتمدة. خفض السرعة وحدها كثيرًا قد يحرق الثقب ويوسّعه؛ قيّموا القدرة والتردد ونسبة التشغيل (Duty Cycle) مع التقنية المعنية. قيسوا القطر الداخلي من الأعلى والأسفل. سجّلوا البيضاوية والمخروطية منفصلتين.

إذا لم تبقَ مساحة داخلية للدخول، فلا تفرضوا الثقب على سطح القياس. قيّموا طريقة إنتاج بديلة يسمح بها الرسم؛ ولا يُستخدم ثقب إرشادي سيُشغّل لاحقًا بالمثقاب إلا باعتماد فني. لا تكبّروا قطر الرسم بقرار المشغّل.

## 6.5 القطع الطائر (Flycut)

يفتح القطع الطائر الليزر ويغلقه في مواضع مناسبة دون إيقاف حركة الرأس في الثقوب والمستطيلات المرتبة بشبكة منتظمة. في تطبيق الصاج الرقيق المناسب لا يُستخدم توقف وانتظار ثقب مستقلان لكل عنصر. يجب أن يكتمل الثقب بموثوقية أثناء الحركة؛ ولا تزول ضرورة اختراق الصاج.




مخطط لمبدأ المسار. تظهر أدناه المسوحات الأفقية فقط؛ ولا تظهر المسوحات الأخرى التي تكمل المستطيلات.

قد يوفّر إلغاء التوقفات وقتًا كبيرًا في الصاج الرقيق ذي الفتحات المنتظمة الكثيرة. لا تفترضوا نسبة توفير؛ قارنوا دورة العمل الكاملة نفسها. احسبوا أيضًا زمن تحميل الصاج وتنظيف الحواف وتصحيح الثقوب المعيبة.

| الشرط | الفحص | الخطر عند عدم تحققه |
|---|---|---|
| مصفوفة منتظمة | هل الخطوة والاتجاه والفتحات مناسبة للتقنية؟ | تزاح نقطة التشغيل/الإيقاف؛ ولا يكتمل المحيط. |
| صاج رقيق ومستوٍ | هل يمكن الثقب المستقر أثناء الحركة؟ | تظهر بدايات غير مقصوصة والتصاق سفلي. |
| ديناميكا الماكينة | هل تدعم وحدة التحكم وإشارة تشغيل المصدر والمحاور هذه الوظيفة؟ | يحدث خطأ موضع وأبعاد. |
| ثقب متحقق منه | هل تُفتح الثقوب تمامًا، بما فيها أول صف وآخره؟ | ينتشر الخطأ المتكرر على الصاج كله. |

لا تفرضوا التقنية على ثقوب عشوائية المواضع أو صاج سميك أو برنامج لا تدعمه الماكينة. قيسوا الصف الأول؛ وافحصوا آثار البداية/النهاية والزوائد. راقبوا أثر تناثر الثقب المتحرك على الزجاج الواقي.

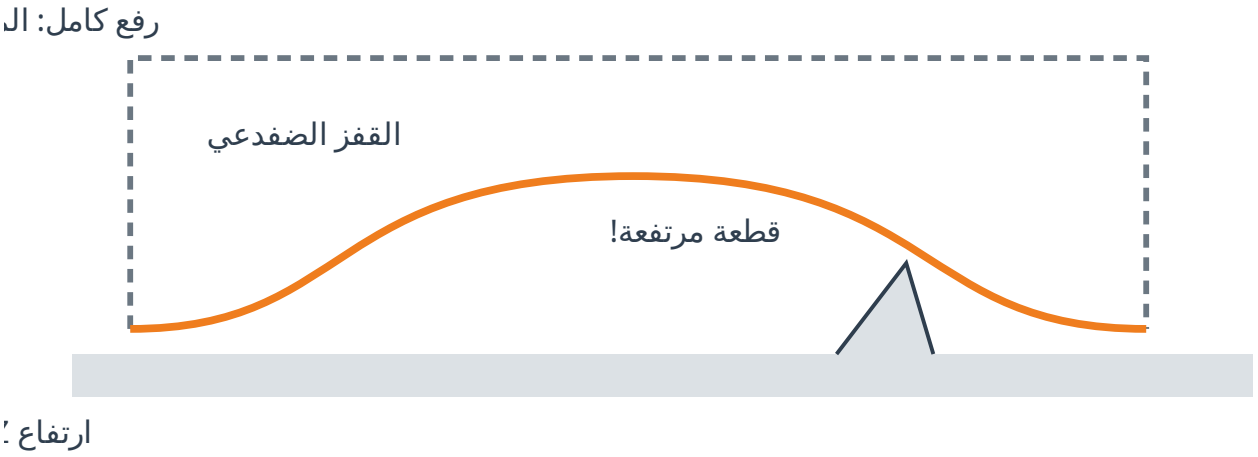
### ميّزوا الحركات المتشابهة ظاهريًا

| العملية | متى يعمل الليزر؟ | المكسب الأساسي |
|---|---|---|
| قطع محيط عادي | يتبع المحيط بعد الثقب والدخول؛ ويتوقف أثناء الانتقال إلى المحيط التالي. | مسار مرن للقطع الحرة الشكل. |
| القطع الطائر | يعمل/يتوقف بحسب الموضع أثناء حركة المسح المستمرة. | إلغاء التوقف وانتظار الثقب لكل محيط في المصفوفة المناسبة. |
| القفز الضفدعي (Leapfrog) | يكون متوقفًا أثناء الانتقال دون قطع بين المحيطات. | تقليل زمن الرفع–التقدم–الخفض دون قطع. |
| الثقب المسبق (Pre-pierce) | يعمل أولًا في نقاط ثقب منفصلة؛ ثم على مسارات القطع في المرور التالي. | إدارة الثقب وقطع المحيط بصورة منفصلة. |

وجود هذه الوظائف معًا لا يعني وجوب تفعيلها كلها في العمل نفسه. أنتجوا قطعة مقبولة بالطريقة العادية أولًا. ثم قيّموا التقنية التي تدعمها الماكينة بأثرها في الزمن الإجمالي والجودة.

## 6.6 القفز الضفدعي (Leapfrog)

يطبّق القفز الضفدعي رفعًا وخفضًا منحنيين منسّقين مع حركة XY بدل رفع محور Z إلى الارتفاع الكامل وخفضه في كل انتقال. فيقل زمن الانتقال دون قطع. يعتمد المسار الفعلي والارتفاعات المسموحة على وحدة التحكم وديناميكا الماكينة.




قد يصطدم مسار انتقال منخفض بقطعة مرتفعة. يُعرض المبدأ المكاني للحركة بدل منحنى الزمن.

أعدّوا الوصلات الدقيقة وتسلسل القطع الآمن ومسار الانتقال معًا. خصوصًا لا تمرّوا فوق قطعة تحررت بعد آخر محيط خارجي. لا تعطوا أولوية لتوفير الوقت في الصاج المتموج والبقايا غير المسنودة. لا تمثّل المحاكاة انقلاب القطع دائمًا.

## 6.7 الثقب المسبق ونقطة التبريد والتسلسل

الثقب المسبق هو فتح نقاط الثقب المحددة أولًا ثم العودة إلى محيطات القطع. يساعد في إدارة تناثر الثقب والحمل الحراري منفصلين في الصاج السميك. وقد يزيد الحركة دون قطع والغاز والوقت الإجمالي. لا تخلطوا بينه وبين القطع الطائر؛ فالثقب المسبق يتضمن دورات ثقب منفصلة.

إذا انزاحت النقطة المفتوحة مسبقًا، وقع المرور الثاني على مادة مصمتة بدل الثقب. لا تحرّكوا الصاج بين المرورين؛ وحافظوا على المرجع. تحققوا من عدم بقاء خبث ما بعد الثقب، أي تراكم المصهور المتصلّب، في مسار تتبع الرأس. لتفاصيل الثقب راجعوا القسم 12.

استخدموا نقطة التبريد أو انتظاره بوظيفة معتمدة من وحدة التحكم فقط. تحدّد الوصفة توقف الليزر وبقاء الغاز مفتوحًا أو مغلقًا. غالبًا يكون الانتقال إلى منطقة أخرى أنسب من قطع المحيط المجاور التالي والصاج ساخن.

- كيّفوا تسلسل المحيطات الداخلية ← القطع الصغيرة المسنودة ← المحيطات الخارجية الكبيرة حسب العمل.
- لا تجمعوا الحرارة في زاوية واحدة؛ وزّعوها بين القطع.
- راقبوا تسلسل الحواف المشتركة والوصلات الدقيقة بصورة مستقلة.
- افحصوا سلوك الهيكل المتبقي والبقايا عند آخر قطع خارجي.

## 6.8 إدخال تقنية جديدة إلى التشغيل

**الهدف:** تحققوا من توفير الوقت مع الحفاظ على جودة القطعة.

**المتطلبات:** وصفة أساسية معتمدة وعينة من المادة نفسها وأداة قياس وسجل تجربة.

1. اقطعوا عينة بالطريقة الأساسية. سجّلوا الأبعاد والحافة وعدد الثقوب وزمن الدورة.
2. فعّلوا تقنية واحدة فقط. افحصوا دعم البرنامج والمحاكاة.
3. افحصوا الحدود والليزر متوقف. راقبوا أول مجموعة صغيرة من خلف حماية الماكينة المغلقة.
4. قيسوا القطع بعد برودتها؛ وقارنوا الحافتين العلوية والسفلية والزوايا وأثر الدخول.
5. عند خطر اصطدام أو نقطة غير مقصوصة أو تراجع الجودة، عودوا إلى الطريقة الأساسية. احفظوا النتيجة المناسبة كوصفة ذات مراجعة.

> **تنبيه**
> لا تفتحوا الباب لمراقبة الحركة ولا تعطّلوا الأقفال. عند ظهور ارتفاع أو اصطدام في العينة، أوقفوا الدورة التلقائية بأمان.

**لماذا؟** الزمن القصير الذي يعرضه البرنامج لا يكفي للنجاح. يجب أن ينخفض الزمن الإجمالي والعمل لكل قطعة مقبولة.

## 6.9 ملاحظة موجزة عن قطع الأنابيب

نطاق هذا الدليل الصاج المسطح. في قطع الأنابيب تنشأ مخاطر مختلفة من المحاور الدوّارة والظروف ودعامات الأنبوب ونفاذ الشعاع إلى الجدار الخلفي. قد يلزم برنامج منفصل مثل TubesT وتقنية قطع أنابيب مناسبة للماكينة. لا تنقلوا تعشيق الصاج المسطح ووصفته مباشرة إلى الأنابيب.

**المرجع:** النطاق التقني: موجز العمل؛ ونهج التشخيص: وثيقة Linde المحلية «Laser cutting advice». وصفات القطع في القسم 9؛ وتحققوا من وظائف البرنامج في الإصدار المثبّت.

07

# اختيار الغاز

يطرد غاز القطع المعدن المنصهر من شق القطع ويؤثر في كيمياء الحافة. لا تختاروا الغاز بسعره وحده؛ قيّموا المادة ومتطلبات الحافة والضغط المتاح والعملية اللاحقة معًا.

## 7.1 كيف يعمل الأكسجين والنيتروجين والهواء؟

| الغاز | آلية القطع والحافة | الترتيب العام |
|---|---|---|
| $O_2$ الأكسجين (Oxygen) | الأكسدة طاردة للحرارة؛ ويوفّر التفاعل الكيميائي حرارة إضافية. يترك حافة بطبقة أكسيد في الفولاذ الكربوني. | عادةً ضغط منخفض وفوهة مزدوجة الطبقة (D) وبؤرة موجبة. |
| $N_2$ النيتروجين (Nitrogen) | يوفّر الليزر معظم الطاقة؛ ويطرد النيتروجين المصهور. بالنقاء المناسب تُنتج حافة لامعة خالية من الأكسيد. | عادةً ضغط مرتفع وفوهة أحادية الطبقة (S) وبؤرة سالبة. |
| الهواء هواء مضغوط جاف | خليط نيتروجين وأكسجين. قد يكون اقتصاديًا وسريعًا للصاج الرقيق–المتوسط؛ وقد ينتج حافة داكنة قليلًا وبزوائد قليلة. | يلزم ضاغط ومجفّف ومرشّحات مناسبة ووصفة هواء معتمدة. |

**$O_2$:** يُذكر 0.5–1.5 bar بوصفه نطاق الضغط المنخفض المعتاد للفولاذ الكربوني. تعرض صفوف $O_2$ الشائعة في جدول Maxphotonics المحلي 0.6–0.9 bar. لا تجعلوها إعدادًا عامًا؛ خذوا جميع قيم الصف المختار من القسم 9. عملية $O_2$ الخاصة بالنحاس مستثناة من تعميم الضغط المنخفض هذا.

أزيلوا طبقة الأكسيد قبل الطلاء واللحام وفق شروط العمل المعني. قد يؤثر الطلاء المباشر فوق الحافة المؤكسدة في الالتصاق. زيادة الأكسجين لا تعالج كل عيب؛ فقد يحرق الضغط المفرط الزوايا ويفسد التفاصيل الدقيقة.

**$N_2$:** يُوصف نطاق الضغط المرتفع العام بأنه 8–25 bar؛ ويعرض جدول Maxphotonics المحلي 20 bar في صفوف $N_2$ كثيرة. لا تعتبروا هذا النطاق قدرة للمعدات. تُراعى حدود المنظّم والخط والرأس المسموحة مع وصفة الماكينة. يكون الاستهلاك عادةً أكبر من القطع بـ$O_2$ بسبب ارتفاع التدفق.

**الهواء:** قد يحقق ميزة في زمن الدورة وكلفة الغاز في أعمال الصاج الرقيق–المتوسط المناسبة. لا تفترضوا حد سماكة مستقلًا عن القدرة. يمنع أكسجين الهواء إنتاج الحافة الخالية من الأكسيد نفسها كالنيتروجين. اعرضوا عينة لاعتماد المظهر وشروط العملية التالية.

> **ميّزوا النطاق من الوصفة**
>
> تشرح نطاقات الضغط العامة في هذا القسم فئات الغاز. إعداد المشغّل هو صف المادة–السماكة–القدرة في القسم 9 والجدول المعتمد للماكينة. خذوا الفوهة والبؤرة من الصف نفسه.

## 7.2 النقاء وتجهيز الهواء المضغوط

اجعلوا هدف نقاء $O_2$ لا يقل عن 99.95% (3.5). استخدموا $N_2$ بنقاء لا يقل عن 99.995%؛ واستهدفوا 5.0 (99.999%) لأعمال الجودة التي تتطلب حافة لامعة/خالية من الأكسيد. تحققوا أيضًا من حدود الرطوبة والهيدروكربونات في مواصفات Raytools BM115: $H_2O$ < 5 ppm و HC < 1 ppm. قيّموا شهادة توريد الغاز وتلوث الخط معًا؛ والتزموا بمتطلبات مصنّع الماكينة/الرأس إن كانت أشد.

قد يسبب **التلوث بالأكسجين والرطوبة** في النيتروجين تأكسد حافة القطع وتلوّنها؛ وقد تضر **الهيدروكربونات** بالبصريات. لا تضمن نسبة النقاء الإجمالية وحدها حافة بلا تلوّن في كل عمل.

وفّروا هواء مضغوطًا جافًا وخاليًا من الزيت. سلسلة التجهيز المعتادة: **ضاغط ← مجفّف مناسب ← مرشّح أولي 1 µm ← مرشّح دقيق/تجميعي 0.01 µm ← الماكينة** . رتّبوا خزان الاستقبال والتصريف والمرشّحات وفق تصميم مصنّع الضاغط. لا تزيل درجتا الترشيح هاتان وحدهما كل بخار الزيت أو الرطوبة؛ خذوا جودة الهواء المطلوبة من مصنّع الماكينة. يحدد ISO 8573-1:2010 جودة الهواء بثلاث فئات مرتبة: الجسيمات.الماء.الزيت؛ وتوصي BEKO بالفئة 1 أو 2 للجسيمات والزيت، لكن تحققوا من الثلاثية الكاملة المطلوبة لماكينتكم مع المصنّع/مورد الرأس.

- افحصوا تشغيل المجفّف وتصريف المكثفات.
- تابعوا صيانة المرشّحات وفقد الضغط؛ فالمرشّح المسدود يقلّل التدفق رغم ارتفاع ضغط الضاغط.
- إذا انتقل زيت أو ماء مع الهواء فأوقفوا القطع بالهواء؛ ولا تستأنفوا قبل معالجة السبب.
- إذا وصل الزيت/الماء إلى رأس القطع، فقد يتراكم على الزجاج الواقي ويسبب احتراقه وتلف البصريات.

**تنبيه**

لا تستخدموا الزيت أو الشحم في خط الأكسجين. اختاروا معدات الغاز للغاز المعني. لا ترخوا وصلة مضغوطة؛ واعزلوا الخط وتحققوا من زوال الضغط أثناء الصيانة. وفّروا التهوية في الأماكن المغلقة التي قد يتجمع فيها النيتروجين.

أهداف النقاء: Linde وMesserg؛ حدود $H_2O$/HC: Raytools BM115؛ فئات الهواء: ISO 8573-1 وBEKO. روابط المصادر في الملحق F.

**تجهيزات القطع بالهواء**

اكتبوا ثلاثية فئات ISO 8573-1 بترتيب الجسيمات.الماء.الزيت. تشمل توصية BEKO أعلاه فئتي الجسيمات والزيت؛ وتحققوا من الثلاثية الكاملة، بما فيها فئة الماء، مع مورّد الماكينة والرأس.

تصف أدلة البائعين Saidesi/GWK ضاغط 16 bar بأنه خيار شائع عند ≥ 3 kW، وتذكر فقداً إجمالياً قدره 1.5–3 bar عبر المجفف والمرشحات والمنظّم والأنابيب. أخذ البحث هذه الأرقام من ملخصات البحث؛ ويختلف الفقد بين المنشآت. تحققوا من الضغط أثناء تدفق القطع عند مدخل الماكينة وعند نقطة قياس باتجاه الفوهة تسمح بها الشركة المصنّعة؛ ولا تعتبروا 16 bar إعداداً للفوهة.

تختلف توصيات المجففات: تذكر ملخصات البائعين في البحث تجفيفاً بالامتزاز إلى نقطة ندى ضغط تقارب −40 °C، وتجفيفاً بالتبريد عند 3–5 °C؛ ولم يُتحقق من نسبة كل توصية إلى بائع بعينه. اختاروا نوع المجفف مع المورّد وفق فئة الماء المطلوبة وأقصى تدفق. **قاعدة DOKTEK — لا يوجد مصدر أولي:** راقبوا نقطة ندى الضغط وسجّلوها؛ وإذا تجاوزت حد القبول أو ظهر ضباب على الزجاج الواقي، أوقفوا القطع بالهواء وافحصوا المجفف والمصارف والمرشحات.

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

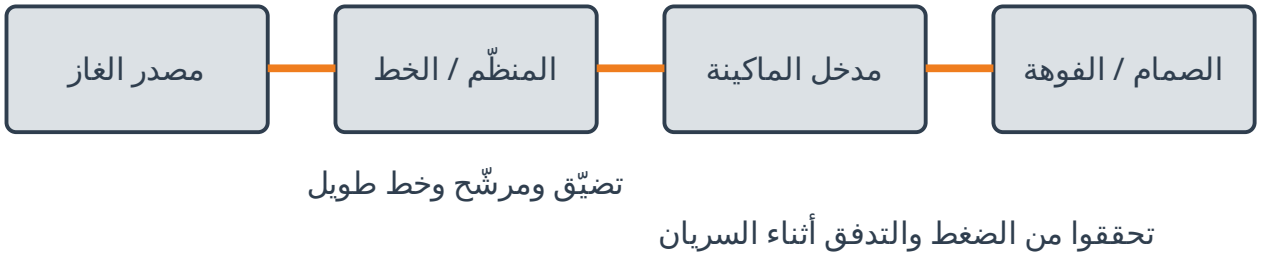
## 7.3 اختيار مصدر الغاز

| المصدر | الاستثمار | التشغيل | النقاء | الضغط والتدفق |
|---|---|---|---|---|
| أسطوانة واحدة | استثمار أولي منخفض عادةً؛ يلزم منظّم وتوصيل آمن. | عملية للاستخدام القليل؛ مع كلفة تبديل متكرر ولوجستيات. | بحسب درجة الغاز المشترى ونظافة الوصلات. | تحدّه سعة المنظّم وامتلاء الأسطوانة؛ وتقصر المدة مع تدفق $N_2$ العالي. |
| حزمة أسطوانات | مساحة وترتيب مجمّع توزيع (Manifold) أكبر من الأسطوانة. | تبديل أقل تكرارًا؛ وتهم شروط نقل الحزمة وإيجارها. | غاز بشهادة؛ ويجب الحفاظ على نظافة خط التوزيع. | إمداد أطول؛ ويجب أن يناسب الخط والمنظّم التدفق المطلوب أيضًا. |
| خزان سائل | خزان ومبخّر وبنية تحتية للموقع؛ بحسب عقد التوريد. | يمكن تقييمه للاستهلاك المرتفع المستمر؛ احسبوا الفاقد واللوجستيات. | تحدّده درجة التوريد؛ وإمداد مستقر في النظام المناسب. | يجب أن تغطي قدرة التبخير وضغط الخروج الطلب المستمر. |
| مولّد $N_2$ | استثمار أولي مرتفع؛ يلزم ضاغط وتجهيز، ومعزّز ضغط عند الحاجة. | كلفة كهرباء وصيانة ومرشّحات؛ وجدوى مرتبطة بمدة التشغيل. | يتغير التدفق المتاح مع رفع النقاء المستهدف؛ تحققوا بالقياس. | قد يلزم تخزين/معزّز لضغط القطع؛ افحصوا الطلب اللحظي. |
| ضاغط هواء | استثمار ضاغط ومجفّف ومرشّحات مناسبة للضغط والتدفق. | توجد كلفة كهرباء وصيانة وتجهيز هواء. | يبقى تركيب الهواء نفسه؛ ويحدّد التجفيف والترشيح جودته. | ملصق الضاغط لا يكفي؛ تحققوا من القيمة عند مدخل الماكينة أثناء القطع. |

مستويات الاستثمار تقييم نسبي؛ وليست سعرًا أو مدة استرداد. قارنوا العروض بالاستهلاك الشهري ونظام الورديات وظروف الموقع وعقد التوريد. إذا لم يُغطَّ تدفق الذروة، فلن يضمن خزان ممتلئ وضغط ساكن مرتفع قطعًا جيدًا.

لا تقولوا للمورّد «غاز لليزر» فقط. حدّدوا النقاء وضغط العمل والتدفق المستمر واللحظي وعدد الماكينات المتزامنة. سجّلوا هل قيس الضغط عند مخرج الأسطوانة أم مدخل الماكينة أم أثناء تدفق القطع.

### ميّزوا ضغط المصدر من نقطة القطع




ارتفاع الضغط في نقطة لا يثبت كفاية التدفق بعدها. الرسم ليس تصميم شبكة غاز.

إذا كان الضغط طبيعيًا قبل القطع ومنخفضًا أثناءه، فابحثوا في قدرة الإمداد. قد تؤثر سعة تدفق المنظّم وفتح الصمام ومقطع الخرطوم وانسداد المرشّح والاستهلاك المتزامن. لا ترفعوا الضغط فوق حد النظام لمعالجة نقص التدفق. اتركوا تعديل الخط لفنيي شبكات الغاز المخوّلين.

إذا كان تحليل الغاز عند مخرج المصدر مناسبًا لكن الحافة تتلوّن، فقيّموا احتمال الاختلاط في الخط المشترك والصمامات والوصلات. لا تحصروا السبب في مورّد الغاز أو وصفة القطع؛ سجّلوا هل تتدهور العينات في بداية العمل نفسه أم طواله.

## 7.4 اختيار الغاز بحسب المادة

| المادة | $O_2$ | $N_2$ | الهواء |
|---|---|---|---|
| فولاذ كربوني | **موصى به:** للأعمال التي تقبل حافة مؤكسدة، خصوصًا الصاج السميك. | **ممكن:** للصاج الرقيق المناسب وشرط حافة خالية من الأكسيد؛ قيّموا القدرة والاستهلاك. | **ممكن:** بوصفة صاج رقيق–متوسط متحقق منها وحافة مقبولة. |
| مقاوم للصدأ | **غير موصى به:** يخلّ بشرط الحافة الخالية من الأكسيد والسطح. | **موصى به:** بنقاء كافٍ لحافة خالية من الأكسيد. | **ممكن:** إذا قُبل تغير اللون/الأكسيد والتنظيف اللاحق. |
| فولاذ مجلفن | **غير مفضل:** تذكر GWEIKE خيار $O_2$ عند سماكة ≤3 مم بعد اختبار عينة؛ قيم تفاعل الزنك والأبخرة. | **موصى به:** بشفط أدخنة ووصفة مناسبين. | **ممكن:** بهواء جاف خالٍ من الزيت واعتماد عينة. |
| ألومنيوم | **غير موصى به:** ليس النهج القياسي في هذا الدليل. | **موصى به:** بعد التحقق من ملاءمة المصدر والرأس. | **ممكن:** إذا قُبلت شروط الحافة والزوائد بعينة. |
| نحاس أصفر | **غير موصى به:** لا يُقدّم هنا كوصفة قياسية. | **موصى به:** في نظام متحقق من ملاءمته للانعكاس المرتد (Back Reflection). | **ممكن:** فقط بوصفة يوافق عليها المصنّع صراحةً. |
| نحاس | **بحسب المصدر:** تصف BWT الأكسجين $O_2$ عالي الضغط للنحاس النقي، على نظام مناسب ومعتمد فقط. | **بحسب المصدر:** تعد Boss Laser النيتروجين $N_2$ الخيار المعتاد؛ تحقق من وصفة الماكينة. | **غير موصى به:** لا تفترضوا وصفة هواء عامة في هذا الدليل. |

**«ممكن»** لا تعني أنه يعمل بكل سماكة وقدرة. حتى الغاز الموصى به في الجدول لا يلغي ضرورة ملاءمة الماكينة للمادة. للنحاس الأصفر والنحاس طبّقوا تحذير الانعكاس المرتد في القسم 10.5. إذا غاب الصف المعني عن القسم 9، فلا تنسخوا إعداد مادة أخرى.

تختلف المصادر بشأن النحاس: تشترط شركة مصادر الليزر الصينية BWT الأكسجين $O_2$ عالي الضغط، بينما يعد المورد الغربي Boss Laser النيتروجين $N_2$ الخيار المعتاد. ويتضمن تجميع منشور باسم IPG أمثلة $N_2$/هواء أيضا؛ وهو ليس وصفة غاز من مصدر IPG أولي. لا تعتبر الغازات متكافئة؛ احصل من مصنع المصدر/الرأس على اعتماد النحاس ووصفة كاملة.

احتياطات BWT للنحاس/الألومنيوم عند ≤10 كيلوواط: استخدم الموجة المستمرة (CW) بكامل القدرة على نظام مناسب فقط؛ اختر أصغر فوهة تعمل بنجاح، وخفض سرعة الإنتاج إلى ≈80% من سرعة العينة الناجحة. أبق غاز تبريد الفوهة مفتوحا باستمرار. لا تتجاوز هذه التوصيات حدود الماكينة؛ ولا تنقل وصفة النحاس بالأكسجين عالي الضغط إلى الفولاذ الطري.

GWEIKE · BWT

## 7.5 تأخير الغاز وتطهير الخط

تأخير الغاز (Gas Delay) هو الزمن المخصص قبل بدء الليزر لوصول الغاز المختار بثبات إلى نقطة القطع. يؤثر طول الخط وتغيير الغاز وقصور التدفق في النتيجة. وقد يسبب الهواء في خط النيتروجين خاصةً تلون القطع الأولى.

**الهدف:** ابدؤوا القطع بالغاز الصحيح والتدفق المستقر.

**المتطلبات:** خط غاز معتمد ومنظّم ومؤشر ضغط مناسب ووظيفة اختبار/تطهير الغاز للماكينة.

1. تحققوا من توصيل الغاز الصحيح ومستوى الإمداد. سجّلوا درجة الغاز.
2. شغّلوا اختبار الغاز للمصنّع والليزر متوقف. افحصوا ضغط مدخل الماكينة أثناء التدفق.
3. بعد تغيير الغاز طهّروا الخط المشترك بطريقة المصنّع. اطردوا الهواء بغاز العملية.
4. اقطعوا عينة بتأخير الغاز المعتمد. قارنوا لون حافة القطعة الأولى بالتالية.
5. إذا ساءت الأولى فافحصوا التأخير واختلاط الخط. إذا استمر السوء فافحصوا النقاء والتسرب والتدفق أيضًا.

> **تنبيه**
> تطهير الخط (Purging) هنا يعني تمرير الغاز عبر مخرج الماكينة المضبوط. لا «تنفّسوا الهواء» بإرخاء وصلة مضغوطة. أديروا تصريف الغاز بتهوية كافية.

**لماذا؟** ظهور ضغط على المقياس لا يثبت وصول غاز بالنقاء الصحيح والتدفق الكافي إلى الفوهة.

## 7.6 تقييم كلفة الغاز

**كلفة الغاز = الاستهلاك × سعر الوحدة.** وحّدوا أساس الحجم للاستهلاك والسعر؛ لا تقارنوا مباشرة الحجم القياسي بحجم الخط المضغوط. أضيفوا إلى كلفة العمل الثقب والنفخ المسبق والقطع والنفخ أثناء الانتظار وفواقد التسرب.

**كلفة الغاز لكل قطعة = إجمالي كلفة غاز العمل ÷ عدد القطع المقبولة.** عادةً يزداد الاستهلاك بزيادة قطر الفوهة والضغط مع ثبات بقية الشروط. لا تفترضوا تناسبًا خطيًا بين التدفق والضغط لتختلقوا استهلاكًا؛ استخدموا قياس التدفق أو بيانات المورّد/الفوهة.

الهواء ليس مجانيًا: له كلفة كهرباء وتجفيف ومرشّحات وصيانة. ويحتاج المولّد أيضًا طاقة ومراقبة نقاء وصيانة. قيّموا في كلفة العمل الكلية هل يسبب الغاز الأرخص تنظيف زوائد إضافيًا أو إعادة تحضير للطلاء.

### تدفق الفوهة والنيتروجين لكل متر

للغاز والضغط نفسيهما ولأشكال فوهات متشابهة، يتناسب التدفق تقريباً مع مربع قطر فتحة الفوهة: $Q \propto d^2$. زيادة القطر من 1.5 mm إلى 2.0 mm تعني تدفقاً قدره $(2.0 \div 1.5)^2 = 1.78 \approx 1.8$ ضعف. لا تعتبروا ذلك قاعدة استهلاك مرتبطة بقدرة الليزر وحدها.

**$N_2$ لكل متر (L/m) = تدفق الفوهة (L/min) ÷ سرعة القطع (m/min).** بيّنوا أساس الحجم المعياري/المرجعي للتدفق واستخدموا الأساس نفسه عند المقارنة.

**مثال حسابي — افتراض:** افترضوا تدفق فوهة 300 L/min وسرعة قطع 3 m/min لهذا الحساب فقط: 300 L/min ÷ 3 m/min = 100 L/m = 0.10 $m^3$/m. هذه ليست وصفة قطع ولا تدفقاً مقاساً؛ وهي تشمل فقط مدة فتح الغاز أثناء القطع. أضيفوا غاز الثقب والنفخ المسبق ونفخ الانتظار والتسرب بصورة مستقلة إلى إجمالي المهمة.

Oxywise · Arcus

## 7.7 فحص بداية الوردية

- هل الغاز المختار مناسب للمادة ومتطلبات الحافة؟
- هل شهادة النقاء ومستوى الغاز مناسبان؟
- هل يهبط الضغط أثناء التدفق؛ وهل يوجد تقييد في المرشّح أو الخط؟
- عند استخدام الهواء، هل يعمل المجفّف والتصريف؟
- هل طُهّر الخط بعد تغيير الغاز؟
- هل نوع الفوهة وقطرها والبؤرة والارتفاع من الوصفة نفسها؟
- هل اعتُمد لون الحافة وحالة الزوائد للعينة الأولى؟

**المصادر:** بيانات القطع المحلية لـMaxphotonics MFSC/MFMC؛ ووثيقة «Linde Laser cutting advice»؛ وموجز العمل ومثال v1 المحلي للمجلفن. تُجمع الصفوف الرقمية للقطع في القسم 9.

08

# اختيار القدرة

لا تختاروا قدرة الليزر على أساس أسمك قطعة منفردة. تحدّدها معًا المواد التي تقطعونها بانتظام وتوزيع السماكات والحافة المطلوبة وحمل الوردية. قد تختلف القدرة الاسمية عن قدرة الوصفة.

## 8.1 العلاقة بين القدرة والسماكة والسرعة

في القطع بالصهر بالنيتروجين، يوفّر الليزر معظم طاقة صهر المادة. عادةً تنخفض سرعة القطع المستقر بالقدرة نفسها مع زيادة السماكة. قد تزيد القدرة الأعلى السرعة أو السماكة الممكنة مع بصريات وغاز مناسبين. لا تفترضوا أن ماكينتين بالقدرة نفسها تعطيان النتيجة نفسها في كل مادة.

تتحدد سرعة القطع بخصائص الشعاع والبؤرة والفوهة وتدفق الغاز والسطح وحركة الماكينة معًا. يشمل زمن الدورة الكلي الثقب والتباطؤ عند الزوايا والانتقال دون قطع والتحميل أيضًا. سرعة خط مستقيم طويل في الجدول ليست متوسط سرعة إنتاج قطعة كثيرة الثقوب الصغيرة.

لا تعوّضوا زجاجًا واقيًا متّسخًا أو غازًا ناقصًا أو تمركزًا خاطئًا بتغيير القدرة. تحققوا من النظام أولًا؛ وللتشخيص استخدموا القسم 13.1.

نسبة 85% من السرعة الدنيا في الجدول هي بداية التجربة الأولى (قاعدة DOKTEK — لا يوجد مصدر أولي)؛ عند قدرة ≤10 كيلوواط مع مادة سميكة أو عاكسة، استخدم للإنتاج المتسلسل ≈80% من السرعة المثبتة بالعينة. نسبة 85% تبدأ التجربة من الجدول، أما 80% فتعطي هامش إنتاج قياسا بعينة ناجحة؛ لا تطبق النسبتين تباعا على سرعة الجدول. توصية BWT بنسبة 80% تخص مباشرة النحاس/الألومنيوم عند ≤10 كيلوواط؛ تعميمها على المادة السميكة قاعدة DOKTEK — لا يوجد مصدر أولي.

BWT

## 8.2 قراءة ملخّص السماكة القصوى

هذه القائمة لا تضمن القدرة. «إنتاج» أكبر سماكة في المصدر باستبعاد ◆؛ «تجربة» تشمل ◆. وجود ★ يعني بيانات مشتقة.

| القدرة | الفولاذ الكربوني | | الفولاذ المقاوم للصدأ | | الصاج المجلفن | | الألومنيوم | | النحاس الأصفر | | النحاس | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | إنتاج mm | تجربة mm | إنتاج mm | تجربة mm | إنتاج mm | تجربة mm | إنتاج mm | تجربة mm | إنتاج mm | تجربة mm | إنتاج mm | تجربة 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 | 25 | 22 | 16 | 12 | 6 ★ | 6 ★ | 12 | 10 | 8 | 8 | 4 | 4 |
| 6 kW | 40 | 25 | 35 | 22 | 6 ★ | 6 ★ | 20 | 20 | 20 | 12 | 8 | 6 |
| 8 kW | 40 ★ | 25 ★ | 35 ★ | 22 ★ | 6 ★ | 6 ★ | 20 ★ | 20 ★ | 16 ★ | 12 ★ | 8 ★ | 6 ★ |
| 10 kW | 40 ★ | 25 ★ | 35 ★ | 22 ★ | 6 ★ | 6 ★ | 20 ★ | 20 ★ | 16 ★ | 12 ★ | 8 ★ | 6 ★ |
| 12 kW | 40 | 35 | 40 | 30 | 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 ★ | 50 ★ | 30 ★ | 6 ★ | 6 ★ | 60 | 30 | 20 | 20 | 12 | 10 |
| 30 kW | 80 | 50 | 100 | 35 | 6 ★ | 6 ★ | — | — | — | — | — | — |

هذه المساحة ملخّص القدرة–سماكة المادة المُنتج من بيانات القسم 9. **السماكة القصوى (Maximum Thickness)**ليست ضمانًا لجودة الحافة والسرعة نفسيهما في الإنتاج المستمر. اقرأوا المادة والغاز معًا؛ ولا تفسّروا خلية البيانات الناقصة بأنها قدرة صفرية أو غير محدودة.

**الهدف:** قيّموا معلومات القدرة في الملخص مع الوصفة الكاملة وظروف الإنتاج الفعلية.

**المتطلبات:** ملخص السماكة التلقائي وصف القسم 9 الكامل ومعلومات الماكينة وعينة من المادة نفسها.

1. اعثروا أولًا على قدرة المصدر وعمود المادة الصحيح.
2. للسماكة المعروضة في الملخص، انتقلوا إلى الصف الكامل في القسم 9.
3. اقرأوا الغاز والقدرة والفوهة والبؤرة والارتفاع معًا. تحققوا من توافق شروط البصريات والمصدر مع ماكينتكم.
4. ★ اعتبروا هذه العلامة قيمة مشتقة من DOKTEK؛ ◆ وهذه العلامة «قيمة تجريبية، ليست للإنتاج المتسلسل».
5. قيّموا الثقب واستمرارية القطع وجودة الحافة على العينة. اختاروا للإنتاج على أساس القطعة المقبولة.

**تنبيه**

لا تجعلوا أعلى سماكة في الملخص هدف الإنتاج اليومي. يتطلب العمل المتسلسل استقرارًا مع دفعة المادة والمحيط الطويل وعدد الثقوب وبنية الغاز. لا تستخدموا الصف التجريبي ضمانًا للإنتاج.

**لماذا؟** يسهّل الملخص الاختيار؛ أما شروط الغاز والبصريات والثقب المحددة للجودة ففي الوصفة الكاملة.

## 8.3 القدرة وديناميكا الماكينة في الصاج الرقيق

لا تعطي زيادة القدرة دائمًا زيادة إنتاج بالنسبة نفسها في الصاج الرقيق. لا تتيح القطع الصغيرة والزوايا الكثيرة للمحاور بلوغ السرعة العالية. حينها يحدّ التسارع وطريقة معالجة وحدة التحكم للمسار وسلوك تشغيل/إيقاف الليزر زمن الدورة.

ليست القدرة العالية عديمة الفائدة تمامًا؛ فقد تفيد الخطوط المستقيمة الطويلة أو القطع المناسب بالنيتروجين. لكن عند قطع قطع رقيقة وصغيرة فقط، قارنوا دورة البرنامج الفعلية بدل القدرة الاسمية الأعلى. قد يؤثر القطع الطائر وتحسين التعشيق في الزمن أيضًا؛ راجعوا القسم 6.5.

قارنوا العروض بالرسم والمادة والغاز ومعايير قبول الجودة نفسها. سجّلوا أزمنة التحميل والثقب والقطع والتفريغ منفصلة. لا تستخدموا أقصى سرعة مستقيمة بدل زمن الإنتاج الكلي.

## 8.4 $O_2$ وبنية الشعاع في الفولاذ الكربوني السميك

يوفّر التفاعل الكيميائي حرارة إضافية في القطع بالأكسجين. قد تزيد قدرة الليزر المفرطة اتساع الشق والحرق في الفولاذ الكربوني السميك. لذلك تستخدم بعض الوصفات قدرة أقل من سعة المصدر. لا تعتبروا انخفاض عمود القدرة في صفوف $O_2$ السميكة بجدول Maxphotonics المحلي خطأ مطبعيًا.

هذا الانخفاض ليس معادلة صالحة لكل السماكات. قد توجد تقنية مختلفة للفوهة/البؤرة بقدرة عالية في صف $O_2$ أرق. لا تختاروا السرعة وحدها أو القدرة وحدها من الجدول؛ حافظوا على الصف كاملًا. ليس من الضروري تشغيل مصدر عالي القدرة بأقصى قدرته دائمًا في أعمال $O_2$ السميكة.

| مثال الشعاع/الخروج | الاتجاه العام | فحص الاختيار |
|---|---|---|
| وحدة مفردة (Single Module) بليف خرج 50 µm | بؤرة صغيرة وكثافة طاقة عالية مع جودة شعاع مناسبة؛ وقد تفيد سرعة الصاج الرقيق. | قيسوا الدورة الفعلية وجودة التفاصيل الصغيرة في برنامج الصاج الرقيق. |
| وحدات متعددة (Multi Module) بليف خرج 100 µm | منطقة معالجة أوسع مع بصريات مناسبة؛ وقد تسهم في استقرار جودة الحافة بالصاج السميك. | تحققوا من الثقب واستمرارية القطع الطويل في الصاج السميك. |

يشير 50 و100 µm هنا إلى قطر قلب ليف الخرج؛ وليس قطر البؤرة المباشر على الصاج. لا تتطابق الوحدة المفردة/المتعددة مع هذين القطرين واحدًا لواحد في كل منتج. تحدّد النتيجة عدستا الموازاة والتركيز وجودة الشعاع والرأس. لا تعمّموا شروط بصريات جدول Max المحلي على كل سلاسل المنتج.

## 8.5 قائمة فحص اختيار القدرة الصحيحة

- **مزيج المواد:** حدّدوا حصة الفولاذ الكربوني والمقاوم للصدأ والمجلفن والألومنيوم والنحاس الأصفر والنحاس في العمل. تحققوا منفصلًا من ملاءمة المواد العاكسة.

- **توزيع السماكات:** ميّزوا السماكات المتكررة من الأعمال السميكة النادرة. اعتمدوا الأعمال التي تستهلك ساعات الإنتاج.
- **شكل القطعة:** هل تسود الخطوط الطويلة أم الثقوب الصغيرة والزوايا؟ قيّموا ديناميكا الماكينة وفق ذلك.
- **الوردية:** سجّلوا الدورات اليومية وعدد الثقوب والتوقفات المخططة. قطع عينة لا يمثّل قدرة وردية مستمرة.
- **الغاز:** اختاروا $O_2$ أو $N_2$ أو الهواء للجودة المطلوبة. افحصوا سعة ضغط/تدفق الخط وكلفة الغاز.
- **القبول:** قارنوا الأبعاد العلوية/السفلية والزوائد والأكسيد وزمن التشطيب في الرسم نفسه.

سجّلوا طراز المصدر والرأس والبصريات والغاز ووصفة العينة مع قدرة المصدر في سجل القرار. لتتمكنوا لاحقًا من تقييم العمل نفسه بالشروط نفسها.

**المصدر:** يتطلب جدول Maxphotonics MFSC/MFMC المحلي قراءة القدرة والشروط البصرية معًا. مقارنة 50/100 µm شرح عام في موجز العمل؛ وليست ادعاء قدرة لمنتج بعينه.

## 8.6 العمل بقدرة 12–30 كيلوواط

### ميز بين عائلتين لوصفات $O_2$

في الفولاذ الطري السميك، قد تبقى عائلة البؤرة الموجبة/القدرة المخفضة حول 2 م/دقيقة؛ وتستخدم عائلة البؤرة السالبة/القدرة الكاملة فوهة وارتفاعا وضغطا مختلفين. فيما يلي أمثلة GYC؛ يختلف سمك أول صفين، لذا فهما ليسا اختبارا مباشرا لزيادة السرعة. أرقام البؤرة قيم وحدة التحكم في المصدر؛ للتحويل إلى السطح راجع القسم 11.1. لا تنقل قيمة منفردة بين العائلتين.

| المصدر/السماكة | القدرة · السرعة | $O_2$ · الفوهة | البؤرة · الارتفاع |
|---|---|---|---|
| 12 GYC كيلوواط / 10 مم، موجبة | 7200 واط · 2,2–2,4 م/دقيقة | 0,6 بار · 1.2E | +8 مم · 0,8 مم |
| 12 GYC كيلوواط / 12 مم، سالبة | 12000 واط · 3–3,5 م/دقيقة | 1,0 بار · 1.6SP | −10 مم · 1,5 مم |
| 20 GYC كيلوواط / 12 مم، سالبة | 20000 واط · 3,2–3,5 م/دقيقة | 1,0 بار · 1.6SP | −10 مم · 1,5 مم |

GYC

### خليط $N_2$ والقطع بالهواء بقدرة عالية

تذكر The Fabricator أن إضافة $O_2$ عادة بنسبة 1,5–5% إلى $N_2$ قد توفر حرارة تفاعل تساعد في طرد المصهور إلى أسفل. لا تتحقق الملاحظات من ذلك إلا عبر مقتطف بحث؛ فلا تعتبره مكافئا لحافة $N_2$ الخالية من الأكسيد. تحقق من الخليط بعينة مع اعتماد الماكينة وشبكة الغاز؛ ولا تنقل إعدادات الغاز النقي مباشرة.

يذكر مؤلفو IPG نحو 2 م/دقيقة للفولاذ الطري 16 مم مع $O_2$ عبر قدرات 10–30 كيلوواط، مقابل أكثر من 9 م/دقيقة بالهواء عند 30 كيلوواط. وللقطع بالهواء دون زوائد عند سماكة 20 مم، يذكرون ضغطا أكبر من 16 بار عند 15 كيلوواط، و10–12 بار عند ≥20 كيلوواط. تخص هذه النتائج تجهيز اختبار IPG؛ ولا تحل محل حدود ضغط ماكينتك وجودة الهواء والرأس.

The Fabricator · IPG / Laser Focus World

### التسخين وتتبع الارتفاع وتنظيف شرائح الدعم

تبرز ملاحظة Chuangxin للفولاذ الطري السميك بقدرة عالية تسخين الفوهة. وللنحاس/الألومنيوم عند ≥10 كيلوواط، تصف BWT التسلسل: تسخين الفوهة ← انحراف الحساس السعوي ← تغير ارتفاع الفوهة أثناء القطع المستمر؛ وتوصي بسرعة إنتاج ≈80% من سرعة العينة، وغاز تبريد فوهة مستمر وتبريد البصريات بالماء. يشترط Raytools BM115 لتبريد الفوهة $N_2$ أو هواء مرشحا بضغط أقل من 1 بار، ويحظر $O_2$. لا تعمم مثال هذا الرأس على الطرز الأخرى؛ اتبع دليل رأسك.

نظف الخبث بانتظام من شرائح شبكة الدعم (slats) وافحص الإسناد والفتحات. تذكر The Fabricator أن خبث $N_2$ عند القدرة العالية قد يكون أصلب ويزيد عمل التنظيف؛ ولا تتحقق الملاحظات من هذا الادعاء إلا عبر مقتطف بحث. حدد فترات التنظيف/التبديل بحسب التراكم في إنتاجك.

Chuangxin / Laserfair · BWT · Raytools BM115 · The Fabricator

### إذا تدهورت الجودة بعد بضع دقائق

الهدف: تمييز السبب عندما تكون العينة الباردة جيدة ثم يتدهور القطع مع التسخين. المتطلبات: آخر وصفة ناجحة وسجل العينة ودليل الرأس وحالة فحص آمنة. التسلسل التالي قاعدة DOKTEK — لا يوجد مصدر أولي؛ وآلية التسخين والانحراف موثقة لدى BWT/Chuangxin.

1. أوقف القطع بأمان. افحص علامات تسخين الفوهة وفتحتها وتمركزها؛ وتحقق من استمرار غاز التبريد ومن ملاءمة التبريد المائي للرأس والبصريات.
2. افحص الفوهة/الخزف والمعايرة السعوية. والليزر متوقف، قارن الارتفاع الحقيقي بالمبين بالطريقة المعتمدة؛ لا تخف الانحراف بتغيير وصفة البؤرة.
3. افحص الزجاج الواقي وضغط/تدفق الغاز أثناء السريان والخبث على شرائح الدعم. بعد معالجة العطل، نفذ تجربة طويلة على المادة نفسها.
4. عند ≤10 كيلوواط مع مادة سميكة/عاكسة، تحقق من استقرار الإنتاج بسرعة ≈80% من سرعة العينة الناجحة؛ التعميم على المواد السميكة قاعدة DOKTEK. لا تضبط إلا متغيرا واحدا بعد استقرار المعدات والحالة الحرارية.

> **! تنبيه**
>
> لا تلمس فوهة ساخنة، ولا تعطل التبريد أو وسائل الحماية. أوقف التجربة عند الإنذار أو التناثر الكثيف أو عدم اكتمال القطع.

لماذا؟ يغير تبدل ارتفاع الفوهة بالحرارة أثر الطاقة والغاز على الصفيحة مع بقاء قيمة بؤرة وحدة التحكم نفسها؛ نجاح العينة الباردة لا يثبت استقرار الإنتاج.

09

# جداول معلمات القطع

اختر فئة القدرة والمادة والسماكة والغاز معا. تساعد الجداول على تخطيط التجربة الأولى؛ وصفة مصنع الماكينة المعتمدة لها الأولوية.

## 9.0 كيفية قراءة الجداول

كل صف وصفة قطع واحدة. أدخل الضغط والفوهة وارتفاعها والبؤرة والقدرة والسرعة معا. لا تخلط سرعة صف بفوهة أو غاز صف آخر. وجود غازين أو وصفتين للسماكة نفسها يعني شروط تشغيل منفصلة. عمود القدرة يمثل قدرة القطع الفعلية وقد يقل عن القدرة الاسمية للجدول.

1. تحقق من قدرة الماكينة وقلب الليف. قارن الرأس والبصريات في مربع الشروط بتجهيزاتك.
2. ابحث عن سماكة الصاج الفعلية في مجموعة المادة والغاز. لا تضف سماكة غير مدرجة.
3. اقطع عينة بسرعة البدء: الحد الأدنى لسرعة المصنع × 0.85، مع التقريب حسب المقدار عند الطباعة.
4. إذا كانت الحافة والأبعاد والخبث مقبولة، زد السرعة بخطوات 5–10%. السرعة القصوى هي نطاق المصنع أو قيمة استيفاء ★؛ ليست سرعة إنتاج مضمونة.
5. عند عدم استقرار القطع، توقف وافحص الغاز والبصريات. غير متغيرا واحدا في كل تجربة وسجل النتيجة.

> **! ★ و◆ لهما معنيان مختلفان**
>
> ★ قيمة مشتقة من DOKTEK أو محسوبة من قدرات مجاورة. تشير ◆ إلى تجربة أو حد قدرة أو مرجع وصفة غير مكتملة؛ وليست للإنتاج المتسلسل. قد تجتمع العلامتان في صف واحد. غياب العلامة لا يضمن القدرة الإنتاجية.

**قاعدة المجلفن ★:** حتى 6 mm، استخدم سرعة الفولاذ الكربوني $N_2$/هواء للسماكة نفسها × 0.85. إن لم يوجد الصف، استخدم سرعة المقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. انسخ بقية الإعدادات من الصف المختار؛ يعرض الغاز $N_2$/هواء. لا تضف سماكة دون صف مصدر. إذا كان المصدر يستخدم $N_2$ فقط، اختبر الهواء منفصلا ولا تفترض تكافؤ النتائج. هذه النسب تقديرات DOKTEK وليست قياسات منشورة. يستثنى جدول المجلفن بقدرة 3 kW: فهو يستخدم صفوف ملاحظة GWEIKE، $N_2$ لسماكة 1–2 mm و$O_2$ لسماكتي 3/5 mm. الفوهة والارتفاع غير محددين (—)؛ هذه مراجع ◆ غير مكتملة وليست وصفات كاملة. قد يحرق $O_2$ الزنك والطلاء؛ تلزم موافقة المصنع وتجربة على عينة.

**اختلاف التجهيزات:** قطر قلب الليف وجودة الشعاع ونسبة البصريات والرأس وتدفق الغاز وجودة الصاج تؤثر في النتيجة. تساوي W الاسمية بين مصادر Raycus وMaxphotonics (Max) وRecig IPG لا يعني وصفة واحدة. تحقق من شروط البصريات والفوهة في رؤوس Raytools وAu3tech وBOCI وPrecitec.

**البؤرة:** الموضع الفعلي: + فوق السطح و− داخل المادة. مرجع قيم جدول Raytools/CypCut هو طرف الفوهة: البؤرة بالنسبة للسطح ≈ قيمة وحدة التحكم + ارتفاع الفوهة. 0 + 1 مم ← فوق السطح بنحو 1 مم؛ و−1 + 1 مم ← على السطح. تحقق من المرجع في دليل وحدة التحكم؛ القسم 11.1. أضيفت + للقيم الموجبة غير الموقعة. S فوهة بطبقة واحدة وD بطبقتين؛ الأقطار المفصولة بـ «/» بدائل.

**حساب الاستيفاء:** تستخدم جداول 6–12 kW لقدرتي 8 و10 kW، وجداول 15–30 kW للفولاذ الكربوني والمقاوم للصدأ عند 20 kW. تحسب حدود السرعة الدنيا والعليا خطيا ومنفصلة للصفوف المشتركة في المادة والغاز والسماكة. تأتي الإعدادات المساعدة من القدرة الأعلى المجاورة. تؤخذ W منها وتحد بالقدرة الاسمية المستهدفة؛ ويشمل ذلك ★. لا يستوفى مفتاح له وصفات متعددة ملتبسة.

راجع data/veri_raporu.md للكتل المصححة ومصدر كل صف. أصبح صف النحاس الأصفر 6 mm عند 12 kW متاحا بسرعة 9–11 m/min من مصدر 100 µm. استبدلت كتلة الألومنيوم 6 kW بكتلة 100 µm؛ ولا تستخدم الصفوف القديمة الموسومة «2000/98». صفوف 6 kW مع $O_2$ لسماكات 30–40 mm والمقاوم للصدأ لسماكات 25–35 mm هي حدود قدرة ◆.

نسبة 85% من السرعة الدنيا في الجدول هي بداية التجربة الأولى (قاعدة DOKTEK — لا يوجد مصدر أولي)؛ عند قدرة ≤10 كيلوواط مع مادة سميكة أو عاكسة، استخدم للإنتاج المتسلسل ≈80% من السرعة المثبتة بالعينة. نسبة 85% تبدأ التجربة من الجدول، أما 80% فتعطي هامش إنتاج قياسا بعينة ناجحة؛ لا تطبق النسبتين تباعا على سرعة الجدول. توصية BWT بنسبة 80% تخص مباشرة النحاس/الألومنيوم عند ≤10 كيلوواط؛ تعميمها على المادة السميكة قاعدة DOKTEK — لا يوجد مصدر أولي.

BWT

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

Bodor · GYC

# 9.1 1 kW (1000 W)

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| Maxphotonics MFSC-1000 · 50 µm | Raytools · 100/125 | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 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 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |
| **الصاج المجلفن** ★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm. | | | | | | | | |
| 1 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S1.0 | 0.5 | 0 / -1 | 1000 | **17** | 20 – 22 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S1.5 / S2.0 | 0.5 | -1.5 / -2 | 1000 | **5.2** | 6.2 – 6.7 |
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S2.0 / S2.5 / S3.0 | 0.5 | -2.5 / -3 | 1000 | **1.9** | 2.2 – 2.4 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.0 | 0.5 | -3.5 / -4 | 1000 | **0.65** | 0.76 – 0.95 |
| 5 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.5 / S4.0 | 0.5 | -3.5 / -4 | 1000 | **0.48** | 0.57 – 0.67 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.5 / S4.0 | 0.5 | -5 / -5.5 | 1000 | **0.40** | 0.48 – 0.57 |
| **الألومنيوم** انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس. | | | | | | | | |
| 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 |
| **النحاس الأصفر** انعكاسية عالية. | | | | | | | | |
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3** | $N_2$ | 20 | ◯ **S2.0 / S2.5 / S3.0** | 0.5 | -2 / -2.5 | 1000 | **0.94** | 1.1 – 1.3 |

S فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf; Maxphotonics MFSC/MFMC؛ ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

النحاس: لا يوجد صف في المصدر؛ استشر المصنع.

# 9.2 1.5 kW (1500 W)

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| Maxphotonics MFSC-1500 · 50 µm | Raytools · 100/125 | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة · الـ Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 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 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |
| **الصاج المجلفن** ★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm. | | | | | | | | |
| 1 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S1.0 | 0.5 | 0 / -1 | 1500 | **25** | 29 – 31 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S1.5 / S2.0 | 0.5 | -1.5 / -2 | 1500 | **7.3** | 8.6 – 9.5 |
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S2.0 / S2.5 / S3.0 | 0.5 | -2.5 / -3 | 1500 | **3.4** | 4 – 4.3 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.0 | 0.5 | -3.5 / -4 | 1500 | **1.7** | 2 – 2.2 |
| 5 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.5 / S4.0 | 0.5 | -3.5 / -4 | 1500 | **1.3** | 1.5 – 1.7 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.5 / S4.0 | 0.5 | -5 / -5.5 | 1500 | **0.81** | 0.95 – 1.1 |
| **الألومنيوم** انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس. | | | | | | | | |
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | $N_2$ | 20 | S3.5 / S4.0 | 0.5 | -3.5 / -4 | 1500 | **0.68** | 0.8 – 1 |

### النحاس الأصفر انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $N_2$ | 20 | S1.0 / S1.2 / S1.5 | 0.5 | 0 / -0.5 | 1500 | **21** | 25 – 27 |
| 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 |

S فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** Maxphotonics MFSC/MFMC; https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf؛ ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

النحاس: لا يوجد صف في المصدر؛ استشر المصنع.

# 9.3 2 kW (2000 W)

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| Maxphotonics MFMC-2000 · 50 µm | Raytools · 100/200 | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 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 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |
| **الصاج المجلفن** ★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm. | | | | | | | | |
| 1 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S1.0 / S1.2 / S1.5 | 0.5 | 0 / -1 | 2000 | **24** | 29 – 30 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S1.5 / S2.0 | 0.5 | -1.5 / -2 | 2000 | **8.1** | 9.5 – 10 |
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S2.0 / S2.5 / S3.0 | 0.5 | -2.5 / -3 | 2000 | **4.0** | 4.8 – 5.7 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.0 | 0.5 | -3.5 / -4 | 2000 | **2.4** | 2.9 – 3.3 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.5 / S4.0 | 0.5 | -5 / -5.5 | 2000 | **1.0** | 1.2 – 1.4 |
| **الألومنيوم** انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس. | | | | | | | | |
| 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 |
| **النحاس الأصفر** انعكاسية عالية. | | | | | | | | |
| 3 | $N_2$ | 20 | S2.0 / S2.5 / S3.0 | 0.5 | -2 / -2.5 | 2000 | **2.4** | 2.8 – 3.2 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | $N_2$ | 20 | ◯ **S3.0** | 0.5 | -3 / -3.5 | 2000 | **1.3** | 1.5 – 1.7 |

S فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** Maxphotonics MFSC/MFMC; https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf؛ ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

النحاس: لا يوجد صف في المصدر؛ استشر المصنع.

# 9.4 3 kW (3000 W)

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| Maxphotonics MFMC-3000 · 50 µm | Raytools · 100/200 | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

قد تختلف شروط الرأس والبصريات في الصفوف الإضافية عن جدول Max الأساسي. راجع ملاحظة المصدر أدناه.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 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 | $N_2$ / هواء | 10 | S1.5 | 1 | 0 | 3000 | **24** | 28 – 35 |
| 2 ◆ | $N_2$ | 12 – 16 | S2.0 | 0.5 | -1 / -1.5 | 3000 | **24** | 28 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |
| **الصاج المجلفن** GWEIKE بقدرة 3 kW: $N_2$ لسماكة 1–2 mm؛ و$O_2$ لسماكتي 3 و5 mm. الفوهة والارتفاع غير مذكورين في ملاحظات المصدر (—)؛ ◆ مرجع وليس للإنتاج المتسلسل. قد يحرق $O_2$ الطلاء؛ تحقق بعينة. | | | | | | | | |
| 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 |
| **الألومنيوم** انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس. | | | | | | | | |
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

**النحاس الأصفر** انعكاسية عالية.

| 3 | $N_2$ | 20 | ◯ S2.0 / S2.5 / S3.0 | 0.5 | -2 / -2.5 | 3000 | **3.8** | 4.5 – 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

S فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** 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 للفولاذ المجلفن (ملاحظة بحثية): https://www.gwklaser.com/how-to-cut-galvanized-sheet-metal.html ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

النحاس: لا يوجد صف في المصدر؛ استشر المصنع.

# 9.5 4 kW (4000 W)

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| Maxphotonics MFMC-4000 · 50 µm | Raytools · 100/200 | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

قد تختلف شروط الرأس والبصريات في الصفوف الإضافية عن جدول Max الأساسي. راجع ملاحظة المصدر أدناه.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 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 | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 0.6 | 0 | 4000 | **34** | 40 – 50 |
| 2 | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 0.6 | -1 | 4000 | **13** | 15 – 20 |
| 3 | $N_2$ / هواء | 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 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |
| **الصاج المجلفن** ★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm. | | | | | | | | |
| 1 ★ | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 0.6 | 0 | 4000 | **29** | 34 – 43 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 0.6 | -1 | 4000 | **11** | 13 – 17 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 0.6 | -1 | 4000 | **7.2** | 8.5 – 10 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.0 | 0.5 | -3.5 / -4 | 4000 | **5.2** | 6.2 – 6.7 |
| 5 ★ | $N_2$ / هواء | 14 | S3.0 | 0.5 | -2 | 4000 | **3.2** | 3.8 – 4.8 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 20 | S3.5 / S4.0 | 0.5 | -5 / -5.5 | 4000 | **1.8** | 2.1 – 2.4 |

**الألومنيوم** انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

**النحاس الأصفر** انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

**النحاس** اتبع غاز صف المصدر؛ انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

S فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf; جدول المصنع Maxphotonics MFSC/MFMC; kW: 4 https://www.bestsheetmetalmachine.com/4000w-laser-cutting-parameters/؛ ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

ملاحظة المصدر: تحفظ الوصفات الناقصة من جدول Max الأساسي في JSON بملاحظة «المصدر: جدول المصنع 4 kW».

# 9.6 6 kW (6000 W)

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| KRRASS / BSM · مصادر مختلطة؛ اتبع مصدر كل صف · 50 / 100 µm؛ بحسب المادة | لا يحدد المصدر طرازا واضحا · غير محدد لهذا الجدول في المصدر | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

## الفولاذ الكربوني اتبع الغاز والقدرة في كل صف.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 0.6 | 0 | 6000 | **51** | 60 – 80 |
| 2 | $N_2$ / هواء | 12 | S2.0 | 0.5 | -0.5 | 6000 | **34** | 40 – 45 |
| 3 | $N_2$ / هواء | 14 | S3.0 | 0.5 | -1.5 | 6000 | **20** | 23 – 28 |
| 4 | $N_2$ / هواء | 14 | S3.0 | 0.5 | -3 | 6000 | **13** | 15 – 20 |
| 5 | $N_2$ / هواء | 16 | S3.5 | 0.5 | -3.5 | 6000 | **8.5** | 10 – 13 |
| 6 | $N_2$ / هواء | 18 | S3.5 | 0.5 | -4 | 6000 | **6.0** | 7 – 9 |

## الفولاذ المقاوم للصدأ $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

### الصاج المجلفن

★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 ★ | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 0.6 | 0 | 6000 | **43** | 51 – 68 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 12 | S2.0 | 0.5 | -0.5 | 6000 | **29** | 34 – 38 |
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 14 | S3.0 | 0.5 | -1.5 | 6000 | **17** | 20 – 24 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 14 | S3.0 | 0.5 | -3 | 6000 | **11** | 13 – 17 |
| 5 ★ | $N_2$ / هواء | 16 | S3.5 | 0.5 | -3.5 | 6000 | **7.2** | 8.5 – 11 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 18 | S3.5 | 0.5 | -4 | 6000 | **5.1** | 6 – 7.7 |

### الألومنيوم

انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

### النحاس الأصفر

انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

### النحاس

اتبع غاز صف المصدر؛ انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $O_2$ | 10 | S3.0 | 0.5 | -1 | 6000 | **26** | 30 – 35 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة  + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة  ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK  ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** KRRASS 6000W ($O_2$ والمقاوم للصدأ السميك: 50 µm؛ الفولاذ الكربوني $N_2$ والمقاوم للصدأ الرقيق: وحدة واحدة 100 µm؛ الألومنيوم: وحدات متعددة 100 µm؛ BSM12 للنحاس الأصفر والنحاس 6000 W; https://www.krrass.com/6000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters/ ; https://www.bestsheetmetalmachine.com/12000w-laser-cutting-parameters/؛ ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

# ★ 9.7 8 kW (8000 W)

> **! جدول استيفاء**
>
> لم يتوفر جدول منشور كامل لهذه القدرة؛ القيم مستوفاة بين قدرتين مجاورتين. تحقق بقطع تجريبي.

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| ★ استيفاء سرعة 6–12 kW · 50 / 100 µm (بحسب صفوف المصدر المجاورة) | من صف 12 · 100/125 kW: Jiaqiang (12 kW) | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 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 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S2.0 | 0.5 | 0 | 8000 | **51** | 60 – 80 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -0.5 | 8000 | **35** | 42 – 47 |
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 8000 | **22** | 26 – 31 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 8000 | **15** | 18 – 23 |
| 5 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 8000 | **11** | 13 – 16 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 8000 | **8.5** | 10 – 13 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |
| 10 ★ | $N_2$ | 14 | S5.0 | 0.5 | -3 | 8000 | **2.7** | 3.2 – 4 |

**الصاج المجلفن** ★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S2.0 | 0.5 | 0 | 8000 | **43** | 51 – 68 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -0.5 | 8000 | **30** | 35 – 40 |
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 8000 | **19** | 22 – 27 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 8000 | **13** | 15 – 19 |
| 5 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 8000 | **9.6** | 11 – 14 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 8000 | **7.2** | 8.5 – 11 |

**الألومنيوم** انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

**النحاس الأصفر** انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

**النحاس** اتبع غاز صف المصدر؛ انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة  + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة  ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK  ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** 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؛ ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

★ تطبع نطاقات السرعة بمنزلتين عشريتين كحد أقصى.

# ★ 9.8 10 kW (10000 W)

> **! جدول استيفاء**
>
> لم يتوفر جدول منشور كامل لهذه القدرة؛ القيم مستوفاة بين قدرتين مجاورتين. تحقق بقطع تجريبي.

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| ★ استيفاء سرعة 6–12 · 50 / 100 kW (بحسب صفوف المصدر المجاورة) µm | من صف 12 · 100/125 kW: Jiaqiang (12 kW) | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 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 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S2.0 | 0.5 | 0 | 10000 | **51** | 60 – 80 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -0.5 | 10000 | **37** | 43 – 48 |
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 10000 | **25** | 29 – 35 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 10000 | **17** | 20 – 25 |
| 5 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 10000 | **14** | 17 – 20 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 10000 | **11** | 13 – 16 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة الوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |
| 10 ★ | $N_2$ | 14 | S5.0 | 0.5 | -3 | 10000 | **3.9** | 4.6 – 5.5 |

**الصاج المجلفن** ★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة الوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S2.0 | 0.5 | 0 | 10000 | **43** | 51 – 68 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -0.5 | 10000 | **31** | 37 – 41 |
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 10000 | **21** | 25 – 29 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 10000 | **15** | 17 – 22 |
| 5 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 10000 | **12** | 14 – 17 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 10000 | **9.4** | 11 – 14 |

**الألومنيوم** انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة الوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

**النحاس الأصفر** انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة الوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

**النحاس** اتبع غاز صف المصدر؛ انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة الوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** 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؛ ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

★ تطبع نطاقات السرعة بمنزلتين عشريتين كحد أقصى.

# 9.9 12 kW (12000 W)

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| KRRASS · مصادر مختلطة؛ اتبع مصدر كل صف · 50 / 100 µm؛ بحسب المادة | Jiaqiang (اسم المصدر) · 100/125 | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 1 | $N_2$ / هواء | 8 | S2.0 | 0.5 | 0 | 12000 | **51** | 60 – 80 |
| 2 | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -0.5 | 12000 | **38** | 45 – 50 |
| 3 | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 12000 | **27** | 32 – 38 |
| 4 | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 12000 | **20** | 23 – 28 |
| 5 | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 12000 | **17** | 20 – 23 |
| 6 | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 12000 | **14** | 16 – 20 |
| 8 | $N_2$ / هواء | 8 | S5.0 | 0.5 | -3 | 12000 | **8.5** | 10 – 13 |
| 10 | $N_2$ / هواء | 10 | S5.0 | 0.5 | -3 | 12000 | **4.7** | 5.5 – 7.5 |
| 12 | $N_2$ / هواء | 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 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |
| 10 | $N_2$ | 14 | S5.0 | 0.5 | -3 | 12000 | **5.1** | 6 – 7 |
| 1 | هواء | 10 | S2.0 | 1 | 0 | 12000 | **51** | 60 – 70 |
| 2 | هواء | 12 | S2.0 | 0.5 | 0 | 12000 | **30** | 35 – 45 |
| 3 | هواء | 13 | S3.0 | 0.5 | -0.5 | 12000 | **26** | 30 – 35 |
| 4 | هواء | 12 | S3.0 | 0.5 | -1 | 12000 | **17** | 20 – 26 |
| 5 | هواء | 12 | S3.5 | 0.5 | -1 | 12000 | **13** | 15 – 20 |
| 6 | هواء | 12 | S4.0 | 0.5 | -1.5 | 12000 | **10** | 12 – 15 |
| 8 | هواء | 13 | S5.0 | 0.5 | -3 | 12000 | **7.7** | 9 – 11 |
| 10 | هواء | 14 | S5.0 | 0.5 | -3 | 12000 | **6.0** | 7 – 8 |

**الصاج المجلفن** ★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S2.0 | 0.5 | 0 | 12000 | **43** | 51 – 68 |
| 2 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -0.5 | 12000 | **33** | 38 – 43 |
| 3 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 12000 | **23** | 27 – 32 |
| 4 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S3.0 | 0.5 | -1 | 12000 | **17** | 20 – 24 |
| 5 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 12000 | **14** | 17 – 20 |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.0 | 0.5 | -2 | 12000 | **12** | 14 – 17 |

**الألومنيوم** انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

**النحاس الأصفر** انعكاسية عالية.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $N_2$ | 10 | S2.0 | 0.6 | 0 | 12000 | **34** | 40 – 50 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 |

**النحاس** اتبع غاز صف المصدر؛ انعكاسية عالية.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** KRRASS 12 kW (الفولاذ الكربوني والمقاوم للصدأ السميك: 50 µm؛ الألومنيوم والنحاس الأصفر والنحاس والمقاوم للصدأ الرقيق: 100 µm); https://www.krrass.com/12000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters ; https://www.krrass.com/12kw-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/ ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

# 9.10 15 kW (15000 W)

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| MAX/Raycus/IPG · وحدات متعددة · 100 µm | Jiaqiang (اسم المصدر) · 100/125 | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 1 | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 1 | 0 | 15000 | **51** | 60 – 80 |
| 2 | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 0.5 | 0 | 15000 | **43** | 50 – 60 |
| 3 | $N_2$ / هواء | 12 | S3.0 | 0.5 | 0 | 15000 | **26** | 30 – 33 |
| 4 | $N_2$ / هواء | 12 | S3.0 | 0.5 | 0 | 15000 | **20** | 23 – 26 |
| 5 | $N_2$ / هواء | 12 | S3.5 | 0.5 | 0 | 15000 | **17** | 20 – 22 |
| 6 | $N_2$ / هواء | 12 | S3.5 | 0.5 | 0 | 15000 | **14** | 17 – 19 |
| 8 | $N_2$ / هواء | 12 | S4.0 | 0.5 | -1 | 15000 | **9.4** | 11 – 12 |
| 10 | $N_2$ / هواء | 13 | S4.0 | 0.5 | -1 | 15000 | **6.0** | 7 – 8 |
| 12 | $N_2$ / هواء | 13 | S4.5 | 0.5 | -2 | 15000 | **4.3** | 5 – 6 |
| 14 | $N_2$ / هواء | 15 | S4.5 | 0.5 | -6 | 15000 | **3.4** | 4 – 4.5 |
| 16 | $N_2$ / هواء | 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 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |
| 1 | هواء | 10 | S3.0 | 1 | -1 | 15000 | **51** | 60 – 80 |
| 2 | هواء | 12 | S3.0 | 0.5 | -1 | 15000 | **34** | 40 – 60 |
| 3 | هواء | 13 | S3.5 | 0.5 | -1 | 15000 | **26** | 30 – 35 |
| 4 | هواء | 14 | S3.5 | 0.5 | -2 | 15000 | **21** | 25 – 28 |
| 5 | هواء | 16 | S4.0 | 0.5 | -4 | 15000 | **19** | 22 – 25 |
| 6 | هواء | 16 | S4.5 | 0.5 | -4 | 15000 | **15** | 18 – 20 |
| 8 | هواء | 16 | S4.5 | 0.5 | -4 | 15000 | **8.5** | 10 – 12 |
| 10 | هواء | 16 | S4.5 | 0.5 | -5 | 15000 | **6.8** | 8 – 9 |
| 12 | هواء | 18 | S4.5 | 0.5 | -6 | 15000 | **5.1** | 6 – 7 |
| 14 | هواء | 18 | S5.0 | 0.5 | -8 | 15000 | **3.4** | 4 – 4.2 |
| 16 | هواء | 20 | S5.0 | 0.5 | -10 | 15000 | **2.1** | 2.5 – 3 |
| 18 | هواء | 20 | S5.0 | 0.5 | -10 | 15000 | **1.7** | 2 – 2.3 |
| 20 | هواء | 25 | S5.0 | 0.5 | -15 | 15000 | **1.5** | 1.8 – 2 |
| 25 | هواء | 25 | S6.0 | 0.5 | -19 | 15000 | **1.0** | 1.2 – 1.4 |
| 30 | هواء | 25 | S6.0 | 0.5 | -21 | 15000 | **0.68** | 0.8 – 1 |
| 35 | هواء | 25 | S6.0 | 0.5 | -24 | 15000 | **0.34** | 0.4 – 0.6 |

### الصاج المجلفن

★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm.

| | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1★ | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 1 | 0 | 15000 | **43** | 51 – 68 |
| 2★ | $N_2$ / هواء | 10 | S2.0 | 0.5 | 0 | 15000 | **36** | 43 – 51 |
| 3★ | $N_2$ / هواء | 12 | S3.0 | 0.5 | 0 | 15000 | **22** | 26 – 28 |
| 4★ | $N_2$ / هواء | 12 | S3.0 | 0.5 | 0 | 15000 | **17** | 20 – 22 |
| 5★ | $N_2$ / هواء | 12 | S3.5 | 0.5 | 0 | 15000 | **14** | 17 – 19 |
| 6★ | $N_2$ / هواء | 12 | S3.5 | 0.5 | 0 | 15000 | **12** | 14 – 16 |

### الألومنيوم

انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس.

| | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة النوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 |

**النحاس الأصفر** انعكاسية عالية.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 |
| **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 |

**النحاس** اتبع غاز صف المصدر؛ انعكاسية عالية.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة  + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة  ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK  ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** KRRASS 15000W؛ مطابقة السماكات مع BSM15; https://www.krrass.com/1500w-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/ ; https://www.bestsheetmetalmachine.com/15000w-laser-cutting-parameters/؛ ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

# ★ 9.11 20 kW (20000 W)

> **جدول استيفاء**
>
> لم يتوفر جدول منشور كامل لهذه القدرة؛ القيم مستوفاة بين قدرتين مجاورتين. تحقق بقطع تجريبي.

صفوف الألومنيوم والنحاس الأصفر والنحاس عند 20 kW بيانات فعلية من المصنع بقدرة 20000 W، دون ★. الفولاذ الكربوني والمقاوم للصدأ قيم استيفاء ★.

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| ★ استيفاء سرعة 15–30 kW؛ ألومنيوم/نحاس أصفر/نحاس: 20000 W فعلية · 100 µm (الجداول المجاورة) | صف 30 kW؛ الطراز غير محدد · غير محدد في المصدر | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 8 ★ | $N_2$ / هواء | 10 | S4.5 | 0.5 | -1 | 20000 | **12** | 14 – 16 |
| 10 ★ | $N_2$ / هواء | 10 | S4.5 | 0.5 | -2 | 20000 | **8.2** | 9.7 – 12 |
| 12 ★ | $N_2$ / هواء | 12 | S4.5 | 0.5 | -3 | 20000 | **5.7** | 6.7 – 8.7 |
| 14 ★ | $N_2$ / هواء | 14 | S4.5 | 0.5 | -3 | 20000 | **4.8** | 5.7 – 6.5 |
| 16 ★ | $N_2$ / هواء | 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 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 6 ★ | $N_2$ | 8 | S4.5 | 0.5 | -2‡ / +1 | 20000 | **18** | 21 – 24 |
| 8 ★ | $N_2$ | 8 | S5.0 | 0.5 | -2 / -1 | 20000 | **13** | 15 – 17 |
| 10 ★ | $N_2$ | 8 | S5.0 | 0.5 | -3 / -1 | 20000 | **10** | 12 – 14 |
| 12 ★ | $N_2$ | 10 | S5.0 | 0.5 | -5 / -1 | 20000 | **7.7** | 9 – 10 |
| 14 ★ | $N_2$ | 14 | S5.0 | 0.5 | -5 / -3 | 20000 | **4.8** | 5.7 – 7 |
| 16 ★ | $N_2$ | 14 | S5.0 | 0.5 | -5 / -4 | 20000 | **3.8** | 4.5 – 5.7 |
| 18 ★ | $N_2$ | 16 | S5.0 | 0.5 | -6 / -5 | 20000 | **2.7** | 3.2 – 3.9 |
| 20 ★ | $N_2$ | 20 | S6.0 | 0.5 | -6 / -5 | 20000 | **2.3** | 2.7 – 3.3 |
| 25 ★ | $N_2$ | 20 | S6.0 | 0.5 | -7.5 / -6.5 | 20000 | **1.4** | 1.6 – 2.1 |
| 30 ★ | $N_2$ | 25 | S8.0 | 0.3 | -10.5 / -9.5 | 20000 | **0.74** | 0.87 – 1.1 |
| 40 ★ ◆ | $N_2$ | 25 | S8.0 | 0.3 | -16.5 / -15 | 20000 | **0.34** | 0.4 – 0.53 |
| 50 ★ ◆ | $N_2$ | 25 | S6.0 | 0.3 | +8‡ | 20000 | **0.11** | 0.13 – 0.18 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الصاج المجلفن** ★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm. | | | | | | | | |
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | S4.5 | 0.5 | +1 / -2‡ | 20000 | **17** | 20 – 23 |
| **الألومنيوم** انعكاسية عالية؛ تحقق من توافق المصدر والرأس. | | | | | | | | |
| **1** | $N_2$ | 8 | S3.0 | 0.5 | 0 | 20000 | **51** | 60 – 80 |
| **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 |
| **النحاس الأصفر** انعكاسية عالية. | | | | | | | | |
| **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 |
| **النحاس** اتبع غاز صف المصدر؛ انعكاسية عالية. | | | | | | | | |
| **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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة الوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** KRRASS 15 kW + bestsheetmetalmachine 30000W (تشمل صفوف 20000 W); https://www.krrass.com/1500w-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/ ; https://www.bestsheetmetalmachine.com/30000w-laser-cutting-parameters ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

★ تطبع نطاقات السرعة بمنزلتين عشريتين كحد أقصى.

# 9.12 30 kW (30000 W)

| المصدر / قلب الليف | الرأس / البصريات | نقاء الغاز | الهواء المضغوط |
|---|---|---|---|
| فئة 30 kW · وحدات متعددة · 100 µm | الطراز غير محدد في المصدر · غير محدد في المصدر | $N_2$ ≥ 99.995% · $O_2$ ≥ 99.95% (3.5)؛ أعمال الجودة: 5.0 (99.999%) · $H_2O$ < 5 ppm · HC < 1 ppm | جاف وخال من الزيت · مرشح 0.01 µm |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة Ø mm · النوع | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الفولاذ الكربوني** اتبع الغاز والقدرة في كل صف. | | | | | | | | |
| 8 | $N_2$ / هواء | 10 | S4.5 | 0.5 | -1 | 30000 | **17** | 20 – 25 |
| 10 | $N_2$ / هواء | 10 | S4.5 | 0.5 | -2 | 30000 | **13** | 15 – 20 |
| 12 | $N_2$ / هواء | 12 | S4.5 | 0.5 | -3 | 30000 | **8.5** | 10 – 14 |
| 14 | $N_2$ / هواء | 14 | S4.5 | 0.5 | -3 | 30000 | **7.7** | 9 – 10.5 |
| 16 | $N_2$ / هواء | 14 | S5.0 | 0.5 | -4 | 30000 | **6.8** | 8 – 9.5 |
| 18 | $N_2$ / هواء | 20 | S5.0 | 0.5 | -7 | 30000 | **5.1** | 6 – 7 |
| 20 | $N_2$ / هواء | 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 |
| **الفولاذ المقاوم للصدأ** $N_2$؛ والهواء عند وجود صف مصدر. | | | | | | | | |
| 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 |

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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 |
| **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 |

**الصاج المجلفن** ★ فولاذ كربوني $N_2$/هواء × 0.85؛ وإلا مقاوم للصدأ 0.95 × $N_2$. حتى 6 mm.

| السماكة mm | الغاز | الضغط bar | الفوهة نوع · Ø mm | الارتفاع mm | البؤرة mm | القدرة W | سرعة البدء m/min | السرعة القصوى m/min |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 ★ | $N_2$ / هواء | 8 | ◯ **S4.5** | 0.5 | +1 / -2‡ | 30000 | **24** | 29 – 33 |

S فوهة أحادية الطبقة · D ثنائية الطبقة + / – قيمة وحدة التحكم: تحقق من مرجع طرف الفوهة ★ قيمة مشتقة/مستوفاة من DOKTEK ◆ تجربة؛ ليست للإنتاج المتسلسل

‡ بؤرة موجبة: هكذا يوردها جدول المصدر؛ تصف Bodor/GYC بؤرة سالبة أو قريبة من الصفر مع $N_2$ — تحقق على الماكينة. تضاف العلامة إلى صفوف $N_2$ و$N_2$/هواء عندما يكون الرقم الأول للبؤرة موجبا.

**مصدر البيانات:** https://www.bestsheetmetalmachine.com/30000w-laser-cutting-parameters/; bestsheetmetalmachine 30000W ★ مشتق/مستوفى من DOKTEK؛ ◆ تجربة / حد القدرة / مرجع وصفة غير مكتملة؛ ليس للإنتاج المتسلسل.

الألومنيوم: ابدأ بجدول 20 kW؛ النحاس الأصفر: ابدأ بجدول 20 kW؛ النحاس: ابدأ بجدول 20 kW.

10

# ملاحظات خاصة بالمواد

قد يختلف سلوك لوحين بالسماكة نفسها. سجّلوا الدرجة والسطح والطلاء ومعلومات الدفعة. عند تغيير المادة لا ترسلوا الوصفة القديمة مباشرة إلى الإنتاج المتسلسل؛ أعيدوا التحقق من العينة.

## 10.1 الفولاذ الكربوني: S235 وS355

لا تسجّلوا الفولاذ الإنشائي مثل S235 وS355 باسم «فولاذ كربوني» فقط. تؤثر درجة المادة وحالة السطح وتغير الدفعة في القطع. قد يغيّر اختلاف السطح والتركيب الكيميائي استقرار الاحتراق في قطع $O_2$ السميك. تحتاج الوصفة الناجحة بالسماكة نفسها إلى فحص عند اختلاف الدفعة.

افحصوا قشور الدرفلة قبل قبول الصفيحة. ترتبط القشور الرقيقة (20–40 µm)، الجيدة الالتصاق والملساء السطح، بجودة قطع أفضل في دراسة Yamane وزملائه؛ وقد يساعد ذلك في القطع بـ$O_2$. تحققوا من تجانسها على كامل الصفيحة. ليست كل صفيحة عليها قشور معيبة؛ لكن الصدأ المفكك والرمل والأوساخ قد تربك الثقب وتدفق الغاز والتتبع السعوي.

**قاعدة DOKTEK — لا يوجد مصدر أولي:** إذا تقشرت طبقة الأكسيد أو وُجد صدأ، أعيدوا الاختبار بشروط وصفة أكثر تحفظاً أو ارفضوا الصفيحة. لا يوجد معامل موحد للسرعة أو الضغط من أجل «تخفيف الوصفة». جهزوا السطح بطريقة مناسبة؛ ولا تبدأوا الإنتاج قبل قبول العينة. نتيجة Yamane وزملائه ليست إجراء قبول موصوفاً حرفياً.

Yamane et al. — QJJWS 41(2)

- استبعدوا من التوزيع مناطق الخدوش العميقة والتقشّر والصدأ الكثيف.
- قيسوا اعوجاج الصاج؛ وتحققوا من قدرة مستشعر الارتفاع على تتبعه بموثوقية.
- حدّدوا في أمر العمل كيفية تجهيز الحافة المؤكسدة للطلاء أو اللحام.
- إذا كان القطع جيدًا في منطقة وسيئًا في أخرى، فافحصوا تغير السطح وتراكم الحرارة.

**المصدر:** تسرد وثيقة Linde «Laser cutting advice» في قسم حالة المادة الصدأ والطلاء وقشور الدرفلة والخدوش العميقة عوامل تؤثر في جودة القطع.

## 10.2 المقاوم للصدأ: 304 و316 والغشاء الواقي

عرّفوا 304 و316 منفصلين في المخزون والوصفة. استخدموا $N_2$ بالنقاء المناسب عند طلب حافة خالية من الأكسيد. لا تعتبروا الحافة الصفراء/الزرقاء عيب بؤرة فقط؛ افحصوا نقاء الغاز والهواء المتبقي في الخط المشترك وتأخير البدء وفق القسم 7.2.

استخدموا $N_2$ بنقاء لا يقل عن 99.995%؛ واستهدفوا 5.0 (99.999%) لحافة لامعة/خالية من الأكسيد. تحققوا من $H_2O$ < 5 ppm وHC < 1 ppm في شهادة التوريد؛ وافحصوا الغاز والخط وفق القسم 7.2.

في تطبيق الغشاء أحادي الجانب بهذا الدليل، أبقوا الغشاء أعلى الصاج. استخدموا غشاء مناسبًا للقطع بالليزر؛ ليست كل الأفلام البلاستيكية مناسبة. احصلوا على تعليمات المصنّع للغشاء ثنائي الجانب أو الأنواع المختلفة. علّموا الاتجاه والوجه الظاهر قبل التعشيق.

**الهدف:** احموا الحافة والسطح بإزالة الغشاء بتحكم.

**المتطلبات:** معلومات الغشاء وشفط مناسب ووصفة غشاء معتمدة من المصنّع وعينة من المادة نفسها.

1. تحققوا من ملاءمة الغشاء للقطع بالليزر والتصاقه. افحصوا المناطق المنتفخة أو الممزقة.
2. حمّلوا والغشاء لأعلى والوجه الظاهر في الاتجاه الصحيح.
3. استخدموا المرور المسبق/تبخير الغشاء المعتمد عند الحاجة. لا تعتبروا هذا المرور وصفة قطع المعدن نفسها.
4. اقطعوا العينة. ابحثوا عن حرق أعلى السطح وارتفاع الغشاء وبقايا اللاصق وزوائد سفلية.
5. سجّلوا النتيجة المناسبة مع نوع الغشاء ودفعة الصاج. لا تنقلوا عينة معيبة إلى الإنتاج المتسلسل.

**تنبيه**

لا تبخّروا غشاء مجهولًا بالليزر. اشفطوا أدخنته بفعالية؛ ولا تقطعوا إذا تعطّل الشفط. راقبوا تراكم الغشاء واتساخ الزجاج الواقي.

**لماذا؟** يختلف سلوك الغشاء واللاصق عن سلوك المعدن. قد يفسد المرور الخاطئ السطح ويزعزع استقرار بداية القطع.

## 10.3 المجلفن: راعوا طلاء الزنك

فضل $N_2$ أو الهواء الجاف الخالي من الزيت والمناسب للصفيح المجلفن. **الأكسجين $O_2$ غير مفضل؛ تذكر GWEIKE استخدامه خيارا عند ≤3 مم بعد اختبار عينة.** قد يزيد $O_2$ تفاعل الزنك واحتراق الطلاء والتناثر وتلوث البصريات. حافظ على شفط فعال؛ ولا تنسخ وصفة الفولاذ الطري للمجلفن.

قد تتغير نتيجة الثقب والتناثر والحافة بتغير سماكة طلاء الزنك ومعالجة السطح. أعيدوا العينة إذا اختلف الطلاء حتى مع تساوي سماكة الصاج. افحصوا الزجاج الواقي عند القطعة الأولى وبداية الوردية؛ وزيدوا تكرار الفحص بحسب التلوث الملحوظ. لا تفتحوا درج الزجاج إلا في حالة آمنة وبيئة نظيفة.

**أدخنة الزنك وتلوث البصريات**

أدخنة الزنك ضارة؛ وقد تسبب حمى أبخرة المعادن. لا تقطعوا دون شفط موضعي فعّال. قد يلوّث تناثر الزنك الزجاج الواقي بسرعة. لا تعتبروا الرائحة أو الدخان المرئي وحدهما معيار أمان العمل.

- سجّلوا الطلاء ودفعة الصاج في أمر العمل.
- تحققوا من عمل الشفط في منطقة القطع.
- قيّموا الغشاء أو الطلاء أو المعالجة السطحية الإضافية بصورة مستقلة.
- للزوائد السفلية افحصوا أولًا الوصفة والفوهة والتدفق؛ وجرّبوا بمعلمة واحدة.

ميّزوا احتراق الطلاء من عدم نفاذ القطع في المعدن الأساسي. انكشاف الطلاء أعلى السطح لا يثبت القطع حتى أسفل الصاج. افحصوا العينة من الأسفل أيضًا.

اختيار الغاز: دليل GWEIKE للمجلفن. للسرعة والوصفة الكاملة راجع الفصل 9؛ المراجع الناقصة ليست وصفات إنتاج متسلسل.

## 10.4 الألومنيوم: أكسيد السطح والزوائد

الألومنيوم عاكس وسريع التوصيل الحراري. تختلف طبقة الأكسيد السطحية في سلوكها عن المعدن الأساسي. سجّلوا السبيكة والسطح واستواء اللوح. تحققوا من إجازة مصنّعي المصدر والرأس للألومنيوم.

$N_2$ اختيار شائع للحافة النظيفة. ويمكن استخدام الهواء بوصفة مناسبة واعتماد الحافة. قيّموا الأكسيد واللون في الحافة المقصوصة بالهواء للحام أو الطلاء اللاحق. لا تطبّقوا الوصفة نفسها على كل سبائك الألومنيوم.

قد تؤثر السرعة والبؤرة وطرد الغاز معًا في الزوائد الملتصقة بالحافة السفلية. تحققوا أولًا من سلامة الفوهة وتمركزها وكفاية الغاز أثناء التدفق. افحصوا الزجاج الواقي. ثم جرّبوا بمعلمة واحدة وفق القسم 13.3.

قيسوا القطعة بعد برودتها. لا يمكن تصحيح انحناء القطع الرقيقة الطويلة بتعويض شق القطع وحده. قيّموا التعشيق وتوزيع الحرارة والوصلات الدقيقة.

## 10.5 النحاس الأصفر والنحاس: الانعكاس المرتد

قد يضر الشعاع المرتد في النحاس الأصفر والنحاس بمصدر الليزر. تعتمد الملاءمة على نوع المصدر وطرازه. لا تكتفوا بالعلامة أو القدرة الاسمية؛ تحققوا من اعتماد المصنّع لهاتين المادتين مع المصدر والوصلة البصرية والرأس المستخدمين.

**! حماية الانعكاس المرتد (Back Reflection Protection)**

لا تعطّلوا حماية الانعكاس المرتد أو إنذارها. لا تجرّبوا النحاس الأصفر/النحاس في نظام لم تُتحقق ملاءمته. الحماية ليست ضمانًا لغياب التلف في كل الظروف. إذا لم يستقر القطع أو تفعّلت الحماية، فتوقفوا وفق إجراء المصنّع.

تختلف المصادر بشأن النحاس: تشترط شركة مصادر الليزر الصينية BWT الأكسجين $O_2$ عالي الضغط، بينما يعد المورد الغربي Boss Laser النيتروجين $N_2$ الخيار المعتاد. ويتضمن تجميع منشور باسم IPG أمثلة $N_2$/هواء أيضا؛ وهو ليس وصفة غاز من مصدر IPG أولي. لا تعتبر الغازات متكافئة؛ احصل من مصنع المصدر/الرأس على اعتماد النحاس ووصفة كاملة.

يتضمن نص Maxphotonics MFSC/MFMC المحلي صفوف نحاس أصفر؛ ولا تشتقوا منها وصفة رقمية للنحاس. لا تنقلوا الإعداد من النحاس الأصفر إلى النحاس، أو من النحاس إلى الألومنيوم. تحققوا خصوصًا من استقرار القطع عند أول ثقب وانتقال.

تؤثر أيضًا نظافة السطح والطلاء والدفعة في نتيجة النحاس والنحاس الأصفر. شغّلوا الشفط المطلوب؛ ولا تلمسوا القطعة الساخنة بيد عارية. لا تعوّضوا اتساخ الزجاج الواقي بزيادة القدرة.

احتياطات BWT للنحاس/الألومنيوم عند ≤10 كيلوواط: استخدم الموجة المستمرة (CW) بكامل القدرة على نظام مناسب فقط؛ اختر أصغر فوهة تعمل بنجاح، وخفض سرعة الإنتاج إلى ≈80% من سرعة العينة الناجحة. أبق غاز تبريد الفوهة مفتوحا باستمرار. لا تتجاوز هذه التوصيات حدود الماكينة؛ ولا تنقل وصفة النحاس بالأكسجين عالي الضغط إلى الفولاذ الطري.

BWT

## 10.6 الصاج المطلي والمكسو

يغيّر الطلاء والزيت والغشاء والكسوة المعدنية بداية القطع والأدخنة الناتجة معًا. اعرفوا نوع الطلاء قبل الإنتاج. لا تحاولوا تعريف طلاء مجهول بقطع تجريبي؛ استخدموا معلومات المادة من المورّد وطريقة العمل المعتمدة في المنشأة.

| الفحص | المعلومات التي تُسجّل في أمر العمل | القبول |
|---|---|---|
| المادة والسطح | درجة المعدن الأساسي ونوع الطلاء والوجه والدفعة. | يجب أن تتوافق مع الوصفة. |
| الأدخنة والتنظيف | شروط الشفط وطريقة إزالة البقايا. | يجب أن تكون الطريقة المعتمدة جاهزة. |
| الوجه الظاهر | اتجاه أعلى/أسفل والغشاء وأثر الحرق المسموح. | يجب أن تفي العينة بمتطلبات العميل/العمل. |
| العملية اللاحقة | اللحام والثني والطلاء وتجهيز الحافة. | يجب أن تناسب الحافة المقصوصة هذه العملية. |

افحصوا أعلى السطح والحافة السفلية والثقب ونقطة الدخول كلًا على حدة في العينة. لا تكتبوا «نتيجة جيدة» فقط في سجل الوصفة؛ أضيفوا الغاز والسطح ومعيار القبول. للسرعة وبقية الإعدادات الرقمية استخدموا القسم 9؛ ولتشخيص العيوب القسم 13.

### قبول دفعة مادة جديدة

**الهدف:** حدّدوا أثر تغير المادة قبل القطع المتسلسل.

**المتطلبات:** معلومات مادة المورّد وعينة سابقة معتمدة ورسم الإنتاج واستمارة التسجيل.

1. قارنوا الملصق بالطلب. تحققوا من تطابق الدرجة والسماكة والطلاء والدفعة.
2. افحصوا الوجهين العلوي والسفلي؛ وسجّلوا الصدأ والزيت والانتفاخ والغشاء والاستواء. لا تستخدموا المنطقة المعيبة في التعشيق.
3. اقطعوا عينة بخط مستقيم وزاوية وثقب بوصفة معتمدة مناسبة للمادة.
4. قارنوا العينة الباردة بالقطعة المقبولة السابقة. قيّموا الحافة والحاجة للتشطيب أيضًا إلى جانب السرعة.
5. إذا ناسبت النتيجة فسجّلوا القبول مع الدفعة. وإلا فأجروا تجربة الوصفة في سجل منفصل وبمتغير واحد.

**تنبيه**

لا تُدخلوا بقايا بلا ملصق إلى الإنتاج المتسلسل بعد تعريفها من المظهر. ولا تُدخلوا مادة عاكسة لم تُتحقق ملاءمة المصدر والرأس لها حتى في عملية قبول العينة.

**لماذا؟** يساعد قبول الدفعة في تمييز مشكلة السطح من عطل الماكينة أو عيب المعلمات. يحفظ التسجيل الصحيح نقطة البدء للطلب نفسه لاحقًا.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **مقارنة السطح العلوي وحافة القطع بحسب المادة**

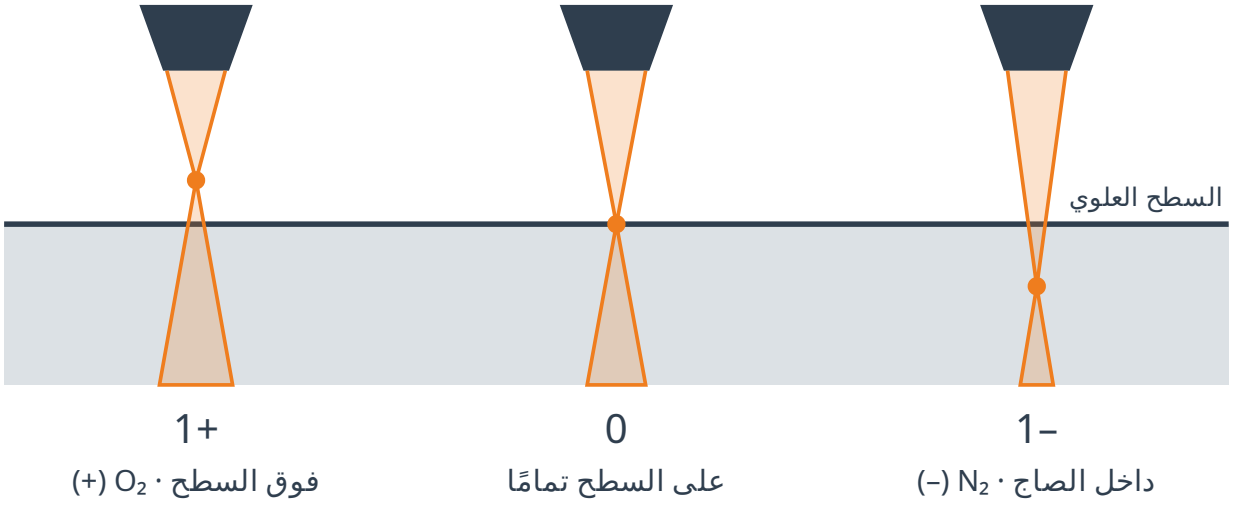
11

# البؤرة والفوهة والارتفاع

البؤرة (Focus) هي موضع تركيز الشعاع؛ وارتفاع الفوهة هو المسافة بين طرف الفوهة وسطح الصاج. افحصوا القيمتين منفصلتين. لا تعالج البؤرة الصحيحة عيب الغاز الناتج عن فوهة تالفة أو غير متمركزة.

## 11.1 إشارة البؤرة: + / 0 / –

قاعدة الموضع الفعلي في هذا الدليل هي **+ فوق الصفيحة، و0 على السطح، و– داخل المادة.** أما قيم Raytools/CypCut في الفصل 9 فصفرها عند طرف الفوهة؛ لا تعتبر صفر الجدول سطح الصفيحة مباشرة. مع الاتجاه نفسه للإشارتين +/–، **البؤرة بالنسبة للسطح ≈ قيمة وحدة التحكم + ارتفاع الفوهة:** 0 + 1 مم ← فوق السطح بنحو 1 مم؛ و–1 + 1 مم ← على السطح. تحقق من مرجع وحدة تحكم ماكينتك في دليلها.




+1 / 0 / –1 تشرح إشارة الموضع فقط؛ الرسم دون مقياس ولا يقدّم وصفة قطع. توافق الغاز–البؤرة نهج عام.

البؤرة الموجبة شائعة لقطع الفولاذ الكربوني بـ$O_2$؛ والسالبة للمقاوم للصدأ والألومنيوم بـ$N_2$. قد تُستخدم بؤرة قريبة من السطح أو سالبة في القطع بالهواء بحسب المادة. لا تستنتجوا البؤرة من اسم الغاز وحده. القسم 9استخدموا الصف الصحيح فيه.

تغيير ارتفاع الفوهة يغير موضع البؤرة بالنسبة للصفيحة حتى إن بقيت قيمة البؤرة في وحدة التحكم ثابتة. افصل بين التركيز التلقائي وتتبع Z؛ ولا تخلط التدريج الميكانيكي بقيمة البؤرة المعايرة في وحدة التحكم.

Raytools BM115 · Friendess CypCutPro

## 11.2 إجراء اختبار البؤرة

**الهدف:** حدد الصفر البصري عند طرف الفوهة، ثم تحقق من اختبار البؤرة في وحدة التحكم واتجاه الإشارة.

**المتطلبات:** دليلا الرأس ووحدة التحكم، وشريط اختبار معتمد، وفوهة نظيفة ومتمركزة، وصفيحة مستوية بسماكة 1 مم، ومشغل مخول وسجل اختبار.

1. سجل طراز الرأس والمرجع الحالي. افحص الفوهة والحلقة الخزفية والزجاج الواقي في حالة آمنة.
2. إذا كانت طريقة Raytools BM115 مناسبة لماكينتك، فعطل الانبعاث وثبت الشريط ذي النسيج على طرف الفوهة. أبعد يديك وأغلق الحجرة؛ استخدم دورة اختبار المصنع فقط.
3. عند قدرة اختبار Raytools البالغة 80–100 واط، غير تدريج البؤرة بخطوات 0,5 مم لإنتاج نقاط منفصلة. عطل الانبعاث قبل كل تغيير للشريط؛ هذه القدرة ليست وصفة قطع عادية.

4. موضع التدريج الذي يعطي أصغر ثقب هو الصفر البصري: البؤرة عند طرف الفوهة. عرف المرجع ضمن صلاحيتك فقط وبطريقة المصنع؛ ثم أزل الشريط.
5. أعد المعايرة السعوية بعد تغيير الفوهة أو الخزف. وبعد العودة إلى المرجع، عاير الارتفاع فوق صفيحة نظيفة ومستوية حسب تسلسل المصنع.
6. في وظيفة Focus Test في XC3000، اقطع خمسة خطوط على الصفيحة الموصى بها بسماكة 1 مم. يعد الدليل أفضل خط هو البؤرة الصفرية؛ ميز اختبار وحدة التحكم هذا عن صفر الشريط عند طرف الفوهة وتحقق من تعريف مرجعه.
7. سجل اتجاه الإشارة وارتفاع الفوهة والنتيجة. عد إلى وصفة الإنتاج المعتمدة واقطع عينة؛ أفضل حافة إنتاج لا تقع عند البؤرة الصفرية لكل مادة.

> **تنبيه**
> حتى قدرة 80–100 واط تنتج إشعاع ليزر خطيرا. لا تطلق الشعاع والحجرة مفتوحة، ولا تبدأ القطع العادي والشريط مثبت. لا تستخدم الطريقة إلا إذا أجازها دليل رأسك. إذا تجاوز ضبط المرجع الدائم صلاحيتك، فأرسل النتائج إلى الصيانة.

**لماذا؟** يحدد اختبار النقط على الشريط الصفر البصري عند طرف الفوهة؛ وتتعلم المعايرة السعوية المسافة بين الفوهة والصفيحة. يفحص اختبار الخطوط الخمسة البؤرة في وحدة التحكم؛ سجل مراجع العمليات الثلاث منفصلة.

Raytools BM115 · Raytools XC3000

صورة: ستضاف من ماكينة DOKTEK — **ثقوب شريط Raytools واختبار الخطوط الخمسة في XC3000 مع بيان المرجع والارتفاع.**

## 11.3 البؤرة التلقائية والبعد البؤري للعدسة

ينتقل رأس البؤرة التلقائية (Auto Focus) إلى موضع الوصفة بتحريك البصريات الداخلية. هذه الوظيفة منفصلة عن محور Z المتتبع للسطح. وجودها لا يلغي ضرورة فحص التمركز أو الارتفاع عند تغيير الفوهة.

يعتمد مرجع البدء وحد حركة البؤرة وحالة الإنذار على طراز الرأس. قد تختلف أسماء القوائم بحسب الإصدار؛ وفي معظمها توجد قيمة البؤرة في وصفة الطبقة. لا تفرضوا تجاوز حدود حركة الرأس المسموحة في البرنامج. بعد تغيير البصريات أعيدوا التحقق من المرجع وفق المصنّع.

تمثّل الأبعاد البؤرية (Focal Lengths) 125 و150 و200 mm ترتيبات بصرية مختلفة. يغيّر البعد البؤري الأطول حجم البؤرة وعمقها عند ثبات بقية الشروط البصرية. لذلك لا يُتوقع أن تعطي قيمة البؤرة الرقمية نفسها سلوك القطع نفسه في رؤوس بعدسات مختلفة.

لا يغيّر ذلك تعريف إشارة +/– تلقائيًا؛ بل يتغير المرجع الفعلي والوصفة المناسبة. لا تضربوا بؤرة عدسة 125 mm في 200/125 لاختلاق وصفة جديدة. تؤثر عدسة الموازاة وخصائص الشعاع أيضًا. قارنوا النسبتين البصريتين 100/125 و100/200 في بيانات Max المحلية برأسكم.

## 11.4 نوع الفوهة وقطرها

| الفوهة (Nozzle) | الاستخدام العام | الفحص |
|---|---|---|
| (S) فوهة أحادية الطبقة | شائعة في القطع بالصهر بـ$N_2$ والهواء. | فتحة الخروج والسطح والتوافق مع الرأس. |
| (D) فوهة مزدوجة الطبقة | شائعة في قطع الفولاذ الكربوني بـ$O_2$. | سلامة الجزء الداخلي وصحة النوع. |
| أنواع عالية السرعة | هندسة تدفق وطرف خاصة بالمصنّع. | وصفة خاصة وشروط ارتفاع وتمركز. |

قد يلزم قطر أكبر مع زيادة السماكة وتدفق الغاز المطلوب. لكن لا تستخدموا قاعدة «الصاج السميك = أكبر فوهة دائمًا». تستخدم بعض تقنيات $O_2$ عالية القدرة فوهات خاصة صغيرة القطر. اختاروا القطر من الوصفة نفسها في القسم 9.

يزيد القطر الكبير الاستهلاك عادةً؛ وقد يخل القطر الخاطئ بكفاية الطرد أو انتظام التدفق. S Dg غير متكافئتين حتى مع تساوي القطر. لا تخلطوا علامة الفوهة السريعة الخاصة مع S/D القياسية؛ سجّلوا رمز المصنّع.

ليس للفوهة عمر موحّد بالتقويم. يقلّله الاصطدام والتناثر وتلف السطح. افحصوا استدارة الفتحة ووجه الطرف والسنون في بداية الوردية وعند تغير الجودة. لا توسّعوا فتحة منبعجة بالحفر؛ استبدلوا الفوهة التالفة. بعد الاستبدال افحصوا التمركز والمعايرة السعوية عند الحاجة.

## 11.5 التمركز باختبار الشريط اللاصق (Tape Test)

**الهدف:** تحققوا من تمركز الليزر بالنسبة إلى فتحة خروج الفوهة.

**المتطلبات:** طريقة تمركز معتمدة من مصنّع الرأس وشريط اختبار/هدف مناسب ونبضة اختبار محددة ومشغّل مخوّل.

1. أوقفوا العمل. عطّلوا انبعاث الليزر وانقلوا الرأس إلى موضع الخدمة المحدد من المصنّع. تحققوا من تركيب الفوهة الصحيح ونظافتها وسلامتها.
2. ضعوا شريط الاختبار الموصوف من المصنّع على فم الفوهة. أخرجوا أيديكم من مسار الشعاع وأغلقوا الحماية.
3. طبّقوا أدنى نبضة اختبار مناسبة ومحددة، وفي وضع التمركز/الاختبار المعتمد فقط. لا تستخدموا أمر القطع العادي.
4. عطّلوا الانبعاث مجددًا وتحققوا من الحالة الآمنة. أزيلوا الشريط؛ وافحصوا مركز الأثر نسبةً إلى مرجع فتحة الفوهة.
5. عند الانحراف، طبّقوا فقط ضبط التمركز الذي يجيزه المصنّع للمشغّل. لا تخمّنوا اتجاه الضبط أو عدد البراغي.
6. كرّروا بشريط جديد. بعد التحقق من المركز، أزيلوا مادة الاختبار واقطعوا عينة.

> **تنبيه**
> يُنتج هذا الاختبار شعاعًا. لا تقطعوا قطعًا عاديًا والشريط مثبت، ولا تقذفوه بالغاز، ولا تطلقوا نبضة والحجرة مفتوحة. إذا لم يجز المصنّع اختبار الشريط، فاستخدموا نظام التمركز المغلق الذي يوصي به. لا تحاذوا البصريات دون تخويل.

**لماذا؟** لا يوجّه الشعاع غير المتمركز أو الفوهة التالفة الغاز بالتساوي إلى شق القطع. قد تظهر زوائد من جانب واحد وجودة تختلف بالاتجاه.

## 11.6 ارتفاع الفوهة والمستشعر السعوي

تُستخدم 0.3–1 mm لـ$N_2$ و0.6–1.5 mm لـ$O_2$ كنطاقات معتادة لارتفاع الفوهة. ليست حدود تحكم أو إعدادًا لكل عمل. يعرض جدول Max المحلي كثيرًا ارتفاع $N_2$ بمقدار 0.5 mm؛ وارتفاعات $O_2$ مختلفة بحسب الوصفة. خذوا القيمة الفعلية من القسم 9.

يتغير تفاعل الغاز بانخفاض الارتفاع، لكن قد يزيد خطر الاصطدام والتناثر. وقد يفسد الارتفاع الزائد طرد الغاز والجودة. لا تفترضوا ملاءمة الارتفاع السابق تلقائيًا بعد تغيير نوع الفوهة.

يتتبع المستشعر السعوي (Capacitive Sensor) الارتفاع من السلوك الكهربائي بين الفوهة والصاج. قد تؤثر الحلقة السيراميكية ووصلة الفوهة والسطح والتأريض وكابل المستشعر في النتيجة. المعايرة ليست ضبط بؤرة القطع. طبّقوا معايرة الارتفاع المعتمدة للماكينة على صاج مستوٍ مناسب؛ ولتسلسل التشغيل/المعايرة المفصل راجعوا القسم 3.

قد يغيّر الصاج المغطّى بغشاء والميل والبقايا الصغيرة والاقتراب من الحافة سلوك التتبع. إذا اختلف الارتفاع الفعلي عن الشاشة، فلا تُخفوا المشكلة بتغيير السرعة أو القدرة. انقلوا الرأس إلى موضع آمن وابحثوا عن السبب.

### التحقق من انحراف الارتفاع

**الهدف:** ميّزوا هل المشكلة من تتبع السطح أم وصفة البؤرة.

**المتطلبات:** عينة مستوية مناسبة وطريقة فحص الارتفاع للمصنّع وأداة قياس مسموحة وآخر وصفة ناجحة.

1. أوقفوا القطع وعطّلوا انبعاث الليزر. افحصوا في حالة آمنة ارتخاء الفوهة وتلف طرفها والحلقة السيراميكية والتلوث الظاهر.
2. تحققوا من إسناد العينة المستوية واتصالها الكهربائي. لا تعايروا فوق بقايا متدلية.

3. طبّقوا المعايرة السعوية للمصنّع. إذا فشلت فلا تواصلوا القطع العادي.
4. افحصوا التتبع والليزر متوقف بالطريقة المعتمدة. قارنوا الارتفاع المعروض بالمسافة الفعلية فقط بطريقة قياس آمنة يجيزها المصنّع.
5. إذا تغير الفرق بحسب الموضع أو الحافة، فافحصوا الصاج وشروط الاستشعار. إذا بقي فرق ثابت، فراجعوا الخدمة المعتمدة لفحص المرجع/التركيب.
6. بعد التحقق من التتبع اقطعوا عينة بالوصفة الأساسية. إذا استمرت مشكلة الجودة، فابحثوا البؤرة والغاز بصورة منفصلة.

> **! تنبيه**
> لا تدخلوا يدًا أو أداة قياس تحت الرأس المتحرك. أمّنوا الحركة أيضًا عند قياس المسافة. لا تُخفوا الإنذار بخفض حساسية المستشعر أو حماية الاصطدام عشوائيًا.

**لماذا؟** يغيّر خطأ الارتفاع أثر نفثة الغاز. تجربة البؤرة مع استمرار مشكلة التتبع تغيّر أكثر من شرط في التجربة نفسها.

## 11.7 تمييز الانحراف والتسجيل

| العَرَض | افحصوا أولًا | المسار المتبع |
|---|---|---|
| **جودة سيئة في كل الاتجاهات** | الزجاج الواقي والوصفة وصفر البؤرة. | تحققوا من النظام؛ ثم اقطعوا عينة بمعلمة واحدة. |
| **زوائد في اتجاه واحد** | تلف الفوهة والتمركز. | استبدلوا الفوهة التالفة؛ وأجروا اختبار المركز المعتمد. |
| **تذبذب الارتفاع** | الحلقة السيراميكية وارتخاء الفوهة واستواء الصاج والتتبع السعوي. | أوقفوا القطع؛ وعالجوا السبب الميكانيكي/الاستشعاري. |
| **سوء بعد تغيير البصريات** | صحة الجزء ووضعه والمرجع. | تحققوا بإجراء الخدمة المعتمدة/المصنّع. |

حدّدوا في السجل طراز الرأس والبعد البؤري للعدسة ونوع الفوهة/قطرها وتاريخ صفر البؤرة وارتفاع القطع المستخدم. بذلك تميّزون تغيير الوصفة من تغيير التجهيز.

**المصادر:** إشارة البؤرة: مثال v1 المحلي؛ والبصريات وارتفاعات القطع: بيانات Maxphotonics المحلية؛ والتمركز وتأثير الفوهة: «Laser cutting advice» Linde. الأولوية في تفاصيل الاختبار لإجراء مصنّع الرأس المستخدم.

12

# الثقب

يتيح الثقب (Piercing) عبور الشعاع الصاج تمامًا قبل قطع المحيط. تكوّن حفرة أعلى السطح لا يدل على اكتماله. افحصوا الثقب والانتقال إلى القطع مرحلتين منفصلتين.

## 12.1 اختيار طريقة الثقب

| الطريقة | آلية العمل | الملاءمة والحدود |
|---|---|---|
| نبضة واحدة | يُنشأ الاختراق بتطبيق طاقة واحد معتمد. | سريع للصاج الرقيق المناسب. وقد يسبب حفرة كبيرة وتناثرًا في الصاج السميك. |
| ثقب متدرج (Multi-stage Piercing) | يمكن تغيير القدرة/النبضات والغاز والبؤرة والارتفاع بشكل مضبوط عبر 2–5 مراحل؛ يدعم JCZ CutMakerg XC3000 خمسة مستويات. | يساعد في إدارة التناثر في الصاج السميك. تحققوا من المراحل والانتقالات منفصلة. |
| ثقب خاطف / سريع (Flash Piercing) | دورة ثقب قصيرة ومحسّنة تدعمها الماكينة. | تعتمد على المصدر والرأس ووحدة التحكم. استخدموها للمادة/السماكة المحددتين فقط. |

لا يصف اسم «سريع» أو «خاطف» الدورة نفسها في كل برنامج. قد تختلف أسماء القوائم بحسب الإصدار؛ وفي معظمها تُختار تقنية الثقب في وصفة الطبقة. لا تنقلوا إعداد النبضة الواحدة للصاج الرقيق إلى السميك. تعدد المراحل وحده لا يضمن ثقبًا آمنًا.

عند اختيار الطريقة قيّموا قرب الثقوب ومساحة الدخول وحالة الزجاج الواقي مع المادة والسماكة. قد تفسد حفرة ثقب كبيرة الحافة النهائية في فتحة داخلية ضيقة. صحّحوا نقطة الثقب في التوزيع أولًا؛ راجعوا القسم 6.1.

### ماذا تراقبون في الدورة المتدرجة؟

| المرحلة | الهدف | التسجيل والمراقبة |
|---|---|---|
| البداية | إنشاء بداية ثقب مضبوطة على السطح. | خذوا ارتفاع البداية والغاز والطاقة من جدول الماكينة؛ وسجّلوا التناثر العلوي المفرط. |
| التقدم | إكمال الثقب عبر السماكة. | راقبوا مدة المرحلة وشروط النبض المسموحة؛ ولا تفرضوا قطع المحيط على ثقب غير مكتمل. |
| الإكمال / الانتقال | طرد المصهور والانتقال إلى شروط القطع. | تحققوا من ترتيب تغير الغاز والبؤرة والارتفاع؛ وافحصوا الانتقال عند انقطاع القطع في الدخول. |

يشرح الجدول مراحل وظيفية؛ ولا يعني وجود ثلاث مراحل بالأسماء نفسها في وحدة التحكم. قد تجتمع الوظائف في وصفة من مرحلتين. لا تتطلب كل مرحلة قدرة أعلى أو وقتًا أطول؛ يعتمد اتجاه التغيير على المادة والتقنية المعتمدة.

حدّدوا مرحلة ظهور الفشل في السجل. التناثر الكثيف في البداية يختلف عن توسع الثقب بلا داعٍ بعد اكتماله. إطالة الزمن الكلي وحدها تخفي الفرق وقد تزيد الحمل على الزجاج الواقي.

يحذر Friendess CypCutPro من أن الضبط الخاطئ لوظيفة Flash Piercing قد يتلف الزجاج الواقي بسهولة. استخدم دورة معتمدة لماكينتك فقط؛ وافحص الزجاج بعد العينة.

Raytools XC3000 · JCZ CutMaker · Friendess CypCutPro

## 12.2 الارتفاع والمدة والتردد ونسبة التشغيل

| المعلمة | معناها | أثر الضبط الخاطئ |
|---|---|---|
| ارتفاع الثقب | مسافة الفوهة–الصاج أثناء الثقب. | القرب المفرط قد يسبب تناثرًا/اصطدامًا؛ والبعد غير المناسب ثقبًا غير مستقر. |
| مدة الثقب | الزمن المخصص لمرحلة أو للثقب كله. | القصر يسبب عدم النفاذ؛ والطول حفرة واسعة وحرارة غير لازمة. |
| التردد (Frequency) | عدد التكرارات في الثانية في التشغيل النبضي؛ بوحدة Hz. | يتغير توزيع الطاقة زمنيًا؛ وتُراعى حدود المصدر. |
| نسبة التشغيل (Duty Cycle) | نسبة زمن عمل الليزر في دورة النبضة. | تغيّر الطاقة المتوسطة وسلوك التناثر؛ وتختلف عن قدرة الذروة. |
| بؤرة الثقب وغازه | الموضع وسلوك الغاز المنفصلان المستخدمان للثقب الأولي. | يتأثر عرض الثقب وخروج المصهور وتلوث البصريات. |

لا يلزم أن يساوي ارتفاع الثقب ارتفاع القطع. وقد تختلف بؤرته وضغطه أيضًا عن القطع الرئيسي. قد تتغير القيم بين المراحل في الطريقة المتدرجة. تحققوا هل تعرض وحدة التحكم الزمن لكل مرحلة أم إجماليًا.

الأمثلة التالية موثقة في المصادر، وليست مجالا عاما للتردد/نسبة التشغيل ولا وصفات جاهزة لماكينتك. لا تحدد Bodor السماكة أو القدرة؛ ومثال GWEIKE يخص الفولاذ الطري بسماكة 22 مم عند 3 كيلوواط. لا تخمن الشروط الناقصة.

مع ثبات قدرة الذروة وتشابه شكل النبضة، تؤثر نسبة التشغيل في الطاقة المتوسطة؛ ويعتمد سلوك المصدر الفعلي على وضع التحكم. لا تغيّروا التردد والنسبة معًا فتفقدوا تفسير النتيجة. لا تستخدموا شروط نبض غير مسموحة للمصدر.

مثال Bodor للثقب بالأكسجين $O_2$ على ثلاثة مستويات: ارتفاعات المستوى 3/2/1 هي 20/15/10 مم؛ قدرة الذروة 70–100%؛ تردد المستوى 3 هو 500–800 هرتز، والمستويين 1–2 هو 100–300 هرتز؛ نسبة التشغيل 35–75% وتزداد من المستوى 3 إلى 1. البؤرة 0...+2 في المستوى 3 و−6...−2 في المستويين 1–2؛ الضغط 1≈ $O_2$ بار، وزمن المستوى 3 ≈100 ملي ثانية. لا تطبق المثال مباشرة لغياب تحديد السماكة والقدرة.

مثال GWEIKE: قدرة 3 كيلوواط وفولاذ طري 22 مم وثقب $O_2$ بثلاث مراحل (عالية/متوسطة/منخفضة): القدرة 3000/3000/3000 واط؛ نسبة التشغيل 100/45/55%؛ التردد 200/150/150 هرتز؛ ارتفاع الفوهة 12/8/4 مم؛ ضغط $O_2$ 1,0/0,7/0,6 بار؛ البؤرة 0/−4/−6؛ زمن الشعاع 200/2500/3000 ملي ثانية. يلي كلا من المرحلتين الأوليين نفخ غاز لمدة 200 ملي ثانية: مجموع زمن الشعاع ≈5,7 ثانية مع ≈0,4 ثانية نفخ إضافي.

يذكر مؤلفو IPG أزمنة ثقب للفولاذ المقاوم للصدأ بسماكة 16 مم: أكثر من 1 ثانية عند 6 كيلوواط، و0,5 ثانية عند 10 كيلوواط، و0,1 ثانية عند 20 كيلوواط. توضح هذه النتائج التجريبية أثر القدرة؛ وليست وصفة ثقب كاملة.

Bodor · GWEIKE · IPG / Laser Focus World

## 12.3 التناثر والثقب المسبق في الصاج السميك

قد يعود المصهور إلى أعلى السطح عند بدء الثقب. وقد يلوّث التناثر الكبير طرف الفوهة والزجاج الواقي سريعًا في الصاج السميك. زيادة المدة أو القدرة ليست دائمًا علاج نقص الثقب؛ وقد توسّع الحفرة مع بؤرة خاطئة وطرد غاز غير كافٍ.

قد يدير الثقب المتدرج المعتمد التناثر. يجب أن تبقى نقطة الثقب بعيدة عن الحافة النهائية. يفسد تراكم التناثر على الفوهة نفثة الغاز فتسوء الثقوب التالية أيضًا. نظّفوا/استبدلوا وفق المصنّع؛ ولا تتدخلوا يدويًا أثناء القطع.

الثقب المسبق (Pre-pierce) هو فتح الثقوب في مرور مستقل ثم العودة إلى المحيطات. قد يساعد في توزيع الحرارة وإدارة التقنية على الصاج نفسه. لكنه قد يزيد الحركة دون قطع واستهلاك الغاز. لا تحرّكوا الصاج بعده؛ وتحققوا من وصول الدخول إلى النقطة المفتوحة في المرور الثاني.

> **تنبيه**
> عند تناثر كثيف لأعلى أو عدم نفاذ مستمر، لا تكرّروا الثقب في النقطة نفسها. أوقفوا بأمان وافحصوا الوصفة والبصريات. قد تبقى الحفرة الساخنة والخبث البارز في مسار الرأس؛ لا تنظّفوهما أثناء حركة الماكينة.

قد يضعف اتساخ الزجاج الواقي أو احتراقه جودة الثقب ويزيد التناثر. لا تواصلوا هذه الحلقة بزيادة القدرة. لفحص الزجاج واستبداله اتبعوا طريقة الصيانة في القسم 16.

## 12.4 الانتقال من الثقب إلى القطع

**الهدف:** انتقلوا من الثقب المكتمل إلى مسار دخول مستقر ووصفة القطع.

**المتطلبات:** جدول ثقب الماكينة وصف قطع مناسب من القسم 9 وعينة وسجل تجربة.

1. افحصوا تطابق المادة والغاز والفوهة وطريقة الثقب. تحققوا من بقاء نقطة الثقب في الخردة.
2. ابدؤوا الدورة بتدفق الغاز المسبق وارتفاع الثقب المعتمدين.
3. تحققوا من اكتمال الثقب بطريقة المراقبة المحددة من المصنّع. اعرفوا حدود الكشف بالمستشعر إن وجد؛ ولا تفترضوا وجوده في كل ماكينة.
4. طبّقوا التبريد/النفخ وانتقال الارتفاع في الدورة. تحققوا من اكتمال الانتقال إلى بؤرة القطع وضغطه وقدرته وارتفاعه.
5. ابدؤوا الحركة في مسار الدخول؛ ولا تصلوا إلى الحافة النهائية قبل استقرار القطع.
6. بعد برودة العينة افحصوا نقطة البداية والحافة السفلية. لا تواصلوا الإنتاج المتسلسل دون نفاذ كامل.

> **تنبيه**
> لا تفتحوا الباب أو تدخلوا منطقة العمل للنظر أسفل الصاج. راقبوا فقط عبر حماية الماكينة المغلقة ونظام المراقبة المعتمد. لا تحكموا بالنفاذ من ضوء أو حفرة أعلى السطح وحدهما.

**لماذا؟** قد يدفع بدء الحركة الأفقية قبل اكتمال الثقب المصهور إلى الأعلى؛ فينتج شق بداية وقطع ناقص وتلوث بصريات.

## 12.5 جدول مشكلات الثقب

الأعراض ليست تشخيصًا قاطعًا. افحصوا أولًا الغاز والفوهة والزجاج الواقي وصحة الوصفة؛ ثم طبّقوا قاعدة المعلمة الواحدة في القسم 13.3.

| العَرَض | السبب المحتمل | الفحص والتصحيح |
|---|---|---|
| **لا يثقب / لا ينفذ تمامًا** | صف مادة خاطئ؛ طاقة أو مدة غير كافية؛ بؤرة خاطئة؛ مشكلة غاز/بصريات. | تحققوا أولًا من التجهيز والوصفة. افحصوا هل بقيت الدورة المتدرجة ناقصة. قيّموا المدة/الطاقة منفردتين ضمن الجدول المعتمد فقط. |
| **حفرة كبيرة** | مدة/طاقة مفرطة؛ مرحلة غير مناسبة؛ نقطة الثقب قريبة من الحافة. | انقلوا النقطة إلى موضع آمن في الخردة. قيّموا الطريقة المتدرجة المعتمدة. افحصوا وجود انتظار غير لازم بعد النفاذ الكامل. |
| **تناثر كثيف لأعلى** | ارتفاع أو بؤرة خاطئان؛ طرد غاز غير مناسب؛ فوهة متّسخة؛ ثقب غير مكتمل. | توقفوا؛ وافحصوا الفوهة والزجاج. أعيدوا ارتفاع الثقب وغازه وتسلسل مراحله إلى وصفة المصنّع. |
| **الثقب يتسع تدريجيًا** | استمرار الطاقة بعد الثقب؛ مدة طويلة؛ تكرار التجربة في النقطة الساخنة نفسها. | افحصوا انتقال الثقب–القطع. راقبوا الزمن في العينة؛ ولا تفرضوا المحاولة مرارًا في النقطة نفسها. |
| **يثقب وينقطع القطع عند الدخول** | انتقال ناقص إلى شروط القطع؛ دخول قصير/خاطئ؛ تأخير الغاز أو أثر الحفرة. | تحققوا من وصفتي الثقب والقطع الرئيسي منفصلتين. راجعوا موضع الدخول وحركة الانتقال. |

## 12.6 تسجيل وصفة الثقب

في كل تجربة ناجحة سجّلوا قيم المراحل مع معلومات المصدر/الرأس ودرجة المادة والسماكة والغاز والفوهة وطريقة الثقب. حدّدوا تعريف مدة الثقب. وسجّلوا حالة الزجاج الواقي الأولية ونتيجة العينة.

نجاح الثقب في نقطة واحدة لا يكفي؛ افحصوا البداية الباردة والمنطقة الساخنة أثناء العمل. قارنوا النتائج بمناطق مختلفة في القطعة كثيرة الثقوب. عند تقليل زمن الثقب لا تزيدوا ثلمة البداية أو النقاط غير المقصوصة أو جهد التنظيف.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **مقارنة حفرة الثقب والتناثر وأثر الانتقال إلى القطع**

أمثلة الثقب: Bodor وGWEIKE ومؤلفو IPG؛ دعم المستويات: XC3000 وJCZ CutMaker؛ تحذير الزجاج في Flash Piercing: Friendess CypCutPro. لم تشتق وصفة ثقب من جدول القطع الرئيسي.

13

# جودة القطع وتشخيص العيوب

يعطي القطع الجيد حافة صحيحة الأبعاد وعمودية بما يكفي، بخشونة مقبولة ومناسبة للعمل اللاحق. سجّلوا العيب وتحققوا من التجهيز وغيّروا معلمة واحدة فقط كل مرة.

## 13.1 قائمة فحص الجودة

لا تنظروا إلى أعلى الحافة فقط. قيّموا الأبعاد العلوية والسفلية ونقطة الدخول والحافة المستقيمة والزاوية والثقب الصغير منفصلة. خذوا حدود القبول من الرسم الفني أو أمر العمل. لا يحدّد هذا القسم سماحة رقمية موحّدة للخشونة أو التعامد لكل الأعمال.

يصنف ISO 9013:2017 (+Amd 1:2024) سطح القطع وفق نطاقات تفاوت التعامد/الانحراف الزاوي u ومتوسط ارتفاع المقطع Rz5. نطاقه لقطع الليزر هو 0.5–32 mm. يورد الملحق الإرشادي A فئة تفاوت الأبعاد 1 باعتبارها نموذجية لقطع الليزر؛ وهي تختلف عن نطاقات جودة الحافة u/Rz5. حددوا نطاقات القبول في الرسم أو أمر العمل. الحدود أدناه من جداول إصدار 2017؛ ag سماكة القطع بوحدة mm. قيسوا السطح بعد تنظيفه بالفرشاة وإزالة الأكسيد، خارج منطقة الثقب وبداية القطع ونهايته.

| النطاق | الحد الأعلى u (mm) | الحد الأعلى Rz5 (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 | — |

### ترميز ISO 9013 وشروط القياس

يكون الترميز بالشكل **ISO 9013-xyz**: x = نطاق u، y = نطاق Rz5، z = فئة سماحية الأبعاد. مثال واحد: **ISO 9013-312** يعني نطاق u رقم 3 ونطاق Rz5 رقم 1 وفئة سماحية الأبعاد 2. حدّدوا نطاق الحافة وفئة الأبعاد كلّاً على حدة.

وفق إصدار 2017، قيسوا Rz5 على بُعد 15 mm من بداية القطع في اتجاه التقدم، في موضع أعلى خشونة متوقعة على سطح القطع. Rz5 هو المتوسط الحسابي لارتفاعات المظهر عبر خمسة أطوال قياس مفردة متتالية؛ وليست 15 mm طول قياس المظهر. يجب أن يكون وجها الصفيحة المرجعيان العلوي والسفلي مستويين ونظيفين.

تحدد الشركة المصنّعة نقاط القياس. إذا لم تحددها، خذوا لكل متر قطع مجموعتين من ثلاثة قياسات u بفواصل 20 mm وقياس Rz5 واحداً؛ واختاروا المواضع المتوقع أن تعطي أعلى القيم. دون سماكة 2 mm، قيسوا Rz5 عند نصف السماكة واتفقوا بصورة مستقلة على طريقة u.

لقياس u، استبعدوا شريطاً بعرض Δa عند الحافتين العليا والسفلى: 0.1a عندما a ≤ 3 mm؛ 0.3g عندما 3<a≤6؛ 0.6g عندما a>6؛ و1 mm عندما 10<a≤20؛ 1.5g عندما 20<a≤32. اتفقوا بصورة مستقلة على قبول الجودة فوق 32 mm.

يشير الملحق الإرشادي A إلى أن قيم Rz5 للألمنيوم وسبائكه قد تبلغ نحو أربعة أضعاف القيم المذكورة للفولاذ. لا تعتبروا نطاقات خشونة الفولاذ ضماناً تلقائياً للألمنيوم.

لحدود الجودة حسب السماكة، استخدموا **مساعد الليزر ← حاسبة الجودة**.

ISO 9013:2017 §6, §9–10, Annex A

| الخاصية | النتيجة الجيدة | الفحص |
|---|---|---|
| تعامد الحافة | الفرق بين المحيطين العلوي والسفلي ضمن سماحة العمل. | قارنوا البعدين العلوي والسفلي بعد برودة القطعة؛ وسجّلوا المخروطية. |
| الخشونة / خطوط القطع (Striations) | آثار منتظمة؛ دون تجاويف موضعية أو جرّ مفرط أو انقطاع. | افحصوا الحافة المستقيمة والبداية والزاوية منفصلة. |
| الزوائد (Dross) | لا التصاق خارج القبول أو وصلة غير مقصوصة في الحافة السفلية. | ميّزوا الزوائد الخيطية والقطرية والصلبة المتصلة. |
| الأكسيد واللون | يناسبان الغاز المختار والعملية اللاحقة. | لا تخلطوا أكسيد الفولاذ الكربوني بـ $O_2$ مع التلون غير المرغوب للمقاوم للصدأ بـ $N_2$. |
| المنطقة المتأثرة حراريًا (Heat-affected Zone) | الحرق والتشوه يفيان بشروط العمل. | راقبوا اللون والانحناء؛ ولا تثبتوا القبول المعدني المطلوب بالنظر وحده. |
| الأبعاد والتكامل | القطعة والثقوب والزوايا مطابقة للرسم. | استخدموا أداة قياس معايرة؛ وتحققوا من مراجعة الرسم. |

**الهدف:** أنشئوا خط أساس جودة قابلًا للتكرار قبل تجربة المعلمات.

**المتطلبات:** رسم معتمد ووصفة أساسية وعينة من المادة نفسها وأداة قياس واستمارة تسجيل.

1. **تحققوا من العمل**
   صف المادة الخاطئ يُبطل الضبط الصحيح.
   افحصوا المادة والسماكة والغاز ومراجعة الرسم. قارنوا الوصفة الأساسية بـ القسم 9 وجدول الماكينة.

2. **افحصوا التجهيز**
   يشبه الانتساخ وعدم التمركز عيب المعلمات.
   افحصوا الفوهة والحلقة السيراميكية والزجاج الواقي والتمركز في حالة آمنة. طبّقوا عند الحاجة القسم 11.5.

3. **تحققوا من الغاز**
   الضغط الساكن لا يثبت كفاية التدفق.
   افحصوا نوع الغاز ونقاءه وضغطه أثناء التدفق وتأخير البدء.

4. **افحصوا المرجع**
   صفر البؤرة الخاطئ يؤثر في كل الوصفات.
   تحققوا من البؤرة وارتفاع الفوهة والتتبع السعوي. افحصوا استواء الصاج.

5. **قيسوا العينة**
   حافة واحدة لا تمثّل القطعة كلها.
   قيّموا الأبعاد العلوية/السفلية والزوائد والزوايا والثقوب في العينة الباردة. سجّلوا اتجاه العيب وموضعه.

> **! تنبيه**
> عند فحص الفوهة أو الزجاج الواقي، ضعوا الليزر في حالة آمنة واتبعوا إجراء صيانة المصنّع. لا تمدّوا أيديكم إلى ماكينة تعمل. لا تنتزعوا عينة غير نافذة القطع بالسحب اليدوي.

**لماذا؟** لا تتكرر تجارب الضبط قبل حل مشكلة التجهيز أو المادة؛ ويختفي السبب الفعلي.

## 13.2 الزوائد وعيوب الحافة — جدول التشخيص

يعرض الجدول أسبابًا محتملة؛ ولا يرتبط كل شكل زوائد بسبب واحد. إجراءات الخلية ليست حزمة تُنفّذ معًا. أكملوا الفحص الأولي، واختاروا السبب الأرجح، وجرّبوا بمتغير واحد وفق القسم 13.3.

| العَرَض | السبب المحتمل | الفحص بالتسلسل / تجربة منفردة |
|---|---|---|
| **$O_2$ القطع بالأكسجين — فولاذ كربوني** | | |
| **زوائد سفلية صلبة ومتّصلة** | سرعة عالية؛ ضغط $O_2$ أو نقاؤه منخفض؛ البؤرة مرتفعة جدًا. | تحققوا من نوع الغاز ونقائه وتدفقه. جرّبوا خفض السرعة 10%. إذا لم تتحسن النتيجة فعودوا للبداية؛ وفي تجربة منفصلة زيدوا $O_2$ بمقدار 0.1 bar أو اخفضوا البؤرة 0.2 mm. |
| **حافة محترقة وشق واسع** | ضغط عالٍ؛ بؤرة مرتفعة جدًا؛ طاقة زائدة؛ سطح غير مناسب. | افحصوا السطح والفوهة. في تجارب منفصلة اخفضوا $O_2$ بمقدار 0.1 bar أو البؤرة 0.2 mm. لا تغيّروا القدرة إلا ضمن النطاق المعتمد. |
| **حفرة / تجويف في الحافة** | ضغط عالٍ؛ سرعة منخفضة؛ صدأ/أوساخ؛ تراكم حرارة موضعي. | قارنوا بعينة نظيفة وباردة. جرّبوا توزيع القطوع المتجاورة في التعشيق نفسه. في تجربة المعلمات غيّروا الضغط أو السرعة منفردين. |
| **احتراق الزوايا** | تبقى القدرة وحرارة التفاعل مرتفعتين عند تباطؤ الزاوية. | إذا كانت الحافة المستقيمة جيدة فراجعوا تقنية الزاوية. تحققوا منفصلًا من منحنى القدرة–السرعة أو حلقة الزاوية أو التبريد؛ القسم 6.3. |
| **$N_2$ الهواء القطع بالنيتروجين / الهواء** | | |
| **زوائد سفلية رفيعة كخيوط** | سرعة منخفضة؛ بؤرة مرتفعة جدًا؛ ضغط منخفض؛ صاج ساخن. | افحص أولا تدفق الغاز وعينة باردة؛ ثم تحقق من البؤرة وجرب جعلها أكثر سلبية بمقدار 0,2–0,5 مم في تجربة منفصلة عند الحاجة. بعد التحقق من التدفق والبؤرة، جرب زيادة السرعة 10%. لا تجرب زيادة ضغط $N_2$ بمقدار 1 بار إلا ضمن الحدود المسموحة وفي تجربة مستقلة؛ هذه الخطوات الرقمية قواعد DOKTEK. |
| **زوائد صغيرة كقطرات أسفل الحافة** | بؤرة منخفضة جدًا؛ سرعة عالية؛ طرد مصهور غير كافٍ. | افحصوا الفوهة والغاز. في تجارب منفصلة ارفعوا البؤرة 0.2–0.5 mm باتجاه الصفر أو اخفضوا السرعة 10%. |
| **سطح باهت وخشن** | طاقة غير كافية؛ بؤرة منخفضة جدًا؛ فوهة تالفة؛ بصريات متّسخة/تالفة. | افحصوا الفوهة والزجاج الواقي بأمان أولًا. إذا سَلِم التجهيز فجرّبوا البؤرة؛ ولا تقيّموا القدرة إلا ضمن نطاق المصنّع. |
| **حافة المقاوم للصدأ صفراء / زرقاء** | نقاء $N_2$ غير كافٍ؛ اختلاط هواء في الخط؛ تأخير غاز قصير؛ حرارة زائدة. قد يُتوقع الأكسيد في القطع بالهواء. | افحصوا هدف $N_2$ وتلوث الأكسجين. إذا ساءت القطعة الأولى، فطهّروا الخط بتحكم أو قيّموا التأخير في تجربة مستقلة. ابحثوا عن التسرب والاختلاط؛ القسم 7.2. |
| **بلازما لامعة وانقطاع موضعي في القطع** | سرعة عالية؛ طاقة غير كافية؛ بؤرة منخفضة جدًا؛ مشكلة طرد الغاز. | توقفوا عند غياب النفاذ الكامل. تحققوا من الغاز والفوهة والبصريات. ثم اخفضوا السرعة أو ارفعوا البؤرة في تجارب مستقلة؛ ولا تتجاوزوا حدود القدرة. |
| **فحوص مستقلة عن الغاز** | | |
| **زوائد من جانب واحد فقط** | فوهة غير متمركزة أو منبعجة أو مشوهة الفتحة؛ مشكلة محاذاة الشعاع/الغاز. | استبدلوا الفوهة التالفة وتحققوا من التمركز. إذا لم تتحسن النتيجة، فراجعوا الخدمة المعتمدة لمحاذاة البصريات. لا تعوّضوا بالسرعة. |
| **دوائر بيضاوية وشكل مشوه** | الرسم أو ضبط الحركة؛ خلوص المحاور؛ مشكلة فوهة/بصريات؛ تشوه حراري. | تحققوا من الرسم والقياس البارد. سجّلوا اتجاه العيب. بعد فحص الفوهة اتركوا فحص الميكانيك/المحاور للخدمة المعتمدة؛ ولا تنسبوا التشوه للغاز وحده. |
| **ميل خطوط القطع الشديد للخلف** | سرعة عالية؛ طاقة أو طرد غاز غير كافيين؛ بؤرة غير مناسبة. | تحققوا من تدفق الغاز والبصريات. جرّبوا أولًا خفض السرعة 10%. إذا لم تتحسن النتيجة فعودوا للبداية وقيّموا البؤرة أو ملاءمة الفوهة/الوصفة. |
| **تموج منتظم في الحافة المستقيمة** | اهتزاز أو تتبع غير مستقر أو مشكلة حركة؛ تغير السطح. | قارنوا الحواف باتجاهات مختلفة. افحصوا تتبع الارتفاع وإسناد الصاج. أحيلوا للخدمة إذا لزم فحص ميكانيكي. |

| العَرَض | السبب المحتمل | الفحص بالتسلسل / تجربة منفردة |
|---|---|---|
| **حافة مخروطية وأبعاد علوية وسفلية مختلفة** | عدم ملاءمة البؤرة/البصريات؛ التمركز؛ ارتفاع الفوهة؛ حدود تقنية القطع. | سجّلوا البعدين العلوي والسفلي. تحققوا من العدسة الصحيحة وصفر البؤرة. أجروا تجربة بؤرة واحدة؛ ولا تحاولوا تصحيح الوجهين بالتعويض وحده. |
| **انحراف أبعاد متشابه بكل الاتجاهات** | تعويض شق القطع أو اتجاهه؛ مقياس رسم خاطئ؛ قياس ساخن. | قيسوا القطعة باردة. افحصوا المقياس والمحيط الداخلي/الخارجي وتطبيق تعويض واحد. صحّحوا التعويض بعد استقرار الجودة. |
| **اختلاف الأبعاد بحسب الاتجاه** | مشكلة محاور/مقياس أو ميكانيك؛ انحناء حراري؛ جودة قطع مرتبطة بالاتجاه. | قارنوا العينة نفسها باتجاهات مختلفة. افحصوا الإسناد والتمركز. لا تغيّروا ضبط المحاور الدائم دون تخويل. |

**الاقتباس بتصرف:** المثال المحلي *ornek_tr.html* نُقل محتواه 9.2 إلى 13.2 ووُسّع. يُقرأ مع فحوص السرعة والفوهة والغاز والمادة في وثيقة Linde.

The Fabricator

## 13.3 قاعدة المعلمة الواحدة وحجم الخطوات

**قاعدة DOKTEK — لا يوجد مصدر أولي:** خطوات السرعة ±10% والبؤرة ±0,2–0,5 مم وضغط $O_2$ بمقدار ±0,1 بار و$N_2$ بمقدار ±1 بار هنا، بما فيها الخطوات نفسها في القسم 13.2، مقترحات مقارنة من DOKTEK. ليست إعدادات مصنع أو حدود أمان. عند الزوائد الخيطية مع $N_2$، افحص تدفق الغاز والبؤرة قبل السرعة.

| 1 معلمة | السرعة ±10% | البؤرة ±0.2–0.5 mm | $O_2$ ±0.1 bar | السجل |
|---|---|---|---|---|
| متغير واحد فقط في كل تجربة | نسبةً إلى القيمة الحالية | نسبةً إلى صفر متحقق منه | $N_2$ ±1 bar | النتيجة وقيمة الرجوع |

هذه خطوات مقارنة صغيرة؛ وليست وصفة أو حد سلامة لكل ماكينة. لا تجرّبوا إن كانت ستتجاوز النطاق. لا تستخدموا خطوة $N_2$ تلقائيًا لضغط الهواء؛ اتبعوا وصفة نظام الهواء المسموحة. لا تُعطى هنا خطوة عامة للقدرة أو التردد أو نسبة التشغيل.

**الهدف:** ميّزوا التغيير المؤثر في العيب واجعلوا الضبط الناجح قابلًا للتكرار.

**المتطلبات:** وصفة أساسية مستقرة وعينة من الدفعة نفسها ومعيار عيب وأداة قياس وسجل تجربة.

1. سجّلوا الوصفة الأولية. عرّفوا العيب: موضعه واتجاهه وشكل الزوائد والأبعاد العلوية/السفلية والغاز.
2. اختاروا السبب الأرجح من الجدول. عالجوا عيب التجهيز أولًا إن وجد؛ ولا تغيّروا الوصفة في الوقت نفسه.
3. غيّروا معلمة واحدة فقط بخطوة صغيرة مناسبة. حافظوا على بقية الظروف وهندسة العينة.
4. قارنوا بالمعايير نفسها بعد برودة العينة. عند التحسن سجّلوا القيمة الجديدة والآثار الجانبية.
5. إذا ساءت النتيجة فعودوا للبداية. لا تغيّروا معلمة أخرى إلا في تجربة جديدة منفصلة.
6. تحققوا من الضبط الناجح في حواف وثقوب مختلفة؛ واحفظوا الوصفة مع المراجعة ومعلومات المادة.

**تنبيه**

لا تواصلوا التجربة عند نقاط غير مقصوصة أو تناثر كثيف لأعلى أو ارتفاع قطعة أو خطر اقتراب الرأس. أوقفوا بأمان وعالجوا السبب. لا تتجاوزوا حدود الماكينة ولو بخطوة صغيرة.

**لماذا؟** إذا غيّرتم السرعة والبؤرة والضغط معًا، فلن تعرفوا سبب التحسن. وستضطرون إلى حل المشكلة نفسها مجددًا في دفعة المادة التالية.

ليتضمن السجل على الأقل: المادة/الدفعة والسماكة والمصدر/الرأس والفوهة والغاز والوصفة الأولية والمعلمة الوحيدة المتغيرة والقيمة القديمة/الجديدة ونتيجة العيب وقرار القبول. عند التصوير علّموا الاتجاه والوجه العلوي/السفلي.

### كيف تفسّرون نتيجة التجربة؟

| النتيجة | التفسير | القرار |
|---|---|---|
| قلت الزوائد وبقيت الأبعاد والزوايا كما هي | تبدو التجربة إيجابية. | تحققوا في بقية الحواف والثقوب؛ وسجّلوا القيمة الناجحة. |
| قلت الزوائد واحترقت الزاوية | تحسّن عيب واختلّ شرط قبول آخر. | لا تنتقلوا للإنتاج المتسلسل؛ عودوا للبداية وقيّموا السبب منفصلًا. |
| لم تتغير النتيجة | قد لا يكون السبب المختار مؤثرًا؛ وقد تكون ظروف التجربة تغيّرت. | عودوا للبداية. تحققوا من ثبات المادة والحرارة والتجهيز. |
| تحسن في منطقة واحدة فقط | قد يوجد أثر سطح أو إسناد أو حرارة موضعي. | ابحثوا اختلاف التعشيق والمادة قبل تغيير الوصفة كلها. |

مثلًا، إذا بقيت الزوائد في اتجاه قطع معين فقط، فلا تواصلوا بتغييرات سرعة متتابعة. قد تكون فتحة الفوهة وتمركزها أرجح. أما إذا مالت خطوط القطع في كل الاتجاهات مع عدم النفاذ، فافحصوا توازن السرعة/الطاقة مع طرد الغاز. كتابة *موضع* ظهور العَرَض أفيد من قول «توجد زوائد» فقط.

## 13.4 أمثلة صور العيوب

ستُضاف إلى المساحات التالية أمثلة DOKTEK مصوّرة بالإضاءة نفسها ومع مقياس وبطاقة مادة. لا تحتوي صورًا حاليًا. التشابه البصري وحده ليس تشخيصًا؛ يجب قراءة الغاز والمادة ووصفة العينة معًا.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **قطع جيد: حافة عمودية وآثار منتظمة وحافة سفلية مقبولة**

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **قطع معيب: زوائد سفلية صلبة ومتّصلة**

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **قطع معيب: مقارنة زوائد خيطية وقطرية**

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **مقارنة جيد/معيب: زاوية سليمة وأخرى محترقة**

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **مقارنة جيد/معيب: خطوط القطع والسطح الخشن**

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **قطع معيب: حافة مخروطية وتلون المقاوم للصدأ**

أضيفوا القطع المقبولة أيضًا إلى أرشيف الأمثلة. لا تصوّروا العيب نفسه من جهة واحدة فقط؛ أظهروا أعلى السطح وحافة القطع والحافة السفلية. تكون الصور أفيد للتشخيص اللاحق عند حفظ الإعدادات الرقمية في سجل منفصل.

14

# مصادر الليزر

ينتج مصدر الليزر الشعاع؛ ويركّزه رأس القطع على الصاج. قيّموا المصدر والبصريات والغاز والتبريد معًا. القدرة الاسمية المتساوية وحدها لا تضمن نتيجة قطع متساوية.

## 14.1 ماذا يفعل مصدر الليزر؟

ينتقل الشعاع المنتج في مصدر ليزر الألياف إلى رأس القطع عبر ليف الخرج. يجمع الترتيب البصري داخل الرأس الشعاع ويركّزه. ويساعد غاز الفوهة في طرد المصهور من منطقة القطع. المصدر والرأس وخط الغاز أجزاء منفصلة؛ وقد تبدو مشكلة أحدها عطلًا في الآخر.

معلومة جاهزية المصدر على الشاشة لا تثبت وحدها وصول طاقة كافية إلى نقطة القطع. قد يوقف القطع أيضًا زجاج واقٍ متّسخ أو بؤرة خاطئة أو فوهة تالفة أو ظروف غاز غير مناسبة. عند ضعف القطع اتبعوا أولًا تسلسل فحص القسم 17.1 .

| الجزء | وظيفته | فحص المشغّل |
|---|---|---|
| **مصدر الليزر (Laser Source)** | ينتج شعاع العملية. | الجاهزية وساعات العمل والإنذارات ومعلومات التبريد. |
| **ليف الخرج ووصلة QBH** | ينقل الشعاع إلى الرأس. QBH نوع وصلة بصرية؛ وليس قيمة قدرة. | آثار تلف أو إجهاد خارجي؛ لا تتدخلوا في الوصلة. |
| **رأس القطع** | يركّز الشعاع؛ ويحمل الفوهة وتتبع الارتفاع. | الزجاج الواقي والفوهة والحلقة السيراميكية والمعايرة. |
| **المبرّد (Chiller)** | يوفّر شروط التبريد للمصدر والرأس؛ وتختلف بنية الدوائر بحسب الطراز. | المستوى والتدفق والإنذار والخراطيم والتكاثف. |

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **ملصق المصدر والمسار الخارجي لليف الخرج ووصلات التبريد؛ والأغطية مغلقة**

**الوصلة البصرية من مهام الخدمة**

لا تفصلوا وصلة QBH أو تنظروا داخلها أو تثنوا الليف بالقوة. عند الاشتباه باتساخ الوصلة أو تلفها، ضعوا الماكينة في حالة آمنة وأبلغوا الخدمة. تختلف شروط الانثناء والنقل المسموحة بحسب الطراز.

## 14.2 القدرة وقطر القلب وجودة الشعاع

| المفهوم | ماذا يصف؟ | كيف تستخدمونه أثناء العمل؟ |
|---|---|---|
| **القدرة الاسمية (Nominal Power)** | فئة القدرة على ملصق المصدر. تختلف عن نسبة القدرة في البرنامج. | سجّلوا القدرة الاسمية وضبط العملية منفصلين. لا تجزموا بفقد القدرة من أثر القطع فقط دون قياس الخرج. |
| **قطر قلب الليف (Fiber Core Diameter)** | حجم قلب الليف الحامل للشعاع؛ ولا يساوي مباشرة قطر البؤرة على الصاج. | قارنوا قطر القلب أيضًا عند نقل الإعدادات بين المصادر. تذكّروا أثر بصريات الرأس في النتيجة. |
| **BPP / جودة الشعاع** | حاصل معلمات الشعاع (Beam Parameter Product) مقياس يصف سلوك تركيز الشعاع وتباعده. | قارنوا القيمة وشروط القياس في الوثيقة التقنية للشركة المصنّعة؛ ولا تعمموا أمثلة المنتج أدناه على جميع العلامات. |
| **CW** | الموجة المستمرة (Continuous Wave): نمط تشغيل ينتج شعاعًا مستمرًا. | افحصوا توافق عملية القطع مع نمط تشغيل المصدر. |
| **التشغيل النبضي (Pulsed Operation)** | إعطاء الطاقة على شكل نبضات زمنية. تختلف علاقة مدة النبضة والتردد والقدرة بحسب المصدر. | لا تستنتجوا نوع المصدر من حقل التردد في البرنامج وحده. تحققوا من النمط المدعوم بوثيقة المصنّع. |

BPP وقطر القلب والقدرة الاسمية خصائص مختلفة. لا تشتقوا حد سماكة أو سرعة أو جودة من قيمة واحدة. لقيم القطع استخدموا جدول القسم 9 وسجل العملية المعتمد لماكينتكم.

**BPP = $w_0 \times \theta = M^2 \times \lambda/\pi$.** $w_0$ هو نصف قطر خصر الحزمة عند أضيق موضع؛ و$\theta$ هي نصف زاوية التباعد في المجال البعيد. الوحدة mm·mrad. للحزمة الغاوسية المثالية $M^2 = 1$؛ وعند $\lambda = 1.07$ µm يكون حد الحيود $\lambda/\pi = 1.07 \div \pi \approx 0.34$ mm·mrad. هذا الحد النظري الأدنى ليس قيمة BPP المقاسة للمصدر المركّب.

مثال منتج نموذجي: مع ليف بطول 25 m، تورد بيانات Coherent Edge FL لقلب 50 µm القيم 1.5 mm·mrad و1.5 kW → 2.7 3g kW → mm·mrad؛ ولقلب 100 µm عند ≤ 6 kW القيمة < 4 mm·mrad. لم يز البحث هذه القيم إلا في ملخص بحث؛ تحققوا منها في الوثيقة التقنية لطرازكم. يحدد ISO 11146-1 طرق قياس عرض الحزمة والتباعد ونسبة الانتشار.

BPP · Coherent Edge FL · ISO 11146-1

## 14.3 Raycus وMaxphotonics (Max) وIPG وReci

يتناول الدليل أربع علامات لمصادر الليزر. اسم العلامة ليس ترتيب جودة. قيّموا معًا الطراز المثبّت وبنية الليف وفئة القدرة وتوافق الرأس ودعم الخدمة. قد تختلف الوصلات وشاشات الإنذار وشروط الصيانة بين سلاسل العلامة نفسها.

| العلامة | تعريف عام | تحققوا على الماكينة |
|---|---|---|
| **Raycus** | علامة لمصدر ليزر ألياف. يعتمد سلوكه في القطع على الطراز المثبّت والماكينة كاملة. | الطراز الكامل والرقم التسلسلي والقدرة الاسمية وقطر القلب وتعليمات المصنّع السارية. |
| **Maxphotonics (Max)** | علامة لمصدر ليزر ألياف. تُسمّى اختصارًا «Max» أيضًا. | السلسلة والطراز على الملصق؛ وهل الجداول المتشابهة الأسماء تخص شروط الليف والبصريات نفسها. |
| **IPG** | علامة لمصدر ليزر ألياف. لا تُختار معلمات القطع من الاسم وحده. | خصائص خرج الطراز المثبّت وشروط التبريد وواجهة الإنذار/المراقبة. |
| **Reci** | علامة لمصدر ليزر ألياف. يُتحقق من التوافق وشروط الاستخدام بوثيقة الطراز. | معلومات القدرة والليف والتكامل مع الماكينة وسجلات الخدمة. |

للمصادر واجهات إنذار ومراقبة خاصة بها. وقد تعرض شاشة الماكينة بعض المعلومات أيضًا؛ وتختلف الحقول بحسب التكامل. عند إبلاغ الخدمة سجّلوا نص إنذار المصدر كاملًا إلى جانب وصف شاشة الماكينة المختصر. لا تدخلوا حقول ضبط لا يجيزها المصنّع.

## 14.4 بنية الوحدة المفردة والوحدات المتعددة

| البنية | الاتجاه العام | عند القرار |
|---|---|---|
| **وحدة مفردة (Single Module)** | تُرى غالبًا مع قلب 50 µm؛ وتُستخدم للقطع السريع للصاج الرقيق–المتوسط. | لا تعمّموا ذلك على كل طراز. اقرأوا قطر القلب الفعلي وتوافق المصدر/الرأس من الوثيقة. |
| **وحدات متعددة (Multi Module)** | تُرى بقلوب 100 µm فأكثر؛ وتُستخدم لمعالجة مستقرة للصاج السميك. | لا تستنتجوا السرعة أو الجودة من عدد الوحدات وحده. تحققوا من عملية الصاج السميك بقطع تجريبي. |

تعمل بنية الوحدات وفئة القدرة والترتيب البصري معًا. قد يختلف سلوك البؤرة والثقب لمصدرين بالقدرة الاسمية نفسها. لا تختزلوا الاختيار في «مفرد» أو «متعدد»؛ قيّموا نطاق موادكم وبنية الغاز وتجهيز الرأس وشروط الخدمة معًا.

> **! النحاس والنحاس الأصفر والألومنيوم**
>
> لهذه المواد خطر انعكاس مرتد (Back Reflection). تحققوا من ملاءمة المصدر والرأس المثبّتين للعملية بوثيقة المصنّع. لا تعيدوا ضبط إنذار الانعكاس فقط وتكرّروا العملية نفسها؛ اتبعوا تسلسل القسم 17.7 .

## 14.5 نقل المعلمات إلى مصدر آخر

**الهدف:** استخدموا الإعداد السابق سجل بدء مضبوطًا وتحققوا من نتيجة القطع على الماكينة الجديدة.

**المتطلبات:** بيانات ملصق المصدرين وقطرا القلب ومعلومات الرأس/الفوهة وسجل معلمات معتمد وصاح اختبار مناسب واستمارة الملحق C .

1. احفظوا الملف القديم. أنشئوا سجل تجربة مستقلًا باسم الماكينة والمصدر الجديدين.
2. قارنوا القدرة الاسمية وقطر القلب. اعتبروا إعداد القدرة والقلب المتساويين نقطة بدء فقط. إذا اختلفا، فعودوا لجدول الطراز المناسب أو عملية البدء المقترحة من الخدمة.
3. قارنوا نوع المادة والسماكة الفعلية والطلاء والغاز ونوع الفوهة وبصريات الرأس. لا تكملوا الناقص بافتراضات.
4. افحصوا إشارة البؤرة والوحدات وتفسير السرعة بـm/min والضغط بـbar. قد تختلف معاني حقول القدرة والنبض بحسب البرنامج/المصدر.
5. أجروا فحص الإطار وقطعًا تجريبيًا في منطقة اختبار آمنة. افحصوا الثقب والنفاذ الكامل والسطح السفلي والزوائد والأبعاد.
6. غيّروا معلمة واحدة كل تجربة. اكتبوا القيمتين القديمة/الجديدة والنتيجة في الاستمارة. أدرجوا النتيجة المناسبة في سجل الإنتاج بعد الاعتماد المحلي.

> **! لا تنسخوا الإعدادات دفعة واحدة**
> نقل جدول القطع لا يمنح صلاحية نسخ إعدادات السيرفو أو اتصال المصدر أو السلامة. تدير الخدمة التهيئة الخاصة بالماكينة.

**لماذا؟** حتى مع تساوي القدرة وقطر القلب، قد يغيّر الترتيب البصري وتدفق الغاز وسلوك التحكم النتيجة. يتيح سجل التجربة استعادة الضبط الموثوق.

## 14.6 الظروف المحيطة وصيانة المصدر

راقبوا الحرارة والرطوبة حول المصدر. خذوا النطاقات المسموحة من وثائق المصدر والمبرّد؛ ولا تستخدموا حرارة واحدة لكل العلامات. قد يحدث تكاثف عند انخفاض حرارة سطح بارد دون نقطة ندى الجو. عند ظهور تكاثف على الخرطوم أو الرأس، أوقفوا القطع ولا تستأنفوا قبل معالجة السبب.

**الهدف:** حافظوا على محيط المصدر ووصلاته الخارجية وفق شروط المصنّع.

**المتطلبات:** قائمة فحص المصنّع وسجل حرارة/رطوبة الجو وقماش نظيف جاف واستمارة صيانة.

1. ضعوا الماكينة في حالة الصيانة للمصنّع؛ ولا تفتحوا غطاء المصدر. افحصوا خلو مداخل التهوية.
2. أزيلوا غبار سطح المصدر الخارجي بطريقة مناسبة. لا توجّهوا هواء مضغوطًا أو سائلًا إلى الفتحات.
3. ابحثوا عن تسرب وسحق وارتخاء في الخراطيم، وتلف خارجي في مسار الليف. لا تفكّوا الوصلات.
4. افحصوا مستوى المبرّد وتدفقه ومرشّحه وإنذاراته. ميّزوا دائرتي المصدر/الرأس بحسب الطراز؛ وتابعوا مع القسم 16.6 .
5. سجّلوا الظروف المحيطة والملاحظات. إذا تجاوزت النطاق المسموح، فلا تشغّلوا حتى تتحقق شروط المصنّع.

> **! لا تُخفوا التكاثف بتغيير الضبط**
> لا تغيّروا ضبط المبرّد عشوائيًا لإسكات الإنذار. يجب تقييم رطوبة الجو وضبط الماء وشروط الجهاز المسموحة معًا.

**لماذا؟** قد يسبب الغبار وظروف التبريد غير المناسبة أعطالًا. يبيّن سجل البيئة ظروف حدوث الإنذار المتكرر.

## 14.7 قياس القدرة ومتابعة الأداء

خطّطوا للفحص الدوري لقدرة الخرج مع الخدمة. حدّدوا الفترة بكثافة العمل والقياسات السابقة وتوصية المصنّع. القدرة المطلوبة في البرنامج ليست قدرة بصرية مقاسة. لا تستخدموا تغير سرعة القطع وحده بدل قياس القدرة.

**الهدف:** سجّلوا قياسات الخدمة بمقياس قدرة مناسب بصورة قابلة للمقارنة.

**المتطلبات:** خدمة مخوّلة/مدرّبة ومقياس قدرة مناسب للمصدر بمعايرة سارية وإجراء قياس المصنّع ومنطقة قياس مغلقة وآمنة.

1. أبلغوا الخدمة بالشكوى وتقرير القياس السابق. اذكروا أولًا نتائج فحوص الزجاج الواقي والغاز والبؤرة.
2. لتحدّد الخدمة نقطة القياس. لا تخلطوا قياسات خرج المصدر وما بعد الرأس تحت عنوان واحد.
3. لتجرِ الخدمة القياس بطريقة المصنّع. لا تجرّبوا شعاعًا مكشوفًا أو تركّبوا منظومة قياس مرتجلة بصفتكم مشغّلين.
4. سجّلوا القدرة المطلوبة والمقاسة ونقطة القياس ومعرّف الجهاز والتاريخ والظروف. اطلبوا التقييم بمعيار قبول الطراز.

> **! لا تتجاوزوا السلامة لأجل القياس**
>
> لا تجسّروا أمان الباب أو تقيسوا بشعاع مكشوف. اختيار المقياس وسلامة مسار الشعاع مسؤولية الخدمة.

**لماذا؟** يساعد القياس القابل للمقارنة في تمييز فقد القدرة من مشكلة العملية. لا تُقارن مباشرة نتائج نقاط أو طرق مختلفة.

## 14.8 سجل المصدر للضمان والخدمة

| السجل | المعلومات المطلوبة | متى؟ |
|---|---|---|
| **الهوية** | علامتا الماكينة والمصدر والطراز الكامل والرقم التسلسلي والقدرة وقطر القلب إن ورد بالوثيقة. | عند التسليم وتغيير المصدر. |
| **الاستخدام** | ساعات العمل المعروضة في الواجهة؛ وتفسير العداد والتاريخ والمشغّل. | في الصيانة المخططة وعند العطل. |
| **تاريخ الإنذارات** | الرمز/النص الكامل والوقت والمادة ومرحلة العملية وتكرارها ولقطة الشاشة. | قبل إعادة الضبط. |
| **البيئة والصيانة** | الحرارة/الرطوبة وحالة المبرّد وأعمال الماء/المرشّح وتقرير الخدمة. | عند الفحص وبعد التدخل. |
| **القياس والتغيير** | تقرير قياس القدرة والجزء المستبدل وسجل العملية القديم/الجديد والمعتمد. | عند القياس أو تغيير جزء أو ضبط. |

تختلف تغطية الضمان وشروط الخدمة بحسب العقد والطراز. لا يتعهد هذا القسم بمدة ضمان أو تغطية. حافظوا على الملصقات؛ واتركوا فتح غطاء المصدر والضبط الداخلي للخدمة المعتمدة. للإبلاغ استخدموا قائمة الملحق E .

15

# أدلة البرامج

تحققوا من اسم البرنامج وإصداره على شاشة الماكينة. يشرح القسم هدف العملية وتسلسل الفحص. تختلف أسماء القوائم والصلاحيات والتراخيص والوظائف المتاحة بحسب الإصدار وتكامل الماكينة.

**قاعدة اليوم الأول**

نفّذوا العمل الأول مع شخص مدرّب. لا تبدأوا القطع قبل التحقق من موضع المحاور ونظام الإحداثيات والوحدة والمادة وسجل العملية. تعلّموا الإيقاف الطارئ والإيقاف المؤقت والإيقاف المضبوط من دليل الماكينة.

## 15.1 سير العمل المشترك والمصطلحات

فتح الرسم لا يعني جاهزيته للقطع. تُفحص هندسة الرسم ومسار الأداة ومعلمات العملية ومرجع/معايرة الماكينة منفصلة. المواضع التالية مناطق شاشة عامة؛ وليست مسار قائمة محددًا. إدراج عملية لا يعني توفرها في كل برنامج.

| العملية | ما فائدتها؟ | أين توجد عادةً في البرامج؟ |
|---|---|---|
| **الرجوع إلى النقطة المرجعية (Homing) / الرجوع إلى الأصل** | يحدّد مرجع الماكينة. يختلف عن صفر قطعة العمل. | لوحة التحكم أو منطقة تجهيز الماكينة. |
| **المعايرة السعوية (Capacitive Calibration)** | تجهّز استشعار مسافة الفوهة–الصاج؛ وتحتاج صاجًا مناسبًا وأداة نظيفة. | وحدة التحكم بالارتفاع أو منطقة المعايرة. |
| **اكتشاف الحافة (Edge Finding)** | يساعد في تحديد موضع/ميل الصاج؛ ويختلف الدعم والطريقة. | لوحة التحكم أو أدوات وضع الصاج. |
| **الإطار (Frame)** | يساعد في فحص ملاءمة حدود العمل الخارجية للطاولة/الصاج. | لوحة التحكم أو أدوات إعداد العمل. |
| **التشغيل الجاف (Dry Run)** | يختبر مسار الأداة بالحركة دون شعاع؛ ويختلف سلوك الغاز والارتفاع والحركة بحسب الطراز. | لوحة التحكم أو منطقة التشغيل التجريبي. |
| **بدء القطع** | ينفّذ العمل المجهّز على الماكينة. أكملوا فحوص السلامة والعملية أولًا. | لوحة التحكم أو إدارة الدورة. |
| **إيقاف مؤقت** | يعلّق العمل مؤقتًا. يعتمد سلوك الرأس والشعاع أثناء الانتظار على التكامل. | لوحة التحكم أو إدارة الدورة. |
| **إيقاف** | ينهي الدورة بتحكم؛ وتختلف حالة إعادة البدء بحسب الإصدار. | لوحة التحكم أو إدارة الدورة. |
| **الاستئناف من نقطة التوقف (Breakpoint)** | يتابع من نقطة توقف مسجّلة بشروط مناسبة؛ تحققوا من نقطة البدء. | لوحة التحكم أو منطقة الاستئناف بعد الانقطاع. |
| **معلمات الطبقات (Layer Parameters)** | تربط مجموعات الهندسة بضبط العملية مثل القطع والثقب والغاز والبؤرة. | ضبط الطبقة/العملية. |
| **مكتبة المواد/العمليات** | تساعد في حفظ إعدادات المواد والسماكات المتحقق منها. | مكتبة المواد أو ضبط العملية. |
| **مسار الدخول (Lead-in)** | يحدّد أين وكيف يدخل الشعاع محيط القطعة. | أدوات الهندسة/مسار الأداة أو ضبط العملية. |
| **الوصلة الدقيقة (Micro Joint)** | تترك رابطة صغيرة غير مقصوصة لتثبيت القطعة بالصاج. | أدوات مسار الأداة أو خصائص القطعة. |
| **تعويض شق القطع (Kerf Compensation)** | يعوّض أثر عرض القطع في أبعاد القطعة. | مسار الأداة أو ضبط الطبقة/العملية. |
| **التعشيق (Nesting)** | يوزّع القطع على مساحة الصاج المتاحة. | القائمة العليا/شريط الأدوات أو تطبيق CAM منفصل. |
| **المحاكاة (Simulation)** | تتيح مراجعة تسلسل القطع والحركات مسبقًا على الشاشة؛ ولا تثبت جودة القطع الفعلية. | أدوات مسار الأداة أو منطقة المعاينة. |
| **تقرير العمل** | يسجّل معلومات العمل والوقت والإنتاج إذا كان مدعومًا. | منطقة التقارير/إدارة العمل؛ ويختلف النطاق بحسب الترخيص. |

### التحضير للعمل الأول

**الهدف:** حوّلوا الملف إلى عمل آلي آمن وقابل للتكرار.

**المتطلبات:** دليل الماكينة ومعلمات معتمدة وصاج وفوهة مناسبان وأمان يعمل وغاز/تبريد/شفط أدخنة جاهز.

1. جهّزوا الماكينة وفق القسم 3 وتسلسل تشغيل المصنّع. افتحوا البرنامج؛ وافحصوا نظام التحكم المتصل والترخيص والإنذارات.
2. أخلوا منطقة الحركة. أجروا الرجوع إلى الأصل اللازم؛ وتحققوا من مرجع الموضع.
3. أجروا المعايرة السعوية على صاج نظيف وثابت بطريقة المصنّع. لا تكرّروا ضبط الإعداد الأول بدل الإجراء اليومي.
4. افتحوا الملف. راجعوا الوحدة والأبعاد والخطوط المفتوحة/المزدوجة والمحيطات الداخلية/الخارجية والعدد وتوزيع الصاج.
5. طابقوا كل طبقة مع المادة والسماكة والعملية المناسبة. افحصوا الدخول والوصلات الدقيقة والتعويض والتسلسل.
6. راقبوا المسار كله في المحاكاة. افحصوا الموضع الفعلي بالإطار المحدد من المصنّع والتشغيل الجاف عند الحاجة. تحققوا من توقف الشعاع.
7. أغلقوا وسائل الأمان. اقطعوا عينة؛ وافحصوا النفاذ الكامل والأبعاد والحافة. إذا ناسبت النتيجة فابدؤوا الإنتاج وراقبوا القطع الأولى.

> **! الإطار ينتج حركة أيضًا**
> قد يصطدم الرأس بقطعة مرتفعة أو مشبك. لا تستخدموا الإطار والتشغيل الجاف بدل فحص المنطقة؛ وتحققوا من الغاز والشعاع بصورة مستقلة.

**لماذا؟** قد يُقطع رسم صحيح خطأً بإحداثيات أو طبقة خاطئة. يتحقق التسلسل من الملف والعملية وحالة الماكينة معًا.

### إعادة البدء بعد التوقف المؤقت

**الهدف:** تحققوا من نقطة البدء المناسبة وحالة العملية بعد الانقطاع.

**المتطلبات:** سبب التوقف وسجل العمل وصاج بقي ثابتًا وإجراء الاستئناف للماكينة.

1. سجّلوا سبب التوقف وعالجوه. لا تتابعوا مع استمرار إنذار الغاز أو المبرّد أو السلامة.
2. تحققوا من ثبات الصاج وصفر القطعة ومرجع الماكينة. إذا نُقل الصاج أو فُقد الموضع، فلا تعودوا عميانًا إلى النقطة القديمة.
3. راجعوا نقطة البدء المعروضة والطبقة المحددة. يختلف سلوك إعادة الثقب أو البدء من نقطة سابقة بحسب الإصدار.
4. أجروا المحاكاة/التحقق من الموضع اللازمين. تابعوا بتحكم بعد تحقق الأمان؛ وراقبوا أول أثر قطع.

> **! بعد الإيقاف الطارئ**
> تحرير الإيقاف الطارئ ليس إذنًا تلقائيًا بالاستئناف. أعيدوا التحقق من المنطقة والمرجع ومعالجة العطل وفق إجراء الماكينة.

**لماذا؟** إذا انتقل الصاج، فلن تعود نقطة التوقف القديمة مطابقة للنقطة المادية الصحيحة.

## CypCut 15.2

CypCut برنامج Friendess لقطع الصاج المسطح. تُذكر سنة تأسيس Friendess/FSCUT بأنها 2007. يجمع البرنامج تحرير تقنية القطع وتوزيع القطع والتحكم بالمعالجة. يعمل مع بطاقات FSCUT مثل FSCUT1000/2000 ومع وحدة الارتفاع السعوية BCS100. تحققوا على ماكينتكم أيضًا من البطاقة المثبّتة والوظائف المدعومة.

**أين يُستخدم؟** في ماكينات ليزر الألياف للصاج المسطح المهيّأة ببنية تحكم Friendess/FSCUT. لا تدل علامة المصدر أو الرأس وحدها على استخدام CypCut.

### خطوات اليوم الأول

**الهدف:** جهّزوا عمل CypCut مع نظامَي FSCUT والارتفاع المتصلين.

**المتطلبات:** معلومات إصدار البرنامج/البطاقة وتدريب الماكينة وملف وسجل معلمات معتمدان.

1. افتحوا البرنامج. افحصوا الاتصال ببطاقة التحكم والإنذارات. ظهور الملف لا يعني جاهزية الماكينة.
2. أخلوا منطقة الحركة وارجعوا إلى الأصل وفق إجراء الماكينة. افحصوا مرجع الماكينة وصفر القطعة منفصلين.
3. نفّذوا الإعداد الأول لـBCS100 مع شخص مدرّب: **معايرة السيرفو ← الرجوع إلى الأصل والمعايرة السعوية ← الضبط التلقائي**. في الاستخدامات اللاحقة تكفي غالبًا المعايرة السعوية وحدها. لا تعيدوا ضبط السيرفو للفحص اليومي.
4. افتحوا الملف؛ وافحصوا الوحدة والمحيطات والأبعاد والتوزيع. تحققوا من ربط الخط المستورد بطبقة القطع الصحيحة.
5. قارنوا المادة والسماكة والغاز والفوهة والبؤرة وإعدادات القطع والثقب في منطقة الطبقة/العملية بالسجل المعتمد.
6. راقبوا ترتيب المحيطات الداخلية والمداخل في المحاكاة. تحققوا بالإطار من الملاءمة لحدود الصاج؛ وأجروا تشغيلًا جافًا دون شعاع عند الحاجة.
7. اقطعوا عينة بعد جاهزية الأمان والغاز والمبرّد والشفط. عند صحة الأبعاد والنفاذ الكامل، ابدؤوا العمل؛ وسجّلوا إصدار الملف والمعلمات.

> **تنبيه**
> لا تخلطوا إعداد الخدمة في BCS100 بمعلمة القطع. إذا فشلت المعايرة فلا تفرضوا الارتفاع للانتقال إلى القطع؛ افحصوا الفوهة والسيراميك والصاج.

**لماذا؟** التحكم بالارتفاع وعملية القطع فحصان منفصلان. جاهزية أحدهما لا تعالج خطأ الآخر.

### فحص الملف والمعلمات

عند استخدام الحافة المشتركة أو الوصلات الدقيقة أو مسار خاص، راجعوا كيفية تنفيذها على الماكينة. افحصوا مطابقة طبقات العمل المعدّ ببرنامج تعشيق منفصل. تأكدوا من عدم تطبيق التعويض في CAM والماكينة معًا.

عند توقف العمل سجّلوا النقطة الأخيرة والطبقة النشطة والسبب. إذا تحرّك الصاج، فلا تعودوا للإنتاج بالاستئناف وحده. تختلف أسماء القوائم وترتيب الشاشة بحسب الإصدار.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة **CypCut** — DOKTEK: **الشاشة الرئيسية؛ حالة العمل والماكينة**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة **CypCut** — DOKTEK: **شاشة الطبقات/المعلمات؛ المادة والوحدات**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة **CypCut** — DOKTEK: **شاشة المعايرة؛ معرّف نظام التحكم**

## CypOne 15.3

CypOne برنامج اقتصادي للصاج المسطح، خصوصًا للإعلانات والصاج الرقيق. يوفّر معالجة الرسم وضبط المعلمات وتخصيص العملية والتعشيق وتخطيط المسار والمحاكاة والتحكم بالقطع. يحتاج بطاقة تحكم للعمل؛ ويفتح بوضع العرض التجريبي على حاسوب بلا بطاقة.

**أين يُستخدم؟** في ماكينات الصاج المسطح المهيّأة بـCypOne وبطاقة متوافقة. صورة الحاسوب التجريبي لا تثبت كل تراخيص الماكينة وتجهيزاتها ووظائفها.

### خطوات اليوم الأول

**الهدف:** جهّزوا ملف CypOne وفق تهيئة الماكينة الفعلية.

**المتطلبات:** معلومات بطاقة التحكم وإجراء المصنّع وسجل مادة معتمد وصاج اختبار.

1. افتحوا التطبيق؛ وتحققوا هل يعمل بوضع العرض التجريبي أم مع بطاقة فعلية. إذا لم تُكتشف البطاقة، فافحصوا الاتصال والصلاحيات مع المسؤول.
2. بعد جاهزية الماكينة أخلوا المنطقة وارجعوا إلى الأصل بتسلسل المصنّع. ثم عايروا نظام ارتفاع الماكينة سعويًا.
3. افتحوا الملف. راجعوا التفاصيل الصغيرة والخطوط المفتوحة والوحدة والأبعاد الفعلية. أعيدوا فحص العدد بعد تصحيح الرسم.
4. اختاروا إعدادات الطبقة والعملية. لا تعتبروا إعداد الصاج الرقيق المنقول من ماكينة أخرى قيمة إنتاج مباشرة.
5. افحصوا التوزيع والمداخل والوصلات الدقيقة. راقبوا محاكاة المسار؛ وتحققوا من الموضع بالإطار على الماكينة.
6. افحصوا الغاز والتبريد والشفط والأمان واقطعوا عينة. اعتمدوا النتيجة؛ وابدؤوا العمل وسجّلوا الإعدادات المتغيرة.

> **تنبيه**
> فتح الملف بسلاسة في وضع العرض التجريبي ليس اعتماد قطع على الماكينة الفعلية. تحققوا بجانب الماكينة من البطاقة ونظام الارتفاع ومطابقة العملية.

**لماذا؟** إعداد الرسم وتجهيز الماكينة ماديًا يتطلبان تحققين مختلفين.

### نقاط الانتباه

سجّلوا إصدار إعداد الملف في البيئة التجريبية. تحققوا من توافق الصيغة والوظائف قبل نقله للماكينة. لا تملؤوا حقل عملية ناقصًا بالنظر إلى شاشة إصدار آخر. استخدموا سجلات المواد والعمليات التي يجيزها النظام المثبّت.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **CypOne: الشاشة الرئيسية؛ حالة العمل والماكينة**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **CypOne: شاشة الطبقات/المعلمات؛ المادة والوحدات**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **CypOne: شاشة المعايرة؛ معرّف نظام التحكم**

## HypCutg CypNest 15.4

### CypNest: إعداد التعشيق بصورة منفصلة

CypNest برنامج تعشيق متقدم مستقل ومدفوع من Friendess. يوفّر الحافة المشتركة (Common Line) والتعشيق التلقائي وإعداد مسار الأداة. يمكن استخدامه على حاسوب إعداد منفصل في المنشآت ذات المخرجات المتوافقة؛ وتختلف طريقة النقل بحسب الإصدار.

**الهدف:** انقلوا التوزيع بعد التحقق من ملاءمته للماكينة المستهدفة.

**المتطلبات:** ترخيص وتعريف ماكينة/خرج مناسب وسجل القطع والصاج.

1. افتحوا التطبيق؛ وتحققوا من الماكينة المستهدفة والمادة والسماكة والأعداد.
2. استوردوا القطع. افحصوا التوزيع والحافة المشتركة والدخول والمسار.
3. راقبوا المحاكاة؛ واحفظوا المخرجات المناسبة للماكينة المستهدفة وانقلوها.
4. **على الماكينة:** افتحوا برنامج التحكم ← ارجعوا إلى الأصل ← عايروا سعويًا ← افتحوا الملف ← تحققوا من معلمات الطبقات ← أجروا المحاكاة/الإطار ← اقطعوا بعد التجربة والاعتماد.

> **تنبيه**
> يُجرى الرجوع إلى الأصل ومعايرة المستشعر على الماكينة المستهدفة؛ فلا تعتبروا هاتين وظيفتي CypNest. استخدموا الحافة المشتركة بعملية معتمدة.

**لماذا؟** يجب التحقق من مطابقة العملية على الماكينة إلى جانب التوزيع.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **شاشة CypNest الرئيسية والتعشيق**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **العملية/المخرجات ومطابقة الطبقات في CypNest**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **شاشة معايرة الماكينة المستهدفة؛ ليست وظيفة CypNest**

### HypCut: القدرة العالية والتحكم القائم على ناقل البيانات

HypCut برنامج Friendess المستخدم في أنظمة القدرة العالية وناقل البيانات (Bus). يوجد في ماكينات بتجهيز تحكم متوافق. راجعوا وثيقة المصنّع للوظائف والترخيص وتفاصيل بدء التشغيل.

**الهدف:** تحققوا من العمل الأول في النظام المثبّت بتسلسل المصنّع.

**المتطلبات:** وثيقة HypCut/الماكينة وتدريب وعملية معتمدة.

1. افتحوا التطبيق؛ وافحصوا الاتصال والإنذارات. ارجعوا إلى الأصل بتسلسل المصنّع وعايروا نظام الارتفاع.
2. افتحوا الملف؛ وتحققوا من الطبقات والمعلمات. أكملوا المحاكاة وفحص الإطار.
3. اقطعوا عينة بعد جاهزية الأمان والأنظمة المساعدة؛ واعتمدوا النتيجة وانتقلوا للإنتاج.

> **تنبيه**
> لا تغيّروا تهيئة الناقل ومشغّلات المحاور والاتصال بوصفها إعداد قطع للمشغّل.

**لماذا؟** لا يُتحقق من تكامل الماكينة من اسم البرنامج.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **شاشة HypCut الرئيسية**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **شاشة الطبقات/المعلمات في HypCut**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **شاشة المعايرة في HypCut**

## 15.5 سلسلة Raytools XC3000

سلسلة Raytools XC3000 نظام تحكم بحركة القطع بالليزر. يعمل البرنامج بمفتاح عتادي (Dongle)؛ ويتوفر وضع محاكاة دونه. يجب التحقق من التشغيل مع الماكينة الفعلية عبر التجهيز المثبّت والمفتاح.

**أين يُستخدم؟** في ماكينات القطع المجهزة بنظام تحكم سلسلة XC3000. وجود رأس Raytools لا يثبت وحده أن نظام التحكم XC3000 أيضًا.

### خطوات اليوم الأول

**الهدف:** جهّزوا العمل مع التمييز بين المحاكي والماكينة الفعلية.

**المتطلبات:** مفتاح عتادي ووثيقة الماكينة ومعلومات طراز التحكم/الرأس وعملية معتمدة.

1. افتحوا التطبيق؛ وتحققوا من اكتشاف المفتاح وحالة العمل مع الماكينة الفعلية. لا تعتبروا حركة المحاكي تحققًا ماديًا للمحاور.
2. بعد جاهزية الماكينة وخلو المنطقة ارجعوا إلى الأصل بتسلسل المصنّع. أجروا المعايرة السعوية بطريقة نظام الارتفاع نفسه.
3. افتحوا الملف؛ وتحققوا من الوحدة والمحيطات والعدد وأبعاد الصاج. طابقوا الطبقات مع سجل العملية المناسب.
4. افحصوا الثقب والقطع والغاز والبؤرة. تحققوا من الفوهة المناسبة للرأس وحالة الزجاج.
5. راقبوا المحاكاة؛ وافحصوا حدود الصاج الفعلية بالإطار. أجروا التشغيل الجاف اللازم والشعاع متوقف.
6. اقطعوا عينة بعد جاهزية الأمان والأنظمة المساعدة. إذا صح النفاذ الكامل والأبعاد فابدؤوا العمل؛ واحفظوا الملف وسجل الضبط.

> **تنبيه**
> لا تحاولوا معالجة خطأ المفتاح أو الاتصال بتغيير إعدادات السلامة. لا تستخدموا وضع المحاكي اعتمادًا لتجهيز الإنتاج.

**لماذا؟** حالة الترخيص واتصال الماكينة وأمان الحركة فحوص منفصلة.

### ميّزوا الرأس من التحكم

لا تفترضوا بنية صيانة واحدة لرؤوس Raytools مثل BM111 وBM06K. يحتوي BM111 ثلاث زجاجات واقية: علوية ووسطى وسفلية. حدّدوا الطراز وموضع الزجاج؛ ولا تفترضوا نظافة المسار البصري كله بتغيير زجاجة واحدة. للصيانة اتبعوا تسلسل القسم 16.4 .

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **Raytools XC3000: الشاشة الرئيسية؛ حالة العمل والماكينة**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **Raytools XC3000: شاشة الطبقات/المعلمات؛ المادة والوحدات**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **Raytools XC3000: شاشة المعايرة؛ معرّف نظام التحكم**

## Ermaksan Fibermak 15.6

طوّرت Ermaksan لوحة تشغيل وبرنامج Ermaksan Fibermak. صُممت اللوحة بسير عمل مبسّط لتقليل أخطاء المشغّل. راجعوا دليل Ermaksan للماكينة المثبّتة لواجهة الإنسان–الماكينة (Human–Machine Interface, HMI) وتطبيق CNC وتعريف الأزرار.

**أين يُستخدم؟** في ماكينات Ermaksan Fibermak. يختلف جيل اللوحة وإصدار البرنامج والخيارات الإضافية بحسب الماكينة؛ لا تتوقعوا شاشة مطابقة لماكينة أخرى.

### خطوات اليوم الأول

**الهدف:** تحققوا من عمل Fibermak عبر لوحته وتطبيق CNC الخاصين به.

**المتطلبات:** دليل Ermaksan للماكينة وتدريب المشغّل وملف وسجل عملية معتمدان.

1. طبّقوا تسلسل تشغيل المصنّع وافتحوا واجهة المشغّل. افحصوا حالة HMI/CNC والأمان والأنظمة المساعدة.
2. أخلوا المنطقة. أكملوا الرجوع المرجعي/إلى الأصل وفق الدليل؛ ثم أجروا معايرة الارتفاع المحددة.
3. افتحوا ملف العمل بالطريقة المقبولة للماكينة. تحققوا من الوحدة والصاج وعدد القطع والإحداثيات والمحيطات.
4. طابقوا الطبقات أو مجموعات العملية المكافئة مع سجل المادة/السماكة المناسب. قد تختلف أسماء الحقول بحسب الإصدار المثبّت.
5. أجروا المحاكاة والتحقق من الحدود/الإطار المتاحين وفق الدليل. راجعوا الدخول والقطع القابلة للارتفاع.
6. اقطعوا عينة مع إغلاق الأمان. اعتمدوا النتيجة وابدؤوا الإنتاج وافحصوا القطع الأولى.

> **تنبيه**
> لا تنسبوا وظيفة برنامج آخر لأزرار اللوحة الفعلية. تحققوا من سلوك البدء والإيقاف المؤقت والإيقاف والاستئناف من دليل Ermaksan.

**لماذا؟** بساطة اللوحة لا تلغي فحوص العملية والمرجع.

### تسليم العمل

عند تبديل الوردية حدّدوا اسم العمل المفتوح وحالة آخر قطعة وسجل العملية وسبب التعليق. سجّلوا إنذار اللوحة بالنص الكامل. تحققوا من استخدام مخرج الماكينة المناسب في ملف CAM الخارجي ومطابقة العمليات الصحيحة.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة **Ermaksan Fibermak** — DOKTEK: **الشاشة الرئيسية؛ حالة العمل والماكينة**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة **Ermaksan Fibermak** — DOKTEK: **شاشة الطبقات/المعلمات؛ المادة والوحدات**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة **Ermaksan Fibermak** — DOKTEK: **شاشة المعايرة؛ معرّف نظام التحكم**

## Durma HD-FL — Siemens 15.7

تُستخدم Durma HD-FL مع Siemens Sinumerik 840D sl CNC بمعمارية bit-64 وحاسوب مدمج. تدعم برامج CAM/التعشيق الخارجية، مثل Hypertherm ProNest، ماكينات Durma. تحققوا أيضًا من طراز الماكينة المثبّتة وتهيئة CNC وتعريف المخرجات المستخدم.

**أين يُستخدم؟** الوصف هنا لتهيئة Durma HD-FL. لا تُعتبر شاشات ودورات طراز Durma آخر أو ماكينة Siemens CNC لمصنّع آخر مطابقة.

### خطوات اليوم الأول

**الهدف:** جهّزوا مخرجات CAM بما يناسب دورة ماكينة Durma/Siemens.

**المتطلبات:** دليل Durma ومعلومات CNC ومعالج لاحق (Post-processor) مناسب للماكينة وبرنامج وسجل عملية معتمدان.

1. شغّلوا الماكينة بتسلسل المصنّع؛ وافحصوا جاهزية CNC وواجهة المشغّل. تحققوا من الإنذارات وشروط الأمان.
2. طبّقوا الرجوع المرجعي/إلى الأصل للمصنّع. أكملوا معايرة نظام الارتفاع وفق إجراء الماكينة.
3. انقلوا مخرجات CAM بالطريقة المسموحة؛ واختاروا البرنامج الصحيح. قارنوا الصيغة واسم البرنامج بسجل العمل.
4. افحصوا مطابقة المادة/السماكة والعملية في البرنامج. قد يقابل الطبقة سجل تقنية أو مجموعة عملية بحسب الماكينة؛ لا تفترضوا الأسماء.
5. راجعوا المسار بالمحاكاة/المعاينة. افحصوا الحدود/الإطار والتشغيل الجاف المدعوم بتعليمات المصنّع.
6. اقطعوا عينة بعد جاهزية الغاز والتبريد والشفط والأمان. إذا ناسبت الأبعاد والجودة فابدؤوا العمل؛ وسجّلوا إصدار البرنامج والعملية.

> **تنبيه**
> لا تشغّلوا برنامج ماكينة Durma أخرى مباشرة بسبب اسم CNC المتساوي. تختلف الرموز والدورات والحركات الآمنة المدعومة بحسب محوّل المخرجات والماكينة.

**لماذا؟** دعم CAM لا يعني تشغيل كل برنامج على كل ماكينة دون ضبط.

### احفظوا البرنامج وسجل العملية معًا

احفظوا رقم العمل وإصدار CAM وتعريف مخرج الماكينة وسجل العملية ضمن العمل نفسه. إذا طُبّق التعويض في CAM فافحصوا CNC أيضًا. عند الحاجة إلى تعديل يدوي اتبعوا صلاحيات المنشأة وإجراءات التسجيل.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة **Durma HD-FL / Siemens** — DOKTEK: **الشاشة الرئيسية؛ حالة العمل والماكينة**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة **Durma HD-FL / Siemens** — DOKTEK: **شاشة الطبقات/المعلمات؛ المادة والوحدات**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة **Durma HD-FL / Siemens** — DOKTEK: **شاشة المعايرة؛ معرّف نظام التحكم**

## 15.8 برامج أخرى وتدفق الملف من CAM إلى الماكينة

### CutMaker — بانتظار التحقق

سيُستكمل قسم هذا البرنامج بلقطات شاشة من ماكينة DOKTEK.

لم يُتحقق في هذا الإصدار من مطابقة CutMaker للماكينة وقوائمه ووظائفه وخطوات اليوم الأول. لا تطبّقوا تسلسلًا خاصًا قبل تسجيل اسم البرنامج الكامل وإصداره على الماكينة. سيُوثّق عند التحقق أي عمليات التشغيل والرجوع إلى الأصل والمعايرة وفتح الملف ومعلمات الطبقات والمحاكاة/الإطار والانتقال للقطع تُنفّذ في البرنامج وأيها على لوحة الماكينة.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **CutMaker — ستُتحقق الوظيفة والموضع: الشاشة الرئيسية؛ حالة العمل والماكينة**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **CutMaker — ستُتحقق الوظيفة والموضع: شاشة الطبقات/المعلمات؛ المادة والوحدات**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **CutMaker — ستُتحقق الوظيفة والموضع: شاشة المعايرة؛ معرّف نظام التحكم**

### Lantek وSigmaNEST وProNest وبرامج CAM المشابهة

يعتمد نقل العمل المعدّ في التصنيع بمساعدة الحاسوب (Computer-aided Manufacturing, CAM) إلى الماكينة على الإصدار والترخيص ودعم الماكينة ومحوّل المخرجات المناسب. اسم Lantek أوSigmaNEST أوProNest وحده لا يثبت التوافق. في المنشآت ذات المخرجات المتوافقة يمكن إعداد الرسم/التعشيق على حاسوب منفصل والتحكم بالحركة والقطع على لوحة الماكينة.

**الهدف:** تحققوا من معلومات الهندسة والعملية في الماكينة المستهدفة دون فقدانها.

**المتطلبات:** تعريف مخرجات CAM متحقق منه للماكينة المستهدفة ورقم العمل وسجل المادة/الصاج وطريقة النقل ودليل الماكينة.

1. افتحوا CAM؛ وتحققوا من الماكينة المستهدفة وتعريف المخرجات. أجروا ذلك لحزمة Lantek أوSigmaNEST أوProNest المثبّتة تحديدًا.
2. استوردوا الرسم. افحصوا الوحدة والأبعاد والمحيطات المغلقة والعدد ومقاس الصاج والمادة. أعدّوا التوزيع والتسلسل.
3. راجعوا الدخول والوصلات الدقيقة وتعويض شق القطع. حدّدوا جهة تطبيق التعويض؛ ولا تكرّروه في CAM وCNC معًا.
4. راقبوا المحاكاة؛ وأنشئوا مخرج الماكينة الصحيح. سجّلوا الاسم والمراجعة والمادة/السماكة في سجل العمل؛ وانقلوا بالطريقة المسموحة.
5. **على جانب الماكينة:** افتحوا برنامج التحكم ← ارجعوا إلى الأصل بتسلسل المصنّع ← عايروا سعويًا ← افتحوا الملف ← تحققوا من مطابقة الطبقات/العملية ← أجروا المحاكاة/الإطار ← اعتمدوا نتيجة العينة ثم اقطعوا.
6. سجّلوا إصدار العملية المستخدم فعليًا بعد العمل. لا تفترضوا انتقال تغييرات الماكينة تلقائيًا إلى ملف CAM.

> **! تنبيه**
> لا تتجاهلوا تحذير ملف غير معروف أو أمر غير مدعوم. لا تحاولوا التوافق بتغيير امتداد مخرج معدّ لماكينة أخرى.

**لماذا؟** حتى إن بدت الهندسة صحيحة بعد النقل، فقد تختلف رموز العملية أو التعويض أو تفسير الإحداثيات.

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **حزمة Lantek / SigmaNEST / ProNest المثبّتة: الشاشة الرئيسية؛ اسم البرنامج والماكينة المستهدفة والتعشيق**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **حزمة Lantek / SigmaNEST / ProNest المثبّتة: شاشة العملية/المخرجات؛ مطابقة الطبقات على الماكينة**

لقطة شاشة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **حزمة Lantek / SigmaNEST / ProNest المثبّتة: شاشة معايرة الماكينة المستهدفة؛ لن تُعرض كوظيفة CAM**

> **i فحص تسليم ملف العمل**
> سلّموا معًا اسم العمل/مراجعته والماكينة المستهدفة ونوع الصاج/سماكته وعدد القطع وتعريف المخرجات وإصدار العملية. تحققوا من الناقص مع مسؤول الإعداد بدل تخمينه.

16

# الصيانة

خطّطوا للصيانة قبل حدوث العطل. لا تكتفوا باستبدال الجزء المتّسخ أو التالف؛ عالجوا سبب التلوث أيضًا. تختلف الفترات والطرق بحسب الطراز وكثافة العمل وتعليمات المصنّع.

**! الحالة الآمنة قبل الصيانة**

أوقفوا القطع؛ وعطّلوا توليد شعاع الليزر وانقلوا الرأس إلى موضع آمن. افصلوا طاقات الكهرباء والحركة والضغط اللازمة للتدخل بطريقة المصنّع، واقفلوها وضعوا بطاقات التحذير عليها. تحققوا من استحالة تجدد الحركة أو الشعاع. انتظروا برودة الأجزاء الساخنة. لا تتجاوزوا أمان الباب طريقةً للصيانة.

## 16.1 خطة الصيانة والمسؤولون

الأزمنة التالية مدد عمل فعلي تقريبية للتخطيط؛ ولا تشمل التبريد وعزل الطاقة والجفاف والوصول وانتظار الخدمة. إذا طلب المصنّع فترة أقصر فطبّقوها. كثّفوا الفحص في الغبار الكثيف وأعمال المجلفن والألومنيوم. لا ينفّذ المشغّل إلا ما يدخل ضمن تدريبه وتخويل المنشأة.

| الفترة | العمل | الزمن التقريبي | المسؤول |
|---|---|---|---|
| **يوميًا / بداية الوردية** | فحص الفوهة والحلقة السيراميكية والزجاج الواقي المسموح بالوصول إليه؛ والإجراء المعني عند الحاجة للاستبدال. | 10–15 دقيقة | مشغّل مدرّب |
| **يوميًا / بداية الوردية** | مستوى/تدفق/إنذار المبرّد والتسرب الخارجي والتكاثف؛ وجاهزية الغاز والشفط. | 5–10 دقائق | المشغّل |
| **يوميًا / نهاية الوردية** | تنظيف الطاولة والخبث المتاح؛ وفحص حالة تصريف ماء الضاغط. | 10–20 دقيقة | مشغّل مدرّب |
| **أسبوعيًا** | فحص مرشّحات الغاز/الهواء والمجفّف والتصريف والتسرب الخارجي. | 15–30 دقيقة | فنيو الصيانة |
| **أسبوعيًا** | الاتساخ الظاهر للقضبان/الجريدة المسنّنة ونظام التزييت ومداخل الشفط. | 20–40 دقيقة | فنيو الصيانة |
| **شهريًا** | مرشّح المبرّد وممرات الهواء؛ وحالة مرشّح/قناة الشفط؛ ومرشّحات المراوح. | 30–60 دقيقة | فنيو الصيانة؛ وأعمال الخزانة للكهربائي المخوّل |
| **شهريًا** | فحص حالة المنصّة وشرائح الطاولة والسير/الجريدة المسنّنة والوصلات. | 30–60 دقيقة | فنيو الصيانة |
| **كل 3 أشهر** | مقارنة الحاجة لتغيير الماء والخراطيم والمرشّحات وسجلات البيئة بخطة المصنّع. | 45–90 دقيقة | فنيو الصيانة / الخدمة |
| **كل 3 أشهر** | التآكل الميكانيكي وخطة التزييت؛ وتقييم أخطاء المعايرة/الأبعاد المتكررة. | 45–90 دقيقة | فنيو الصيانة / الخدمة |
| **سنويًا** | خدمة عامة بنطاق المصنّع؛ وتقييم الأمان والكهرباء والميكانيك والبصريات؛ ومراجعة خطة قياس القدرة. | بحسب خطة الخدمة، وعادةً على مستوى وردية | الخدمة المعتمدة ومسؤول صيانة المنشأة |

يُخطّط لتغيير الماء وفق توصية المصنّع، عادةً كل بضعة أشهر. صف 3 أشهر هنا ليس فترة استبدال ملزمة لكل ماكينة. حدّدوا فترات تغيير المرشّحات والتزييت بوثيقة المصنّع أيضًا.

سجّلوا لكل مهمة التاريخ وساعات العمل والملاحظات والقطع/المستهلكات والمنفّذ. ميّزوا «فُحص» من «استُبدل». للسجل اليومي استخدموا استمارة الملحق B .

## 16.2 استبدال الفوهة

**الهدف:** استبدلوا الفوهة التالفة أو المسدودة بأخرى جديدة من النوع الصحيح.

**المتطلبات:** فوهة مناسبة للرأس وقفازات نظيفة وأداة يدوية مناسبة وقماش نظيف وإجراء تمركز الفوهة للمصنّع. خذوا اختيار أحادية الطبقة (S) أو مزدوجة الطبقة (D) من العملية المعتمدة.

1. وفّروا الحالة الآمنة قبل الصيانة. دوّنوا نوع الفوهة المثبّتة وسجل العمل؛ وانتظروا برودتها إن سخنت.
2. أزيلوا الأوساخ المفككة حول الفوهة دون دفعها داخل الرأس. فكّوا الفوهة بطريقة الطراز؛ ولا تجهدوا الحلقة السيراميكية.
3. افحصوا طرف الفوهة وفتحتها وسنونها. عند الانبعاج أو البيضاوية أو الخبث الملتصق، اتبعوا قرار التنظيف/الاستبدال المسموح من المصنّع. لا تصلحوها بتوسيع الفتحة.
4. تحققوا من صحة الفوهة الجديدة ونظافتها وسنونها. ركّبوها بطريقة المصنّع؛ ولا تُدخلوا السنون مائلة أو تستخدموا قوة شد عشوائية.
5. أزيلوا الأدوات والمستهلكات من المنطقة. انتقلوا إلى حالة عمل آمنة؛ وضمن الفحوص النهائية في القسم 16.5 أكملوا المعايرة السعوية وتمركز الفوهة بتسلسل المصنّع.
6. تحققوا من النتيجة بالإطار وقطع تجريبي مضبوط. سجّلوا سبب الاستبدال ونوع الفوهة والتاريخ.

> **تنبيه**
> لا تطلقوا نبضة مرتجلة بشعاع مكشوف للتمركز. إذا تطلب اختبار المصنّع المغلق والمحمي تدريبًا، فليُجره شخص مدرّب.

**لماذا؟** تؤثر فتحة الفوهة وتمركزها في توجيه الغاز والشعاع إلى المنطقة نفسها. وقد تفسد الفوهة المركّبة خطأً تتبع الارتفاع أيضًا.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **الفوهة القديمة/الجديدة وتلف الطرف وبطاقة الفوهة الصحيحة؛ والشعاع متوقف**

## 16.3 استبدال الحلقة السيراميكية (Ceramic Ring)

**الهدف:** استبدلوا الحلقة المتشققة أو التالفة بجزء مناسب وتحققوا من استشعار الارتفاع.

**المتطلبات:** حلقة مناسبة للرأس وقفازات نظيفة وأداة مناسبة وتعليمات تركيب من المصنّع.

1. اعزلوا الشعاع والحركة ومصادر الطاقة اللازمة. انقلوا الرأس إلى موضع آمن؛ وفكّوا الفوهة بتسلسل القسم 16.2 .
2. افحصوا الحلقة بحثًا عن شقوق وكسر وحرق وأوساخ على سطح التوصيل. أبلغوا الخدمة بتلف خارجي للكابل أو الوصلة.
3. أزيلوا الحلقة بطريقة المصنّع. نظّفوا المقعد وسطح التلامس بطريقة مسموحة؛ ولا تُسقطوا الأوساخ إلى الداخل.
4. ضعوا الجزء الصحيح بالاتجاه الصحيح. ثبّتوا الحامل والوصلات بتعليمات المصنّع؛ ولا تجهدوا السيراميك باللّي.
5. ركّبوا الفوهة المناسبة. أزيلوا الأدوات؛ وأكملوا المعايرة السعوية والتمركز في حالة آمنة.
6. أجروا فحص موضع منخفض المخاطر وقطعًا تجريبيًا. إذا استمر تحذير المستشعر، فتابعوا مع القسم 17.3 ؛ ولا تفرضوا التشغيل.

> **تنبيه**
> لا تستخدموا حلقة متشققة بعد لصقها أو تجسيرها بمادة موصلة. تختلف طريقة الشد وقوته بحسب الطراز.

**لماذا؟** تسهم الحلقة السيراميكية في العزل وسلامة موضع مجموعة الفوهة. قد يزعزع التشقق أو الارتخاء القياس السعوي.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **شق الحلقة السيراميكية والمقعد النظيف واتجاه التركيب الصحيح**

## 16.4 فحص الزجاج الواقي وتنظيفه واستبداله

**الهدف:** حدّدوا اتساخ الزجاج الواقي أو تلفه ونفّذوا الإجراء المناسب دون تلويث المسار البصري.

**المتطلبات:** قفازات نظيفة وبيئة خالية من الغبار وسطح عمل نظيف وزجاج واقٍ/حشية جديدان مناسبان وورق عدسات وكحول أيزوبروبيلي (Isopropyl Alcohol) بنقاء يعتمده المصنّع. تحققوا من توافق الطلاء والتنظيف بوثيقة الرأس.

1. ضعوا الماكينة في حالة آمنة. حدّدوا طراز الرأس وموضع الزجاج المسموح بفتحه. **يحتوي BM111 ثلاث زجاجات واقية: علوية ووسطى وسفلية.** لا تفترضوا الترتيب نفسه في BM06K أو طراز آخر.
2. نظّفوا محيط المقعد. ارتدوا قفازات نظيفة؛ ولا تضعوا الزجاج خارج السطح النظيف المجهّز. قلّلوا زمن تعرض الفتحة للغبار.
3. أخرجوا حافظة/مقعد الزجاج بطريقة المصنّع. سجّلوا اتجاه الزجاج والحامل والحشية قبل الفك. لا تلمسوا السطح البصري بالأصابع.
4. ارفعوا الزجاج إلى ضوء المكان وافحصوه بزاوية مائلة؛ ولا تنظروا في مسار الشعاع. ابحثوا عن نقاط وبقع وشقوق وخدوش وحرق وتلف الطلاء. لا تعيدوا استخدام زجاج محترق أو متشقق أو متضرر دائمًا.
5. للأوساخ القابلة للتنظيف فقط، استخدموا ورق العدسات والكحول المسموحين. بلّلوا الورق بكمية مناسبة؛ وامسحوا بخفة في اتجاه واحد دون ضغط. استخدموا ورقًا نظيفًا لكل مرور؛ ولا تفركوا جافًا أو تعيدوا المسح بالسطح المتّسخ نفسه.
6. تحققوا مجددًا بالضوء من جفاف السطح وغياب الآثار. إذا بقيت بقعة فاستبدلوا الزجاج بدل إجهاد الطلاء بالفرك المتكرر.
7. ضعوا الزجاج الصحيح بالاتجاه الصحيح مع حشية نظيفة ومناسبة. لا تخمّنوا اتجاه زجاج مجهول. لا تقرصوا الحشية؛ وأغلقوا الحافظة بطريقة المصنّع.
8. في حالة العمل الآمنة تحققوا من المعايرة السعوية والتمركز بتسلسل المصنّع. اقطعوا عينة؛ وإذا استمر الاتساخ السريع فابحثوا أسباب القسم 17.4.
9. سجّلوا موضع الزجاج ومعلومات الجزء ونوع الإجراء والملاحظات. لا تضعوا الزجاج المستعمل في علبة الجديد.

> **تنبيه**
> الكحول الأيزوبروبيلي قابل للاشتعال؛ أبعدوه عن السطوح الساخنة ومصادر الاشتعال ووفّروا تهوية مناسبة. لا تصبّوا المذيب داخل الرأس. لا تستخدموا مناشف ورقية أو قماشًا عاديًا أو هواءً مزيّتًا أو مكشطة. لا تفتحوا موضع زجاج يتطلب خدمة مخوّلة.

**لماذا؟** قد تمتص الأوساخ على السطح البصري الشعاع وتسخن. وقد يتلف الاتجاه الخاطئ أو الحشية المتّسخة أو المقعد المفتوح الزجاج الجديد سريعًا أيضًا.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **فحص الزجاج بضوء المكان وتنظيفه بورق العدسات والاتجاه والحشية الصحيحان؛ مع الطراز وموضع الزجاج**

> **سجّلوا الفقد المتكرر للزجاج**
> اكتبوا بعد أي مادة وعملية تُقب اتّسخ الزجاج. كثّفوا الفحص بعد أعمال المجلفن والألومنيوم. لا تُغلقوا مشكلة الغاز المتّسخ أو التناثر الزائد بتغيير الزجاج وحده.

## 16.5 عدسات التركيز/الموازاة والتحقق بعد الصيانة

**الهدف:** اتركوا التدخل في البصريات الداخلية للمخوّلين وتحققوا من الماكينة بعد الصيانة الخارجية.

**المتطلبات:** وثيقة طراز الرأس وشخص مدرّب/خدمة وظروف عمل نظيفة مضبوطة وطريقة معايرة وتمركز معتمدة.

1. أوقفوا القطع عند الاشتباه بتلف عدسة داخلية. سجّلوا فحوص الزجاج الخارجي والعمل الذي بدأت فيه الشكوى؛ وجهّزوا معلومات الخدمة في الملحق E .
2. لا يصل إلى عدسة التركيز أو الموازاة إلا مدرّب لهذه المهمة أو الخدمة. لا تفتحوا مقعد البصريات الداخلية ضمن تنظيف المشغّل.
3. لتنفّذ الخدمة أعمال العدسة والحشية والوصلات بتعليمات الطراز. لا يقدّم القسم قيم فك العدسات الداخلية أو توجيهها أو ضبطها.
4. بعد أعمال الفوهة أو السيراميك أو الزجاج، افحصوا إغلاق جميع المقاعد وصحة الأجزاء. أزيلوا الأدوات والمذيب والتغليف.
5. انتقلوا إلى حالة عمل آمنة. أكملوا المعايرة السعوية والتمركز **بالتسلسل الذي يحدّده المصنّع** ؛ فقد يختلف بالطريقة. لا تتجاوزوا الفحوص.
6. إذا طلب المصنّع تجهيزة اختبار مغلقة فاستخدموها. لا تفتحوا الحواجز لتجربة الشريط/النبضة للتمركز.
7. عند الحاجة طبّقوا القسم 11 لاختبار البؤرة. افحصوا الإطار وتتبع الارتفاع والنفاذ الكامل/الأبعاد/الحافة في عينة القطع.
8. سجّلوا النتيجة في استمارة الصيانة. إذا لم تثبت المعايرة أو لم تتكرر البؤرة فراجعوا الخدمة قبل الإنتاج.

> **تنبيه**
> لا تنظروا إلى شعاع الليزر مباشرة أو بانعكاسه. لا تحاولوا تعويض ضبط البصريات الداخلية بمعلمات القطع. احصلوا بعد الخدمة على السجل واعتماد العودة للعمل.

**لماذا؟** يؤثر موضع البصريات الداخلية في التركيز. حتى بعد تجديد الأجزاء الخارجية لا يُتوقع قطع مستقر قبل التحقق من الارتفاع والتمركز.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **طراز رأس مغلق وتجهيزة اختبار آمنة ونتيجة المعايرة؛ والبصريات الداخلية موثّقة بالخدمة**

## 16.6 صيانة المبرّد (Chiller)

**الهدف:** حافظوا على شروط التبريد المناسبة للمصدر والرأس.

**المتطلبات:** وثائق المبرّد والمصدر وجودة ماء يطلبها المصنّع ووعاء ملء نظيف ومرشّح مناسب واستمارة صيانة.

1. سجّلوا الحرارة والتدفق والإنذارات على الشاشة. ميّزوا دائرتي تبريد المصدر/الرأس بوثيقة الطراز؛ ولا تفترضوا ضبطًا واحدًا لكل دائرة.
2. أوقفوا واعزلوا الطاقة اللازمة للصيانة. افحصوا مستوى الماء بالمؤشر وفي الحالة المحددة من المصنّع. ابحثوا سبب التسرب أيضًا إن لزم الملء.
3. استخدموا ماءً نقيًا/منزوع الأيونات بالجودة المطلوبة؛ وتختلف شروط الموصلية والإضافات بحسب الطراز. لا تضيفوا ماء الصنبور أو مانع تجمّد/مبيد أحياء عشوائيًا. لا تخلطوا سوائل مختلفة دون اعتماد.
4. افحصوا الخراطيم والوصلات والمرشّح. نظّفوه/استبدلوه بطريقة المصنّع؛ ولا تلوّثوا الدائرة. اتبعوا تعليمات الضغط والتفريغ قبل فتح دائرة الماء.
5. خطّطوا لتغيير الماء **وفق توصية المصنّع، عادةً كل بضعة أشهر** . نفّذوا تسلسل التفريغ وتنظيف الدائرة والملء وتنفيس الهواء وفق وثيقة الطراز.
6. قارنوا ضبط الحرارة بتعليمات المصدر/الرأس. راعوا رطوبة الجو ونقطة الندى؛ ولا تبدأوا القطع مع التكاثف. لا تستخدموا حرارة ثابتة لكل الماكينات.
7. أعيدوا الطاقة بأمان. تحققوا من المستوى والإحكام والتدفق بتشغيل فحص المصنّع. لا تشغّلوا الليزر قبل غياب الإنذار واستقرار التبريد.
8. سجّلوا تاريخ الماء/المرشّح والسائل والإعدادات والظروف المحيطة والملاحظات.

> **تنبيه**
> لا تجسّروا إنذار التدفق. إذا استمر انخفاض المستوى، فلا تواصلوا بإضافة الماء فقط. لا تفتحوا دائرة ساخنة أو مضغوطة.

**لماذا؟** تحدّد جودة الماء والتدفق والبيئة التبريد معًا. قد يسبب الماء غير المناسب أو التكاثف خطر تلف المصدر والرأس.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **مؤشر المستوى وملصقات الدوائر والمرشّح ونقاط فحص التكاثف**

## 16.7 صيانة خط الغاز والهواء

**الهدف:** اضمنوا وصول غاز القطع بالضغط والنظافة المناسبين.

**المتطلبات:** وثيقة نظام الغاز ومنتج كشف تسرب متوافق وعنصر ترشيح مناسب وتعليمات المجفّف/الضاغط ومعدات الوقاية اللازمة.

1. تحققوا من نوع الغاز ومطابقة الخط للماكينة. افحصوا الأسطوانة/الخزان والمنظّم خارجيًا؛ وسجّلوا الإنذارات ومؤشرات الضغط.
2. اعزلوا الخط قبل التدخل في مرشّح أو وصلة. فرّغوا الضغط بأمان بطريقة المصنّع؛ ولا ترخوا وصلة مضغوطة.
3. ابحثوا عن ماء أو زيت أو أوساخ في وعاء/عنصر المرشّح. استبدلوا العنصر بطريقة المصنّع؛ ولا تركّبوا مرشّحًا غير متوافق. عند وجود زيت، لا تمدّوا النظام البصري بالغاز قبل معالجة السبب.
4. افحصوا جاهزية/إنذار المجفّف ومؤشر التجفيف المحدد من المصنّع. تحققوا من عمل تصريف ماء الضاغط؛ وللتصريف اليدوي اتبعوا إجراء الطراز.
5. افحصوا الخراطيم بحثًا عن سحق وشقوق واحتكاك. بعد ضغط النظام بأمان اختبروا الوصلات بمنتج تسرب مناسب؛ ولا تستخدموا لهبًا.
6. تحققوا من استقرار الضغط أثناء تدفق القطع عبر المؤشر المسموح للماكينة. لا تعتمدوا الخط من ضغط المنظّم الساكن وحده.
7. سجّلوا نوع الغاز وأعمال المرشّح/المجفّف والتصريف ونتيجة التسرب. إذا استمرت المشكلة فتابعوا مع القسم 17.9 .

> **تنبيه**
> لا تضعوا زيتًا أو شحمًا على الأجزاء الملامسة للأكسجين. لا تشدّوا وصلة متسربة تحت الضغط. اتركوا إصلاح المنظّم وعناصر الأمان للمخوّلين.

**لماذا؟** قد يؤثر الغاز المتّسخ أو المزيّت في عمر الزجاج وجودة القطع. وقد يهبط الضغط أثناء التدفق بسبب تقييد الخط.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **فحص الماء/الزيت بالمرشّح ومؤشر المجفّف وتصريف الضاغط وملصق الغاز**

## 16.8 الصيانة الميكانيكية: القضبان والجريدة المسنّنة والسير والطاولة

اربطوا قبول دقة تموضع المحاور وقابلية تكرار التموضع في تقرير الخدمة بـ ISO 230-2:2014 (+Amd 1:2016)؛ ولا تستخدموا VDI/DGQ 3441 المسحوب معياراً للقبول. أبعاد قطعة مقطوعة وحدها ليست اختبار تموضع محور.

**الهدف:** حافظوا على نظافة نظام الحركة وامنعوا تدهور إسناد الطاولة.

**المتطلبات:** خطة تزييت الماكينة وأداة تنظيف مناسبة وزيت/شحم المصنّع وأدوات خبث ووقاية مناسبة للقطع/الحرارة.

1. انقلوا المحاور والمنصّة إلى موضع الصيانة؛ واعزلوا الكهرباء وطاقة الحركة غير المتوقعة بأمان. انتظروا برودة الخبث الساخن.
2. ابحثوا عن اتساخ وتآكل وتلف ظاهر بالقضبان والجريدة المسنّنة (Rack). أزيلوا الرايش والغبار دون إتلاف السطح أو دفعهما إلى المنزلق/مانع التسرب.
3. ضعوا المنتج الصحيح في نقاط خطة التزييت؛ وافحصوا خزان التزييت المركزي وخطوطه وتحذيراته. لا تخلطوا الزيوت أو تفرطوا عشوائيًا فيها.
4. إن وُجد سير، فافحصوه خارجيًا للشقوق والتآكل والارتخاء. ليفحص الشد فني صيانة مدرّب بطريقة المصنّع؛ ولا تضبطوه بالإحساس اليدوي.
5. افحصوا المنصّة وشرائح الطاولة ودعامات القطع. نظّفوا الخبث بأداة مناسبة؛ واستبدلوا الشرائح المعوجّة/المتآكلة بخطة المصنّع. راجعوا الأقفال ومنطقة الحركة.
6. أزيلوا الأدوات والنفايات. بعد تحقق الأمان أجروا اختبار الحركة المضبوط للمصنّع؛ وأوقفوا عند صوت أو تعلّق أو فرق موضع.
7. إذا استمر خطأ الأبعاد/الشكل فتابعوا مع القسم 17.6 . لا تغيّروا كسب السيرفو أو التعويض الإلكتروني أو ضبط الجريدة بتدخل المشغّل.

> **تنبيه**
> امنعوا الحركة غير المتوقعة قبل دخول الطاولة أو الاقتراب من المنصّة. قد يكون الخبث حادًا وساخنًا. لا تقرّبوا يدًا أو قماشًا من قضيب/جريدة متحركين.

**لماذا؟** قد تعيق الأوساخ وقلة التزييت الحركة. وقد يثني الإسناد المتضرر الصاج ويزيد خطر ارتفاع القطعة.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **تنظيف القضبان/الجريدة ونقطة التزييت وفحص السير إن وجد وشريحة طاولة بخبث/نظيفة**

## 16.9 شفط الأدخنة وخزانة الكهرباء

### نظام شفط الأدخنة

ميّزوا في سجلات الصيانة والمورّد بين تقييم الانبعاثات وفق ISO 14123 / EN 1093 واختبار كفاءة فصل المعدات وفق ISO 21904-2:2020؛ فخرطوشة مرشح منفردة خارج نطاق اختبار المعدات هذا، والاستشهاد به أثناء الصيانة لا يثبت وحده كفاية الشفط في الموقع (الملحق F).

**الهدف:** حافظوا على إزالة أدخنة القطع بصورة مناسبة.

**المتطلبات:** وثيقة نظام الشفط ومرشّح مناسب وأداة جمع ملائمة لطبيعة الغبار ووقاية المصنّع.

1. أوقفوا القطع. أمّنوا نظام الشفط بتسلسل الإيقاف/التنظيف للمصنّع؛ وامنعوا تشغيل المروحة غير المتوقع أثناء التنظيف.
2. ابحثوا عن انسداد أو تسرب أو تراكم في فتحات شفط الطاولة والقنوات. لا تدخلوا القناة؛ واتركوا المناطق غير المتاحة للفريق المدرّب.
3. افحصوا المرشّح بمؤشر المصنّع وخطة الصيانة. نظّفوه بالطريقة المسموحة فقط أو استبدلوه؛ ليست كل المرشّحات قابلة للغسل.
4. أديروا الغبار المجموع في وعاء مناسب. لمواد مثل الألومنيوم تحققوا من طريقة جمع وتنظيف ملائمة لطبيعة الغبار؛ ولا تستخدموا مكنسة منزلية أو هواء مضغوطًا عشوائيًا.
5. أغلقوا الأغطية والوصلات. تحققوا من الشفط بطريقة المصنّع؛ ولا تقطعوا مع قصوره. سجّلوا الإجراء.

> **علامة أدخنة أو احتراق**
> عند حرارة غير معتادة أو شرر أو أدخنة بالمرشّح/القناة، لا تعيدوا التشغيل؛ طبّقوا خطة الحريق/الطوارئ للمنشأة. لا تنفخوا الغبار في الجو للتنظيف.

**لماذا؟** قد يترك انسداد المرشّح والقناة الأدخنة في منطقة العمل. وقد يعيد التنظيف غير المناسب تعليق الغبار بالهواء.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **مدخل الشفط ووصول القناة ومؤشر المرشّح ونقطة جمع الغبار الآمنة**

### خزانة الكهرباء

**الهدف:** افحصوا الغبار والتبريد في الخزانة بأمان.

**المتطلبات:** تخويل صيانة كهربائية وتعليمات انتظار/عزل الطاقة للمصنّع ومرشّح مروحة مناسب وأداة تنظيف ملائمة للتجهيز الكهربائي.

1. بصفتكم مشغّلين راقبوا مدخل الهواء الخارجي ومرشّح المروحة الخارجي وإنذار الخزانة المغلقة. أحيلوا ما يتطلب فتحها إلى الكهربائي المخوّل.
2. ليعزل المخوّل الطاقة ويقفلها ويضع بطاقة التحذير. وبعد مدة انتظار المصنّع ليتحقق بطريقة مناسبة من انعدام الجهد.
3. نظّفوا/استبدلوا مرشّحات المراوح بالتعليمات. لا ينظّف غبار الداخل إلا المخوّل بطريقة مناسبة؛ ولا توجّهوا هواء أو مذيبًا أو رطوبة إلى البطاقات.
4. أبلغوا الخدمة بأثر احتراق أو علامة ارتخاء وصلة أو كابل تالف أو مروحة متوقفة. لا تشدّوا أطراف التوصيل أو تقيسوا الكهرباء دون تخويل.
5. ليغلق المخوّل الخزانة؛ ويكمل إعادة الطاقة الآمنة وفحص المروحة/التبريد. وليُسجّل النتائج والمرشّح المستبدل.

> **المفتاح الرئيسي وحده ليس تحققًا**
> قد تبقى طاقة أو جهد مخزون في بعض الدوائر. لا يعمل داخل الخزانة أو يفحص الجهد إلا شخص مخوّل.

**لماذا؟** قد يرفع انسداد مرشّح المروحة حرارة الخزانة. وقد يسبب التنظيف غير المخوّل صدمة كهربائية أو تلف المعدات.

صورة: ستُضاف من ماكينة DOKTEK — **مرشّح مروحة الخزانة المغلقة وبطاقة الصيانة؛ والمنظر الداخلي بواسطة المخوّل فقط**

17

# استكشاف الأعطال وإصلاحها

عرّفوا العَرَض أولًا، ثم افحصوا بالتسلسل. غيّروا إعدادًا واحدًا فقط في التجربة نفسها. عند تلف أو تكاثف أو تسرب غاز أو عطل أمان، أوقفوا القطع؛ ولا تستأنفوا قبل معالجة السبب.

**ميّزوا الفحص من التدخل**

يمكن قراءة معلومات الشاشة والماكينة مغلقة. قبل لمس الرأس أو البصريات أو الخط أو الميكانيك، امنعوا توليد الشعاع والحركة غير المتوقعة؛ واعزلوا طاقات المهمة بطريقة المصنّع. لا تفتحوا خطًا مضغوطًا. اتركوا الكهرباء والبصريات الداخلية للمخوّلين.

بطاقات الزمن مدة تقريبية للفحص الأولي؛ دون التبريد وعزل الطاقة واستبدال المستهلكات وانتظار الخدمة. تتغير مدة مهمة «الخدمة» بحسب العطل. تختلف معاني رموز الإنذار وإعادة ضبطها بحسب الطراز/الإصدار.

## 17.0 فهرس الأعراض

| العرض | راجعوا أولًا |
|---|---|
| **القطع لا ينفذ الصاج تمامًا** | 17.1 لا يقطع |
| **لا يتكون ثقب البداية** | 17.2 لا يثقب |
| **اصطدام الرأس / تحذير مستشعر الارتفاع** | 17.3 تتبع الارتفاع |
| **الزجاج الواقي يتّسخ سريعًا / يحترق** | 17.4 الزجاج الواقي |
| **القطعة ترتفع / تنقلب** | 17.5 إسناد القطعة |
| **خطأ أبعاد / انزياح الشكل** | 17.6 الأبعاد والحركة |
| **إنذار مصدر الليزر** | 17.7 إنذارات المصدر |
| **إنذار تدفق أو حرارة أو مستوى المبرّد** | 17.8 إنذارات المبرّد |
| **إنذار ضغط الغاز / هبوطه أثناء القطع** | 17.9 ضغط الغاز |

عند الإنذار راجعوا قسمه أولًا. لا تحاولوا حل المشكلة بمعلمات القطع إذا لم يجهز المصدر والمبرّد. للزوائد وعيوب الحافة استخدموا أيضًا جدول القسم 13 .

## 17.1 لا يقطع / لا ينفذ المادة

**الهدف:** ميّزوا أسباب البصريات والغاز والعملية بالتسلسل إذا لم ينفذ الشعاع إلى أسفل الصاج.

**المتطلبات:** سجل معلمات معتمد ومعلومات المادة/السماكة الفعلية ومستهلكات نظيفة ووثيقة الماكينة واستمارة الملحق C .

| متغير واحد | السرعة | البؤرة (Focus) | الغاز | دوّنوا |
|---|---|---|---|---|
| إعداد واحد فقط لكل تجربة | تجربة مضبوطة ضمن النطاق المعتمد | التحقق بالقسم 11 | النوع والنظافة والضغط أثناء التدفق | القيمة القديمة/الجديدة والنتيجة |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | **الزجاج الواقي (Protective Window)**<br>قد يمتص الزجاج المتّسخ أو الملطّخ أو المحترق القدرة. | أمّنوا الماكينة. أخرجوا الزجاج المسموح بقفازات نظيفة وفي بيئة بلا غبار وارفعوه إلى ضوء المكان. عند البقع نظّفوا وفق القسم 16.4 ؛ واستبدلوا التالف أو الذي لا ينظف. كثّفوا الفحص بعد المجلفن والألومنيوم.<br>نقطة فحص متكررة · 5–10 دقائق |
| 2 | **الفوهة (Nozzle)**<br>قد تفسد الفوهة المنبعجة أو المسدودة أو المنحرفة عن المركز القطع. | فكّوا الفوهة؛ وابحثوا عن انبعاج الطرف أو خبث ملتصق. استبدلوها بجزء مناسب ومركزوها بطريقة المصنّع المحمية. لا يُطبّق اختبار الشريط في المثال إلا بطريقة مغلقة مسموحة وتدريب؛ لا تجرّبوا شعاعًا مكشوفًا.<br>5–10 دقائق |
| 3 | **البؤرة**<br>تركّز البؤرة الخاطئة الطاقة في منطقة خاطئة. | قارنوا قيمة البؤرة بسجل العملية المناسب. عند الشك طبّقوا اختبار البؤرة في القسم 11 . أبلغوا الخدمة بالاشتباه بارتخاء مقعد العدسة؛ ولا تفتحوا البصريات الداخلية.<br>5–15 دقيقة |
| 4 | **السرعة**<br>قد تكون السرعة عالية للمادة والعملية. | قارنوا السرعة بالسجل المعتمد. جرّبوا سرعة أقل بمتغير واحد ضمن المسموح. إذا تحسن النفاذ فسجّلوا النتيجة؛ ولا تستبدلوا سجل العملية الأساسي قبل التحقق.<br>5–10 دقائق |
| 5 | **الغاز**<br>قد يؤثر هبوط الضغط أو نفاد الإمداد أو اتساخ الغاز. | افحصوا نوع الغاز والأسطوانة/الخزان والمنظّم. راقبوا ضغط تدفق القطع من مؤشر آمن. تحققوا من النقاء بوثيقة التوريد/المصنّع؛ ويجب أن يكون الهواء جافًا وخاليًا من الزيت. للمرشّح/المجفّف والتسرب استخدموا تسلسل القسم 16.7 .<br>5–10 دقائق |
| 6 | **ارتفاع الفوهة**<br>قد يقيس المستشعر السعوي خطأً أو دون استقرار. | افحصوا الماء والزيت والغشاء والأوساخ على الصاج. اطلبوا التحقق من تلامسه الكهربائي في حالة آمنة. عايروا سعويًا بطريقة المصنّع؛ وإذا استمر التحذير فتابعوا مع القسم 17.3 .<br>5–10 دقائق |
| 7 | **المادة**<br>قد تختلف السماكة أو الكسوة عن المتوقع. | قيسوا السماكة في حالة آمنة؛ وافحصوا النوع والطلاء والغشاء والصدأ. اختاروا السجل المعتمد المناسب للمادة/السماكة المقاسة. لا تعتبروا معلمات السماكة الأعلى حلًا تلقائيًا.<br>2–5 دقائق |
| 8 | **القدرة**<br>قد تخطى قدرة العملية أو تنخفض قدرة الخرج. | قارنوا نسبة القدرة وحقول النبض/التردد إن وجدت بالسجل المعتمد. إذا قُطع العمل نفسه سابقًا وكانت الفحوص الخارجية سليمة، فاطلبوا قياس القدرة من الخدمة وفق القسم 14.7 .<br>خدمة · المدة متغيرة |
| 9 | **الإنذار والمبرّد**<br>قد يكون المصدر دخل وضع الحماية. | دوّنوا رمز/نص إنذار المصدر كاملًا. قارنوا حرارة المبرّد وتدفقه ومستواه بتعليمات الطراز؛ ولا تعمّموا نطاق حرارة واحدًا. أوقفوا عند تكاثف على الرأس أو الخرطوم.<br>2–5 دقائق / خدمة |

> **تنبيه**
> اعزلوا الشعاع والحركة بأمان قبل لمس الرأس. لا تواصلوا القطع التجريبي مع زجاج محترق أو إنذار متكرر أو تكاثف.

**لماذا؟** يبدأ تسلسل صفحة المثال 12.1 بالزجاج والفوهة ويتقدم إلى القدرة/التبريد. يساعد في تمييز مشكلة العملية من عطل يتطلب خدمة.

**الفحص النهائي:** بعد الفحوص اقطعوا عينة بمتغير واحد. إذا استمر عدم النفاذ، فجهّزوا معلومات الملحق E وراجعوا خدمة DOKTEK.

## 17.2 لا يثقب

**الهدف:** حدّدوا سبب غياب النفاذ الكامل أثناء الثقب (Piercing).

**المتطلبات:** سجل المادة/السماكة وعملية ثقب معتمدة ووثيقة الرأس وصاح اختبار نظيف.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **ميّزوا العَرَض**<br>ثقب البداية والقطع المستمر مرحلتان مختلفتان. | افحصوا نقطة الثقب من الوجهين بأمان. هل توجد حفرة علوية فقط، أم ثقب مع انتقال سيئ للمحيط، أم إنذار مصدر؟ سجّلوا المرحلة وحالة الشاشة.<br>5–2 دقائق |
| 2 | **المادة والعملية**<br>ربما اختيرت سماكة أو سجل ثقب خاطئان. | افحصوا السماكة الفعلية ونوع المادة والطلاء/الغشاء والطبقة النشطة. اختاروا سجل الثقب المعتمد. لا تستبدلوا إعداد الثقب بإعداد القطع.<br>نقطة فحص متكررة · 5–2 دقائق |
| 3 | **الزجاج والفوهة**<br>قد يؤثر تناثر الثقب في البصريات وفم الفوهة. | اعزلوا الشعاع والحركة؛ وافحصوا الزجاج والفوهة والسيراميك وفق القسم 16 . قيّموا سبب التلوث قبل تركيب زجاج جديد.<br>15–5 دقيقة |
| 4 | **الغاز والارتفاع**<br>قد يخل الغاز أو البعد غير المناسبين بتكون الثقب. | قارنوا نوع الغاز وضغطه أثناء التدفق وارتفاع الثقب بالعملية المعتمدة. تحققوا من المعايرة. لا تقرّبوا الفوهة عشوائيًا للصاح لفرض الثقب.<br>10–5 دقائق |
| 5 | **مراحل الثقب**<br>قد تختلف المدة أو القدرة أو البؤرة أو الانتقال المتدرج. | قارنوا حقول الثقب المتدرج إن وجدت بسجل الطراز المعتمد فقط. غيّروا إعدادًا واحدًا لكل تجربة؛ واتبعوا عملية القسم 12 . لا تزيدوا المدة/القدرة دون ضبط.<br>15–5 دقيقة |
| 6 | **التجربة والخدمة**<br>قد يضر فشل الثقب المتكرر بالبصريات. | لا تجرّبوا مرارًا على الثقب التالف؛ اختاروا نقطة اختبار جديدة مناسبة. إذا لم يتكون الثقب بالعملية المناسبة، فسجّلوا إنذارات المصدر/المبرّد وأحيلوها للخدمة.<br>خدمة · المدة متغيرة |

**تنبيه**

أوقفوا عند تناثر شديد أو وميض غير معتاد أو إنذار. لا تحاولوا إخراج القطعة قبل اكتمال القطع.

**لماذا؟** قد تستخدم مرحلة الثقب طاقة وغازًا وارتفاعًا مختلفًا. تغيير سرعة القطع وحده لا يعالج ثقب البداية.

**الفحص النهائي:** تحققوا من الثقب الكامل بطريقة مراقبة المصنّع؛ ثم اختبروا الانتقال إلى القطع على محيط قصير وسجّلوا.

## 17.3 اصطدام الرأس / تحذير مستشعر الارتفاع

**الهدف:** ميّزوا سبب الاصطدام وعدم استقرار القياس السعوي بأمان.

**المتطلبات:** وثيقة الرأس/وحدة الارتفاع وصاح نظيف مستوٍ وفوهة/سيراميك مناسبان وسجل صيانة.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **أوقفوا الاصطدام**<br>قد تفاقم الحركة التالية التلف. | أوقفوا طارئًا عند الخطر. لا تحرّكوا الرأس عميانًا لأعلى/أسفل. سجّلوا موضع الحادث والإنذار قبل عزل الطاقة الآمن؛ واطلبوا الخدمة عند الاشتباه بتلف.<br>فورًا · 2–1 دقيقة |
| 2 | **الصاح والمسار**<br>قد توجد قطعة مرتفعة أو صاح معوجّ أو عائق. | افحصوا القطع المقصوصة والمشابك والخبث وإسناد الطاولة. أزيلوا العائق والرأس آمن والحركة معطّلة. أزيلوا ماء/زيت الصاح وجفّفوه؛ وتعاملوا مع الغشاء بعملية معتمدة.<br>10–5 دقائق |
| 3 | **الفوهة والسيراميك**<br>قد تؤثر الفوهة المرتخية أو السيراميك المتشقق في القياس. | افحصوا استقرار الفوهة والسيراميك والوصلة المسموحة. استبدلوا التالف وفق القسم 16.2 و 16.3 ؛ ولا تصلحوا ارتجاليًا.<br>نقطة فحص متكررة · 15–5 دقيقة |
| 4 | **التأريض والتلامس**<br>قد يزعزع ضعف تلامس الصاح القياس. | افحصوا الاتساخ أو الطلاء عند تلامس الصاح/الطاولة. ليفحص المخوّل التأريض الوقائي ووصلة المستشعر كهربائيًا. لا تفصلوا تأريض الأمان للتجربة.<br>10–5 دقائق / شخص مخوّل |
| 5 | **المعايرة**<br>قد تكون الأداة تغيّرت أو المعايرة غير صالحة. | بعد معالجة التلف والسطح، عايروا على صاح مناسب وفق المصنّع. لا تقبلوا معايرة فاشلة للقطع؛ ولا تغيّروا ضبط إعداد السيرفو بدل الإجراء اليومي.<br>10–5 دقائق |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 | **اختبار حركة محمي**<br>إعادة ضبط الإنذار وحدها لا تعني انتهاء المشكلة. | مع خلو المنطقة وتحقق الأمان، أجروا اختبار الارتفاع/الإطار للمصنّع والشعاع متوقف. إذا بقي التتبع مضطربًا فاطلبوا الخدمة لكابل المستشعر أو وحدة التحكم أو الميكانيك.<br>خدمة · المدة متغيرة | |

**تنبيه**

لا تعودوا للإنتاج بعد اصطدام بمعايرة فقط؛ قيّموا تلف الرأس والفوهة والسيراميك والبصريات.

**لماذا؟** يعمل القياس السعوي مع الأداة وسطح الصاج والتلامس الكهربائي. أما العائق الميكانيكي فقد يسبب اصطدامًا حتى بمعايرة صحيحة.

**الفحص النهائي:** بعد ثبات التتبع وصحة حركة الإطار اقطعوا عينة صغيرة؛ وأوقفوا عند تكرر الإنذار/الاصطدام.

## 17.4 الزجاج الواقي يتّسخ سريعًا / يحترق

**الهدف:** اعثروا على أسباب التناثر والغاز والتركيب لمنع اتساخ الزجاج الجديد أيضًا.

**المتطلبات:** طراز الرأس وموضع الزجاج وصورة التلوث وسجل صيانة الغاز وعملية معتمدة.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | **اعزلوا الزجاج التالف**<br>قد يتفاقم التلف بالعمل بسطح محترق. | أوقفوا القطع. افحصوا الزجاج بظروف آمنة ونظيفة وفق القسم 16.4 . استبدلوه عند الحرق أو التشقق أو تلف الطلاء. سجّلوا أي زجاج تأثر.<br>5–15 دقيقة | |
| 2 | **الارتفاع والفوهة**<br>قد يزيد البعد الخاطئ أو تدفق الغاز المشوه التناثر. | قارنوا ارتفاع الثقب/القطع بالسجل المعتمد. تحققوا من سلامة الفوهة والتمركز والمعايرة السعوية. لا تعتبروا زيادة الضغط حلًا عامًا.<br>5–10 دقائق | |
| 3 | **غاز متّسخ / مزيّت**<br>قد يعيد تلوث الخط تلويث الزجاج النظيف. | ابحثوا عن ماء/زيت في خط الهواء وأوساخ بالمرشّح وإنذار المجفّف. تحققوا من نظافة الغاز بالوثيقة. لا تبدأوا بزجاج جديد مع زيت قبل معالجة الخط.<br>نقطة فحص متكررة · 5–15 دقيقة | |
| 4 | **تناثر الثقب**<br>قد تظهر المشكلة خصوصًا عند نقاط البداية. | سجّلوا هل بدأ الاتساخ بعد الثقب. قارنوا مرحلة الثقب وانتقالات البؤرة/الارتفاع والغاز بالعملية المعتمدة؛ وتابعوا مع القسم 17.2 .<br>5–15 دقيقة | |
| 5 | **المادة والطلاء**<br>قد تزداد الحاجة للفحص في أعمال المجلفن والألومنيوم. | سجّلوا المادة والطلاء والغشاء. كثّفوا فحص الزجاج بعدها. تحققوا من كفاية الشفط وصحة العملية.<br>2–5 دقائق | |
| 6 | **الاتجاه والحشية والبصريات الداخلية**<br>قد دخلت الأوساخ عند فتح المقعد أو لم تستقر الحشية. | افحصوا اتجاه الزجاج والحشية الصحيحة بوثيقة الطراز. لا تخلطوا زجاج BM111 العلوي/الأوسط/السفلي. اتركوا تلوث/تلف البصريات الداخلية للخدمة؛ ولا تفتحوا المقعد عشوائيًا.<br>خدمة · المدة متغيرة | |

**تنبيه**

لا تمسكوا زجاجًا ساخنًا أو تالفًا بيد عارية. لا تزيلوا الزجاج الواقي وتقطعوا دونه.

**لماذا؟** قد يشير فساد الزجاج الجديد سريعًا إلى مصدر تلوث أو مشكلة عملية أكثر من عمر المستهلك؛ تتبعوا السبب بالسجل.

**الفحص النهائي:** بعد تجربة قصيرة بزجاج جديد/نظيف، افحصوا مجددًا في حالة آمنة. إذا استمر التلوث فاطلبوا الخدمة مع الصورة والسجل.

## 17.5 القطعة ترتفع / تنقلب

**الهدف:** قلّلوا سقوط القطعة من الإسناد وإعاقتها للرأس في الحركة التالية.

**المتطلبات:** التوزيع والمسار وحالة إسناد الطاولة وخطة الوصلات الدقيقة ووثيقة حركة الماكينة.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | **أقنوا المنطقة**<br>قد تصطدم القطعة المرتفعة بالرأس في المرور التالي. | أوقفوا الدورة؛ واعزلوا الشعاع والحركة بأمان قبل الإخراج. لا تسحبوا القطعة من أسفل رأس يعمل. عند الاصطدام أجروا فحص القسم 17.3 .<br>فورًا · 1–2 دقيقة | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | **إسناد الطاولة**<br>قد تختل موازنة قطعة صغيرة بين الشرائح. | افحصوا الشرائح والخبث واستقرار الصاج. راجعوا على التوزيع كيف ستُحمل القطعة بعد القطع الأخير؛ وعالجوا الإسناد.<br>5–10 دقائق | |
| 3 | **الوصلة الدقيقة**<br>قد تنقلب القطعة عند انفصالها الكامل. | خطّطوا موضع الوصلات الدقيقة (Micro Joint) وعددها بحسب القطعة/العملية المعتمدة. تحققوا في المحاكاة من بقائها فعلًا في المسار. سجّلوا الفصل اللاحق والأثر المتوقع.<br>5–10 دقائق | |
| 4 | **تسلسل القطع**<br>قد تبقى القطعة المحررة مبكرًا في المسار. | راجعوا ترتيب المحيطات الداخلية/الخارجية والقطع. قيّموا نقطة الفصل الأخيرة مع الإسناد والانتقالات التالية. عالجوا تراكم الحرارة أيضًا بنهج القسم 6 .<br>5–15 دقيقة | |
| 5 | **الانتقال دون قطع والقفز الضفدعي**<br>قد يحدث اصطدام بقطعة مرتفعة في الانتقال المنخفض. | تحققوا من دعم القفز الضفدعي (Leapfrog) أو انتقال آمن مناسب من وثيقة الماكينة. يختلف الارتفاع والسلوك بحسب الإصدار. لا تجعلوه بدل إسناد القطعة والوصلات الدقيقة.<br>5–10 دقائق | |

**تنبيه**

لا تواصلوا فوق قطعة مرتفعة. لا تُدخلوا ارتفاعًا تخمينيًا أو معلمة خدمة لأمان الحركة.

**لماذا؟** يجب تخطيط الإسناد وتسلسل الفصل والحركة دون قطع معًا.

**الفحص النهائي:** راقبوا المحاكاة المحدّثة؛ وافحصوا سلوك فصل القطعة وتثبيتها في تجربة آمنة.

## 17.6 خطأ أبعاد / انزياح الشكل

**الهدف:** ميّزوا أخطاء الملف والتعويض والحركة الميكانيكية.

**المتطلبات:** أبعاد الرسم وأداة قياس مناسبة وعينة باردة وسجل العمل/CAM وتاريخ صيانة الماكينة.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | **تحققوا من القياس**<br>قد تؤثر الحرارة أو الزوائد أو المرجع الخاطئ في الأبعاد. | انتظروا برودة القطعة بأمان. قيّموا الزوائد ومرجع القياس؛ وقيسوا باتجاهات عدة بأداة مناسبة. سجّلوا هل الفرق ثابت بكل الأبعاد أم الانزياح في محور واحد.<br>5–10 دقائق | |
| 2 | **الوحدة والهندسة**<br>قد توجد مشكلة مقياس أو رسم. | قارنوا أبعاد الرسم ووحدة الاستيراد ومعاينة الماكينة. تحققوا من المراجعة والمقياس الصحيحين؛ ولا تعوّضوا الملف الخاطئ بالمعلمات.<br>2–5 دقائق | |
| 3 | **تعويض شق القطع (Kerf Compensation)**<br>يغيّر الاتجاه الخاطئ أو التعويض المزدوج الأبعاد. | افحصوا اتجاه تعويض المحيط الداخلي/الخارجي. تحققوا من عدم تكراره في CAM والتحكم. تحققوا من تعويض مناسب للعملية الفعلية بعينة.<br>5–15 دقيقة | |
| 4 | **المرجع والصاج**<br>قد يُزيح فقد الموضع أو انزلاق الصاج الشكل. | تحققوا من الرجوع المرجعي (Homing) وصفر العمل بإجراء الماكينة. افحصوا عدم تحرك الصاج والإسناد/التثبيت. لا تنقلوا نقطة الاستئناف عميائا إلى مرجع جديد.<br>5–10 دقائق | |
| 5 | **السير والجريدة المسنّنة**<br>قد يؤثر الخلوص أو الاتساخ أو التآكل في الحركة. | بعد عزل الطاقة الآمن افحصوا خارجيًا الاتساخ/التآكل. اتركوا شد السير وخلوص الجريدة والضبط الميكانيكي للصيانة المدرّبة/الخدمة؛ وسجّلوا وفق القسم 16.8 .<br>خدمة · المدة متغيرة | |
| 6 | **السيرفو وقابلية التكرار**<br>قد توجد مشكلة محور أو مشغّل. | سجّلوا اتجاه الخطأ وموضعه وتكراره. أحيلوا نص إنذار السيرفو للخدمة. لا تغيّروا بصفتكم مشغّلين الكسب أو التروس الإلكترونية أو مقياس المحور أو تعويض الخطأ.<br>خدمة · المدة متغيرة | |

**تنبيه**

لا تُخفوا خطأ الميكانيك أو السيرفو بتغيير مقياس الرسم. لا تبدأوا الإنتاج المتسلسل بأبعاد غير مناسبة.

**لماذا؟** يتطلب فرق الأبعاد الثابت والانزياح المرتبط بالموضع فحوصًا مختلفة.

**الفحص النهائي:** بعد الضبط المناسب أجروا تجربة بأبعاد داخلية/خارجية والمحورين؛ وتحققوا من السماحة وفق رسم العمل.

## 17.7 إنذارات مصدر الليزر

**الهدف:** صنّفوا الإنذار بسجله الكامل ووجّهوه للخدمة بأمان.

**المتطلبات:** علامة/طراز/رقم المصدر ورمز الإنذار ونصه الكامل وسجل الوقت/العمل ووثيقة المصدر.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **خذوا السجل كاملًا**<br>قد لا تكفي رسالة الشاشة المختصرة. | أوقفوا القطع. سجّلوا الرمز/النص الكامل في واجهتي الماكينة والمصدر ووقت حدوثه ومرحلة العملية. لا تختلقوا معنى لرمز مجهول؛ راجعوا وثيقة طراز المصدر.<br>2–5 دقائق |
| 2 | **فئة الحرارة**<br>قد تؤثر ظروف التبريد أو البيئة. | افحصوا إنذار المبرّد ومستوى الماء والتدفق والخراطيم الخارجية. سجّلوا حرارة/رطوبة الجو والتكاثف. خذوا الشروط المسموحة من المصنّع؛ ولا تفتحوا غطاء المصدر.<br>5–10 دقائق |
| 3 | **فئة الانعكاس المرتد (Back Reflection)**<br>قد ترتبط خصوصًا بالنحاس والنحاس الأصفر والألومنيوم. | لا تعيدوا العملية مرارًا. أحيلوا المادة ومرحلة الثقب والرأس/الفوهة والعملية للخدمة. لا تواصلوا بتغيير القدرة أو البؤرة فقط قبل التحقق من ملاءمة المصدر/الرأس.<br>خدمة · المدة متغيرة |
| 4 | **فئة القدرة**<br>قد يلزم تقييم العملية أو خرج المصدر. | احفظوا الضبط المطلوب وسجل العمل. افحصوا البصريات الخارجية بأمان؛ واتركوا قياس القدرة للخدمة وفق القسم 14.7 . يعتمد السبب القاطع على وثيقة الرمز/الطراز.<br>خدمة · المدة متغيرة |
| 5 | **فئة الاتصال**<br>قد انقطع الاتصال بين التحكم والمصدر. | سجّلوا الجهاز غير الجاهز وآخر تغيير. أبلغوا بتلف كابل خارجي. لا تفتحوا الخزانة أو تغيّروا تهيئة الاتصال أو الناقل. لا تفصلوا وتعيدوا الطاقة إلا بإجازة المصنّع.<br>خدمة · المدة متغيرة |
| 6 | **قرار إعادة البدء**<br>إعادة الضبط لا تثبت معالجة السبب. | بعد تحديد السبب ومعالجته طبّقوا إعادة الضبط وفحص الجاهزية المسموحين. لا تقطعوا مع إنذار متكرر أو مجهول المعنى؛ وجهّزوا سجل الملحق E للإحالة إلى الخدمة.<br>5–10 دقائق / خدمة |

> **تنبيه**
> لا تجسّروا مداخل الإنذار والحماية. لا تكرّروا إعادة الضبط/دورة الطاقة لمجرد مسح الشاشة.

**لماذا؟** قد تختلف أسباب الفئة العامة نفسها وحلولها باختلاف الطراز.

**الفحص النهائي:** بعد جاهزية المصدر والأنظمة المساعدة، أجروا تجربة مضبوطة بتعليمات المصنّع/الخدمة؛ وأوقفوا عند التكرار.

## 17.8 إنذارات المبرّد

**الهدف:** قيّموا تحذير التدفق والحرارة والمستوى دون الإضرار بالمصدر.

**المتطلبات:** وثيقة طراز المبرّد وشروط تبريد المصدر/الرأس وسجل الإنذار ومعلومات الماء المناسب.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **أوقفوا القطع**<br>يجب ألا يعمل الليزر قبل التحقق من التبريد. | سجّلوا رمز/نص الإنذار كاملًا والدائرة والقيم المعروضة. تحققوا من تصنيفه كتدفق أو حرارة أو مستوى بوثيقة المصنّع.<br>فورًا · 1–2 دقيقة |
| 2 | **التدفق**<br>قد ينخفض المستوى أو يُسحق خرطوم أو توجد مشكلة مرشّح. | افحصوا المؤشر الخارجي للنظام المغلق ومسار الخراطيم وآثار التسرب. قيّموا المضخة/المرشّح بإجراء الصيانة. لا تجسّروا مفتاح التدفق أو تفكّوا خرطومًا مضغوطًا.<br>5–10 دقائق |
| 3 | **الحرارة**<br>قد يؤثر الضبط أو التهوية أو الجو. | قارنوا بضبط المصنّع؛ وافحصوا مدخل الهواء والمرشّح والبيئة. لا تخلطوا دائرتي المصدر والرأس. أوقفوا عند التكاثف؛ ولا تُدخلوا حرارة عامة ثابتة.<br>5–10 دقائق |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | **المستوى**<br>قد يوجد نقص أو تسرب. | اقرؤوا المستوى في حالة العمل/التوقف المحددة. للإكمال بالماء المسموح وفحص التسرب استخدموا القسم 16.6 . لا تتجاهلوا النقص المتكرر بالملء وحده.<br>5–15 دقيقة | |
| 5 | **عودة مضبوطة**<br>اختفاء الإنذار وحده لا يكفي. | بعد الصيانة تحققوا من تنفيس الهواء والمستوى والتدفق والإحكام بطريقة المصنّع. عند تكرر الإنذار اتركوا تقييم المضخة أو المستشعر أو دائرة التبريد للخدمة.<br>خدمة · المدة متغيرة | |

**تنبيه**

لا تقطعوا مع تعطيل حماية المبرّد. لا تضيفوا سائلًا غير مناسب أو إضافة عشوائية.

**لماذا؟** حتى مع ظهور تدفق وحرارة كافيين قد يوجد خطر سائل خاطئ أو تكاثف.

**الفحص النهائي:** إذا استقر التبريد وعُولج الإنذار وجهز المصدر، فعودوا للتجربة بتسلسل المصنّع؛ وسجّلوا كل القيم.

## 17.9 إنذارات ضغط الغاز

**الهدف:** ميّزوا مشكلة الضغط الناتجة عن الإمداد أو المنظّم أو الخط أو العملية.

**المتطلبات:** نوع الغاز/مخطط الخط ومؤشرات الضغط وحدود المصنّع وعملية معتمدة وطريقة تسرب مناسبة.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | **تحققوا من الغاز والإنذار**<br>قد اختير غاز/طبقة خاطئان. | أوقفوا القطع؛ وسجّلوا الإنذار كاملًا. قارنوا الغاز المختار بالأسطوانة/الخزان وملصق الخط والطبقة النشطة. تحققوا من معنى عتبات الإنذار بوثيقة الطراز.<br>2–5 دقائق | |
| 2 | **الإمداد والمنظّم**<br>قد نفد الإمداد أو أُغلق صمام أو لم يناسب المنظّم. | افحصوا مستوى الأسطوانة/الخزان والمؤشرات المسموحة. لا يشغّل الصمامات إلا مدرّب بالتسلسل المناسب. افحصوا المنظّم ضمن نطاق المصنّع؛ واطلبوا الخدمة عند تجمّد/تلف.<br>5–10 دقائق | |
| 3 | **الضغط أثناء التدفق**<br>قد يكون الساكن طبيعيًا وينخفض مع الاستهلاك. | راقبوا الضغط بالمؤشر المسموح عبر دورة فحص الغاز الآمنة، والشعاع متوقف والأمان متحقق. عند الهبوط أثناء تدفق القطع، ليفحص فني الصيانة سعة الإمداد أو المرشّح أو تقييد الخط.<br>5–10 دقائق | |
| 4 | **المرشّح والخرطوم والتسرب**<br>قد يوجد انسداد أو سحق أو تسرب. | افحصوا الخرطوم والمرشّح خارجيًا. عند التدخل اعزلوا الخط وفرّغوا الضغط. افحصوا التسرب بمنتج مناسب؛ ولا تستخدموا لهبًا. القسم 16.7 اتبعوا تسلسله.<br>5–15 دقيقة | |
| 5 | **المستشعر والصمام**<br>قد يستمر الإنذار رغم ظهور ضغط مناسب. | سجّلوا الفرق بين المؤشرات ووقت الإنذار والغاز النشط. اتركوا معايرة المستشعر وفحص مفتاح الضغط والصمام والكابل للصيانة المخوّلة/الخدمة؛ ولا تعملوا بخفض حد الإنذار.<br>خدمة · المدة متغيرة | |

**تنبيه**

عند تسرب غاز أغلقوا الإمداد فقط إن أمكن بأمان، وطبّقوا خطة الطوارئ. لا تزيّتوا خط الأكسجين؛ ولا تزيدوا الضغط العالي عشوائيًا حلًا.

**لماذا؟** قد يختلف سلوك الخط تحت التدفق عن الضغط عند السكون.

**الفحص النهائي:** بعد غياب التسرب وصحة الغاز وملاءمة ضغط التدفق اقطعوا عينة مضبوطة. عند تكرر الإنذار أحيلوا السجل للخدمة.

90

# الملاحق

أبقوا بطاقة المرجع السريع بجانب الماكينة. احفظوا الاستمارات مع سجلات العمل والصيانة. تُطبّق تعليمات الاستخدام والطوارئ للمصنّع مع هذه الملاحق.

## الملحق A — بطاقة مرجع سريع بجانب الماكينة

**الماكينة / الرقم التسلسلي:** _____ **المشغّل المخوّل:** _____

### التشغيل والقطع الأول

**الهدف:** جهّزوا الماكينة للعمل الأول. **المتطلبات:** تدريب وتعليمات تشغيل المصنّع وملف/معلمات معتمدة.

1. افحصوا المنطقة والأمان. جهّزوا الغاز والمبرّد والشفط بتسلسل تشغيل المصنّع.
2. افتحوا برنامج الماكينة/التحكم. تحققوا من جاهزية الأنظمة المساعدة ومعالجة الإنذارات.
3. ارجعوا إلى الأصل والمنطقة خالية. عايروا سعويًا بطريقة المصنّع.
4. تحققوا من الصاج والملف. افحصوا المادة والسماكة والطبقة والغاز والفوهة والبؤرة المسجّلة.
5. أجروا المحاكاة والإطار. اقطعوا عينة والأمان مغلق؛ وانتقلوا للإنتاج إذا ناسبت الأبعاد/الجودة.

### الفحص اليومي

- الفوهة سليمة/نظيفة؛ والحلقة السيراميكية بلا شقوق.
- فُحص الزجاج الواقي بالطريقة المسموحة.
- مستوى/تدفق/حرارة المبرّد مناسبة؛ ولا تسرب/تكاثف.
- الغاز صحيح؛ والمرشّح/المجفّف والضغط مناسبة.
- إسناد الطاولة ومنطقة الحركة والشفط مناسبة.
- المعايرة وملف العمل والعملية متحقق منها.
- سُجلت نتيجة الفحص والمخالفة في الملحق B.

يختلف تسلسل التشغيل بحسب الطراز؛ لا تشغّلوا الليزر قبل جاهزية المبرّد. الإعداد الأول/ضبط السيرفو ليس المعايرة اليومية.

### الأعطال 8 الأكثر رجوعًا: التصرف الأول

| العرض | التصرف الأول | المتابعة |
|---|---|---|
| **لا يقطع** | توقفوا؛ وافحصوا الزجاج والفوهة وسجل العملية الصحيح. | 17.1 |
| **لا يثقب** | لا تكرّروا الثقب؛ وتحققوا من المادة/السماكة وسجل الثقب. | 17.2 |
| **الرأس يصطدم** | أوقفوا الحركة؛ وافحصوا العائق والفوهة والسيراميك والسطح بأمان. | 17.3 |
| **الزجاج يتّسخ سريعًا** | لا تعملوا بزجاج تالف؛ وابحثوا عن ماء/زيت بالغاز وتناثر الثقب. | 17.4 |
| **القطعة ترتفع** | أوقفوا القطع؛ وراجعوا الإسناد والوصلات الدقيقة والتسلسل. | 17.5 |
| **خطأ أبعاد / شكل** | قيسوا القطعة الباردة؛ وافحصوا الوحدة والتعويض والمرجع. | 17.6 |
| **إنذار المصدر / المبرّد** | أوقفوا القطع؛ وسجّلوا الرمز كاملًا. افحصوا التدفق والمستوى والتكاثف. | 17.7 / 17.8 |
| **إنذار ضغط الغاز** | افحصوا نوع الغاز والإمداد؛ ولا تغيّروا عتبة الإنذار. | 17.9 |

**! الطوارئ**

أوقفوا طارئًا عند اصطدام أو حركة غير مضبوطة أو خطر وشيك. أخلوا المنطقة وأبلغوا المسؤول. في الحريق/تسرب الغاز طبّقوا خطة الطوارئ؛ واعزلوا الطاقة/الإمداد إن كان آمنًا. اتصلوا بـ112 عند إصابة أو حريق. لا تتجاوزوا الحواجز؛ ولا تعيدوا التشغيل قبل معالجة السبب واعتماد المخوّل للعودة.

**تنبيه:** اعزلوا الشعاع/الحركة بأمان قبل لمس الرأس، والضغط قبل التدخل في الخط. **لماذا؟** يقلّل فحص الجاهزية والتسجيل تكرار الخطأ نفسه.

**مسؤول طوارئ المنشأة / التحويلة:** _____ **الاتصال بالخدمة:** _____

## الملحق B — استمارة الفحص اليومي: 7 أيام أسبوعية

**الماكينة / الرقم التسلسلي:** _____ **بداية الأسبوع:** ____ / ____ / _____ **الوردية:** _____

اكتبوا في كل خلية **U** (مناسب)، أو **D** (إيقاف/غير مطابق)، أو **G** (لا ينطبق على هذا الطراز). أضيفوا تفسيرًا لـG. لا تضعوا علامة مناسب لفحص لم يُجرَ. لا تبدأوا العمل المعني قبل معالجة المخالفة؛ وسجّلوا التدخل أدناه.

| الفحص | الاثنين | الثلاثاء | الأربعاء | الخميس | الجمعة | السبت | الأحد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| التاريخ / اليوم | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| مؤشر ساعات العمل | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| الأمان والإيقاف الطارئ: فحص المصنّع | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| الفوهة: نظيفة وسليمة وصحيحة النوع | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| الحلقة السيراميكية: بلا شقوق / ارتخاء | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| الزجاج الواقي: مناسب والمقعد مغلق | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| المبرّد: المستوى والتدفق مناسبان | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| المبرّد: الحرارة مناسبة ولا تكاثف / تسرب | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| الغاز: النوع والضغط أثناء التدفق مناسبان | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| الهواء: المرشّح / المجفّف / التصريف مناسبة | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| الطاولة / الشرائح / منطقة الحركة نظيفة | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| فحص خارجي للقضبان / الجريدة المسنّنة والتزييت | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| شفط الأدخنة جاهز ولا تحذير مرشّح | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| المعايرة وتمركز الفوهة مناسبان | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| الملف / المادة / الطبقة متحقق منها | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| فحص أبعاد القطعة الأولى وقطعها مناسب | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| اكتمل تنظيف نهاية اليوم والإيقاف | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| اسم المشغّل / التوقيع المختصر | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

### سجل المخالفة / التدخل

| التاريخ | الملاحظة وسبب الإيقاف | الإجراء / الجزء | المخوّل بإعادة العمل / الوقت |
|---|---|---|---|
| _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ |

فتح الخزانة والبصريات الداخلية وقياس الكهرباء ليست ضمن فحص المشغّل اليومي. أبلغوا فني الصيانة المخوّل بالملاحظة. أضيفوا الاستمارة المكتملة إلى سجل الصيانة.

## الملحق C — استمارة تغيير المعلمات

**الماكينة / الرقم التسلسلي:** _____ **العمل / الملف / المراجعة:** _____

**طراز المصدر / القدرة / القلب:** _____ **الرأس / الفوهة:** _____

**سجل العملية الأولي / الإصدار:** _____ **نوع الغاز:** _____

سجّلوا معلمة واحدة بكل صف. حدّدوا المادة والسماكة بكل تجربة. اكتبوا الوحدة مع القيمة القديمة/الجديدة: السرعة (m/min) والضغط (bar) والبؤرة/الارتفاع (mm)؛ واستخدموا وحدة البرنامج للحقول الأخرى. أوقفوا التجربة عند إنذار أو تلف.

| التاريخ / الوقت | المادة | السماكة (mm) | المعلمة المتغيرة | القيمة القديمة / الوحدة | القيمة الجديدة / الوحدة | النتيجة | المشغّل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |

### نتيجة التجربة والاعتماد

اكتبوا في النتيجة النفاذ الكامل والثقب والزوائد والسطحين السفلي/العلوي والأبعاد والإنذار إن وجد. أدرجوا رقم الصورة أو العينة. لا تكتفوا بكلمة واحدة مثل «جيد».

| | |
|---|---|
| البعد / معيار القبول | _____ |
| رقم الصورة / العينة | _____ |
| القرار | متابعة التجربة: ___ اعتماد للإنتاج: ___ العودة للضبط القديم: ___ |
| المعتمِد / التاريخ | _____ |
| سجل العملية الجديد / الإصدار | _____ |

**! ميّزوا سجل التجربة من الإنتاج**

لا تستبدلوا المكتبة الأساسية بنتيجة غير معتمدة. تُعرض قيم DOKTEK المشتقة بـ★، وصفوف «قيمة تجريبية، ليست للإنتاج المتسلسل» بـ◆. لا تلغي العلامتان ضرورة التجربة والاعتماد.

## الملحق D — مسرد المصطلحات: عربي-إنجليزي

تساعد المقابلات الإنجليزية في قراءة الشاشات ووثائق المصنّعين. ورود مصطلح هنا لا يعني تقديم وظيفته بكل برنامج؛ تختلف الأسماء والنطاق بحسب الإصدار/الطراز.

| العربية | الإنجليزية | شرح موجز |
|---|---|---|
| **مصدر الليزر** | Laser source | وحدة توليد الشعاع. |
| **ليزر الألياف** | Fiber laser | نوع مصدر ليزر قائم على الألياف. |
| **رأس القطع** | Cutting head | مجموعة تركيز الشعاع في منطقة المعالجة. |
| **ليف التوصيل** | Delivery fiber | ينقل الشعاع من المصدر إلى الرأس. |
| **قطر قلب الليف** | Fiber core diameter | قطر قلب الليف الحامل للضوء. |
| **القدرة الاسمية** | Rated power | فئة القدرة الموضحة على الملصق. |
| **نسبة القدرة** | Power percentage | ضبط القدرة النسبية المطلوبة في العملية. |
| **جودة الشعاع** | Beam quality | خاصية مرتبطة بسلوك تركيز الشعاع. |
| **حاصل معلمات الشعاع** | Beam parameter product (BPP) | يصف تباعد الشعاع وتركيزه. |
| **الموجة المستمرة** | Continuous wave (CW) | نمط إنتاج شعاع مستمر. |
| **التشغيل النبضي** | Pulsed operation | إعطاء الطاقة بنبضات. |
| **التردد** | Frequency | عدد التكرارات في وحدة الزمن. |
| **مدة النبضة** | Pulse duration | الطول الزمني لنبضة واحدة. |
| **نسبة التشغيل** | Duty cycle | نسبة زمن التشغيل إلى الدورة. |
| **الانعكاس المرتد** | Back reflection | الضوء العائد من العملية نحو المصدر. |
| **وصلة QBH** | QBH connector | نوع الوصلة البصرية عند خرج الليف. |
| **موازاة الشعاع** | Collimation | عملية تنظيم تباعد الشعاع. |
| **عدسة الموازاة** | Collimating lens | عدسة تنظيم الشعاع في بصريات الرأس. |
| **البؤرة** | Focus | حالة تركيز الشعاع أو ضبط العملية. |
| **عدسة التركيز** | Focusing lens | عدسة تركيز الشعاع. |
| **النقطة البؤرية** | Focal point | منطقة تركيز الشعاع. |
| **اختبار البؤرة** | Focus test | التحقق من البؤرة المناسبة بالتجربة. |
| **الزجاج الواقي** | Protective window | عنصر بصري يحمي البصريات الداخلية. |
| **الطلاء** | Coating | طبقة سطح المادة أو البصريات. |
| **الفوهة** | Nozzle | جزء توجيه الغاز إلى منطقة القطع. |
| **فوهة أحادية الطبقة (S)** | Single-layer nozzle | نوع فوهة ببنية أحادية الطبقة. |
| **فوهة مزدوجة الطبقة (D)** | Double-layer nozzle | نوع فوهة ببنية مزدوجة الطبقة. |
| **الحلقة السيراميكية** | Ceramic ring | جزء سيراميكي في مجموعة الفوهة. |
| **تمركز الفوهة** | Nozzle centering | التحقق من محاذاة الفوهة والشعاع. |
| **ارتفاع الفوهة** | Nozzle standoff | المسافة بين الفوهة والصاج. |
| **المستشعر السعوي** | Capacitive sensor | يستشعر المسافة بالطريقة السعوية. |
| **المعايرة السعوية** | Capacitive calibration | معايرة تجهّز قياس الارتفاع. |
| **تتبع الارتفاع** | Height following | تتبع الرأس للمسافة عن الصاج. |
| **الرجوع إلى الأصل / المرجع** | Homing | رجوع المحاور إلى مرجع الماكينة. |
| **إحداثيات الماكينة** | Machine coordinate | موضع مرتبط بمرجع الماكينة. |
| **صفر قطعة العمل** | Workpiece zero | مرجع البداية المحدد للعمل. |
| **اكتشاف الحافة** | Edge finding | تحديد موضع حافة الصاج. |
| **الإطار** | Frame | حركة تفحص حدود العمل. |
| **التشغيل الجاف** | Dry run | تجربة المسار دون شعاع. |
| **المحاكاة** | Simulation | مراقبة المسار مسبقًا على الشاشة. |
| **سرعة القطع** | Cutting speed | سرعة حركة القطع؛ m/min. |
| **الثقب** | Pierce / piercing | إنشاء ثقب لبدء القطع. |
| **شق القطع** | Kerf | عرض القطع الذي يفتحه الشعاع. |
| **تعويض شق القطع** | Kerf compensation | تصحيح المسار بحسب عرض القطع. |
| **مسار الدخول** | Lead-in | طريق الدخول إلى محيط القطع. |
| **مسار الخروج** | Lead-out | طريق الخروج عند نهاية المحيط. |
| **الوصلة الدقيقة** | Micro joint | جزء صغير غير مقصوص يثبت القطعة. |
| **الحافة المشتركة** | Common line | قطع القطع من خط مشترك. |
| **القطع الطائر** | Flycut | طريقة قطع سريع خاصة ومدعومة. |
| **القفز الضفدعي** | Leapfrog | نهج رفع الرأس أثناء الانتقال. |
| **التعشيق** | Nesting | توزيع القطع على مساحة الصاج. |
| **مسار الأداة** | Toolpath | مسار المعالجة الذي يتبعه الرأس. |

| العربية | الإنجليزية | شرح موجز |
|---|---|---|
| **تسلسل القطع** | Cut sequence | ترتيب معالجة المحيطات والقطع. |
| **المحيط الداخلي** | Inner contour | حد الثقب/الفتحة داخل القطعة. |
| **المحيط الخارجي** | Outer contour | الحد الخارجي للقطعة. |
| **محيط مفتوح** | Open contour | هندسة غير متصلة النهايات. |
| **خط مزدوج** | Duplicate line | خط مكرر ومتراكب. |
| **الطبقة** | Layer | مجموعة هندسة عُيّنت لها عملية مشتركة. |
| **معلمة العملية** | Process parameter | ضبط يحدّد سلوك القطع/الثقب. |
| **مكتبة المواد** | Material library | سجلات ضبط مرتبطة بالمادة. |
| **الإيقاف المؤقت** | Pause | تعليق العمل مؤقتًا. |
| **الإيقاف** | Stop | عملية إنهاء الدورة. |
| **الاستئناف** | Resume | المتابعة المضبوطة بعد الانقطاع. |
| **تقرير العمل** | Job report | سجل إنتاج متعلق بالعمل. |
| **التصنيع بمساعدة الحاسوب** | Computer-aided manufacturing (CAM) | نهج إعداد أعمال التصنيع. |
| **محوّل المخرجات** | Postprocessor | يحوّل المسار إلى مخرجات الماكينة المستهدفة. |
| **CNC** | Computer numerical control | نظام التحكم الرقمي بالحاسوب. |
| **واجهة الإنسان–الماكينة** | Human–machine interface (HMI) | شاشة تفاعل المشغّل مع الماكينة. |
| **المفتاح العتادي** | Dongle | مفتاح مادي للترخيص. |
| **ناقل البيانات** | Bus | بنية الاتصال بين أجهزة التحكم. |
| **المبرّد** | Chiller | وحدة تبريد المصدر/الرأس. |
| **التدفق** | Flow | سريان سائل التبريد أو الغاز. |
| **مستوى الماء** | Water level | مؤشر كمية الماء في الخزان. |
| **الماء منزوع الأيونات** | Deionized water | ماء خُفضت أيوناته. |
| **التكاثف** | Condensation | تحوّل الرطوبة إلى سائل على سطح بارد. |
| **نقطة الندى** | Dew point | درجة الحرارة التي قد يبدأ عندها التكاثف. |
| **المجفّف** | Dryer | وحدة تقليل رطوبة الخط. |
| **منظّم الضغط** | Regulator | عنصر تنظيم ضغط الغاز. |
| **ضغط الغاز** | Gas pressure | ضغط خط الغاز؛ bar. |
| **المرشّح** | Filter | يحتجز المواد غير المرغوبة في التدفق. |
| **شفط الأدخنة** | Fume extraction | نظام إزالة أدخنة القطع. |
| **شريحة إسناد الطاولة** | Support slat | عنصر طاولة يحمل الصاج والقطعة. |
| **المنصّة** | Pallet | مجموعة الطاولة التي يُنقل/يُبدّل عليها الصاج. |
| **الجريدة المسنّنة** | Rack | عنصر مسنّن لنقل الحركة الخطية. |
| **قضيب التوجيه** | Linear guide rail | عنصر توجيه حركة المحور. |
| **شد السير** | Belt tension | شد السير المضبوط وفق المصنّع. |
| **السيرفو** | Servo drive / servo system | نظام قيادة مضبوط لحركة المحاور. |
| **الزوائد** | Dross / burr | تراكم غير مرغوب يبقى على حافة القطع. |
| **الخبث** | Slag | بقايا متصلّبة من العملية. |
| **فولاذ كربوني** | Carbon steel sheet | تسمية صاج الفولاذ الكربوني في الدليل. |
| **مقاوم للصدأ** | Stainless steel | مجموعة مواد الفولاذ المقاوم للصدأ. |
| **فولاذ مجلفن** | Galvanized steel | صاج فولاذ مطلي بالزنك. |
| **ألومنيوم** | Aluminum | معدن ذو خطر انعكاس مرتد عند القطع. |
| **نحاس أصفر** | Brass | مجموعة سبائك أساسها النحاس. |
| **نحاس** | Copper | معدن ذو خطر انعكاس مرتد عند القطع. |
| **الأكسجين** | Oxygen ($O_2$) | غاز قطع يجب التحقق من ملاءمته للعملية. |
| **النيتروجين** | Nitrogen ($N_2$) | غاز قطع يجب التحقق من ملاءمته للعملية. |
| **الهواء المضغوط** | Compressed air | هواء يجب أن يكون جافًا وخاليًا من الزيت. |
| **قفل الأمان** | Safety interlock | حماية تجعل التشغيل الخطر مشروطًا. |
| **الإيقاف الطارئ** | Emergency stop | وظيفة إيقاف عند خطر وشيك. |
| **الرقم التسلسلي** | Serial number | رقم تعريف الجهاز. |
| **تاريخ الإنذارات** | Alarm history | سجل التحذيرات السابقة. |
| **ساعات العمل** | Operating hours | عداد الاستخدام كما تعرّفه الواجهة. |
| **مقياس قدرة الليزر** | Laser power meter | جهاز مناسب لقياس القدرة البصرية. |

## الملحق E — المعلومات اللازمة للخدمة

احفظوا الشاشة قبل إعادة ضبط الإنذار. املؤوا الحقول التالية لبلاغ الخدمة. لا تفتحوا الحماية أو تشغّلوا الماكينة بحالة خطرة للتصوير. هذه الاستمارة سجل للتواصل مع الخدمة.

| معلومة | السجل |
|---|---|
| **التواصل** | المنشأة / الشخص المعني / الهاتف: _____ |
| **الماكينة** | العلامة / الطراز / الرقم التسلسلي: _____ |
| **مصدر الليزر** | العلامة / الطراز / الرقم التسلسلي / القدرة / القلب: _____ |
| **رأس القطع** | العلامة / الطراز / نوع الفوهة / آخر تغيير زجاج: _____ |
| **التحكم والبرنامج** | CNC/البطاقة / اسم البرنامج وإصداره / وحدة الارتفاع: _____ |
| **المبرّد** | الطراز / الحرارة / التدفق / المستوى / رطوبة الجو وحرارته: _____ |
| **العمل والمادة** | الملف / المراجعة / المادة / السماكة / الطلاء: _____ |
| **العملية** | الغاز / الضغط أثناء التدفق / السرعة / البؤرة / سجل الثقب–القطع: _____ |
| **الإنذار** | الرمز والنص الكاملان / الجهاز المصدر / التاريخ–الوقت / ساعات العمل: _____ |
| **العَرَض** | متى بدأ / المرحلة / هل في كل عمل / التكرار: _____ |
| **آخر تغيير** | تغيير الجزء / الماء / المرشّح / البرنامج / العملية والتاريخ: _____ |
| **الفحوص المنفّذة** | الخطوات / الملاحظات / الإعداد القديم–الجديد / النتيجة: _____ |
| **حالة الماكينة** | هل توقفت / هل عُزلت الطاقة / التلف–التسرب–التكاثف: _____ |

### الصور والسجلات المرفقة

- الإنذار كاملًا وشاشة المعلمات؛ أبقوا المعلومات الشخصية/الخاصة بالعمل غير اللازمة خارج الإطار.
- وجها عينة القطع العلوي والسفلي؛ مع الأبعاد واتجاه القطع إن أمكن.
- صور الفوهة والسيراميك والزجاج والملصقات المعنية في حالة آمنة.
- ملف العمل/مراجعته وسجلات الملحقين B–C وأي تقرير قياس قدرة/خدمة سابق.

> **حقل مجهول الطراز**
>
> لا تخمّنوا معلومة غير متاحة؛ اكتبوا «غير معلوم». لا تفتحوا خزانة أو غطاء مصدر مغلقين للوصول للملصق. لا تجروا اختبارًا إضافيًا تطلبه الخدمة إلا بتدريب مناسب وطريقة المصنّع.

## الملحق F — المراجع

### المعايير والتشريعات ذات الصلة

- ISO 9013:2017 (+Amd 1:2024) — يحدد نطاقات u/Rz5 لسطح القطع وفئات تفاوت الأبعاد.
- IEC 60825-1 — يحدد تصنيف منتجات الليزر ومتطلبات سلامة المنتج.
- IEC 60825-4:2022 — يعالج الحواجز الواقية من الليزر المحيطة بمنطقة المعالجة.
- ISO 11553-1:2020 — يعالج سلامة إشعاع الليزر في ماكينات المعالجة بالليزر؛ وقد حلت السلسلة محل EN 12626.
- EN 207:2017 — يحدد علامات الطول الموجي ونمط التشغيل ومستوى الحماية LB لنظارات الليزر.
- EN 12254 — يغطي الحواجز والستائر لأماكن الليزر منخفض القدرة؛ وليس حماية أساسية لماكينة kW.
- ISO 14175 — يصنف الغازات المساعدة ومخاليطها، بما فيها غازات القطع بالليزر.
- ISO 8573-1 — يحدد فئات جودة الهواء المضغوط للجسيمات والماء والزيت.
- ISO 11146-1 — يحدد طرق قياس عرض الحزمة وتباعدها ونسبة انتشارها.

- 2023/1230 (EU) — يضع إطار مطابقة الآلات وتعليماتها في الاتحاد الأوروبي المطبق من 20 يناير 2027.
- لائحة سلامة الآلات التركية — ينظم مطابقة الآلات وتعليماتها في تركيا؛ الجريدة الرسمية 16 أكتوبر 2026 / 33402.
- ISO 230-2:2014 (+Amd 1:2016) — يختبر دقة التموضع وقابلية تكراره للمحاور المتحكم بها عددياً بواسطة القياس المباشر.
- EN 1093 — يقيّم انبعاث المواد الخطرة المحمولة جواً من الآلات؛ والرابط إلى الإحالة الواردة في §4.1 ISO 11553-1:2020.
- ISO 14123 — يتناول مخاطر المواد الخطرة المنبعثة من الآلات (الجزآن 1–2)؛ والرابط إلى الإحالة الواردة في §4.1 ISO 11553-1:2020.
- ISO 21904-2:2020 — يحدد اختبار كفاءة الفصل ووسمها لمعدات دخان اللحام والعمليات المماثلة؛ وليس اختبار خرطوشة منفردة.

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 — بيانات القطع**
https://www.forum.linuxcnc.org/media/kunena/attachments/22451/null.pdf
نص PDF المصنع المحلي: kaynak_veri/max_mfsc_500-6000W.txt. بيانات 1/1.5/2/3/4 kW. قورنت حواشي 500W المنسوخة بعناوين الصفحات.; نص دون اتصال: kaynak_veri/max_mfsc_500-6000W.txt؛ العنوان من brief_A.md ولم يفتح عبر الشبكة. للفصول 07 و08 و11: الوصفات والبؤرة والفوهة والبصريات وخفض قدرة صفوف $O_2$ السميكة. الصفوف الكاملة في الفصل 9. لا توجد وصفة ثقب/قطع للنحاس.

2. **KRRASS 3000W — معلمات القطع**
https://www.krrass.com/3000w-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/
HTML محلي. صفوف الفولاذ الكربوني $N_2$ الناقصة فقط، 1–2 mm في جدول Max 3 kW.

3. **KRRASS 6000W — معلمات القطع**
https://www.krrass.com/6000w-fiber-laser-cutting-machine-parameters/
HTML محلي؛ اختير جدول 50 µm بوحدة واحدة من ثلاثة جداول. الجار الأدنى لاستيفاء 8/10 kW.

4. **KRRASS 12 kW — معلمات القطع**
https://www.krrass.com/12kw-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/
ملف krrass_12kW_50um.html المحلي؛ 50 µm و100/125. حذفت خلية سرعة النحاس الأصفر 6 mm التالفة وسجلت في veri_raporu.md.

5. **KRRASS 15000W — معلمات القطع**
https://www.krrass.com/1500w-fiber-laser-cutting-machine-cutting-parameters/
وسم URL هو 1500W؛ المحتوى 15000 W وقلب 100 µm بوحدات متعددة. حفظت الوصفات البديلة للمفتاح نفسه.

6. **bestsheetmetalmachine 4000W — معلمات القطع**
https://www.bestsheetmetalmachine.com/4000w-laser-cutting-parameters/
HTML محلي يكمل صفوف Max 4 kW الناقصة. يجب التحقق من شروط الرأس والبصريات لهذه الوصفات.

7. **bestsheetmetalmachine 30000W — معلمات القطع**
https://www.bestsheetmetalmachine.com/30000w-laser-cutting-parameters/
HTML محلي؛ فولاذ كربوني ومقاوم للصدأ 30 kW. فصلت صفوف الألومنيوم والنحاس الأصفر والنحاس ذات قدرة 20000 W إلى 20 kW. حفظت علامات التجربة ◆.

8. **Linde — إرشادات القطع بالليزر**
https://static.prd.echannel.linde.com/wcsstore/REN_Industrial_Gas_Store/Laser-cutting-advice-EN.pdf
نص محلي لتشخيص السرعة والغاز والفوهة والمسافة والمادة والبصريات. لم تنقل ملاحظات مرايا/هيليوم $CO_2$ كتعليمات لأنظمة فايبر.; نص دون اتصال: kaynak_veri/linde_laser_cutting_advice.txt؛ العنوان من brief_A.md ولم يتحقق عبر الشبكة. لنقاء الغاز والتدفق/الضغط والتمركز والسطح والخبث والاحتراق. 100 ppm و0.1% تلوث $O_2$ في $N_2$. تعليمات مرايا وهيليوم واستقطاب $CO_2$ ليست لصيانة فايبر.

9. **دليل مستخدم FSCUT1000S**
https://purelogic.ru/docs/termicheskaya_rezka/controller-FSCUT1000S_user_manual_en.pdf
مرجع قدمه المستخدم؛ لا نسخة محلية كاملة، لذا لم تتحقق اقتباسات الصفحات والقوائم. اتبع دليل إصدار التحكم/BCS100 الفعلي للرجوع المرجعي والرسم والمعايرة.

10. **DOKTEK — الدليل التركي النموذجي v2، تشخيص الخبث 9.2**
ornek_tr.html
مستند محلي؛ نقل 9.2 إلى 13.2 مع آثار الخطوط وميل الحافة وأخطاء الأبعاد. حفظ تغيير متغير واحد وخطوات التجربة الصغيرة؛ لم تنسخ جداول السرعة.; تسلسل الفحص وبنية steps/pill للفصل 17.1؛ تحديث مرجع اختبار البؤرة إلى الفصل 11. حذفت التغيرات الرقمية ونقاء الغاز ومدى الحرارة في العينة. التمركز بطريقة اختبار المصنع المحمية.

11. **DOKTEK — الدليل التركي النموذجي v1، المجلفن والبؤرة**
ornek_tr_v1.html
مستند محلي؛ تحذيرات دخان الزنك وتلوث النافذة الواقية وعدم استخدام $O_2$ إلى 10.3؛ مخطط البؤرة +/0/– إلى 11.1. لم تنقل جداول السرعة والغاز الرقمية.

12. **DOKTEK — موجز العمل B وقواعد الكتابة المشتركة**
brief_B.md
نطاق محلي مع KILAVUZ_YAZIM_KURALLARI.md: التعشيق والبرامج والتقنيات ونقاء الغاز وتجهيز الهواء و50/100 µm والارتفاع وتردد/دورة الثقب. ليست وصفات معتمدة للماكينة. تحقق من إصدار البرنامج والترخيص ومعالج الإخراج.

13. **العمل C — المعلومات المتحققة ونطاق الفصول**
brief_C.md
ملخص تحقق محلي قدمه المستخدم للفصول 14–17 والملاحق. لم تستخدم الشبكة أو تفتح وثائق المصنع عبرها. لم تستنتج مسارات القوائم أو رموز الإنذار أو قدرات الطرازات.

14. **Maxphotonics MFSC-500–6000 W — بيانات قطع محلية**
kaynak_veri/max_mfsc_500-6000W.txt
راجعت شروط قلب الليف والبصريات في النص المحلي. البيانات مرجعية عند اختلاف التجهيزات والبيئة. لم تنقل معلمات رقمية هنا؛ استخدم الفصل 9.

15. **DOKTEK قواعد الكتابة والتقنية المشتركة — TR، الإصدار 1.0**
KILAVUZ_YAZIM_KURALLARI.md
مرجع محلي للمصطلحات التركية والإجراءات وأجزاء HTML وترقيم الفصول ومواضع الصور والشاشات. مدد الصيانة تقديرات للتخطيط ولا تحل محل تعليمات الطراز.