
ABS, PETG, ASA, PA, TPU, PC, أو PC-ABS:
أي مادّة تختار لقطعتك؟
دليل مقارنٌ لموادّ الطباعة الثّلاثية الأبعاد FDM:
القوّة، درجة الحرارة، المرونة، البيئة، والتكلفة
UV
48°C
مرآة جانبية - ASA
ASA
صندوق محرك -
PC-ABS
صندوق تروس -
PA
أختام -
TPU
مقاومة العوامل
الجوّيّة
PETG
ABS
ASA
PA
PC-ABS
PC
TPU
PETG
المرونة
القوة القوّة
الميكانيكية
HDT
التكلفة النسبية
تأثير البيئة
حدد الوظيفة، لا الفلامينت.
الحل الاحترافي في الجزائر عبر ON3D.

الفهرس

ملخص سريع ومسرد 3

جدول مقارنة المواد 4

1 – PETG: الخيار متعدد الاستعمالات للقطع الوظيفية 5

2 – ABS: الخيار الكلاسيكي للقطع التقنية 6

3 – ASA: ABS المصمَّم للاستعمال الخارجي 6

4 – PA / Nylon: حين يجب على القطعة أن تعمل فعلًا 7

5 – TPU: حين يصبح التشوّه وظيفة 8

6 – PC: حين تصبح المتانة والحرارة أولوية 9

7 – PC-ABS: مقايضة ممتازة بين ABS و PC 10

الحرارة: احذر من الأرقام 10

أيّ مادة نختار؟ الطريقة السريعة 12

وماذا عن التكلفة؟ 12

الخلاصة: الانطلاق من الوظيفة لا من الخيط 13

هل تحتاج مساعدة في اختيار المادة؟ 14

اختيار مادة الطباعة ثلاثية الأبعاد لا يعني البحث ببساطة عن «البلاستيك الأكثر صلابة».

حامل مستشعر مثبّت في مصنع، أو ترس، أو غطاء موضوع داخل مركبة، أو قطعة معرّضة للشمس، أو مصدّ مخصّص لامتصاص الاهتزازات: كلٌّ منها يخضع لقيود مختلفة. يجب اختيار المادة بحسب **الوظيفة الحقيقية للقطعة وبيئة استعمالها**.

وهذا السؤال يكتسي أهمية خاصة في الجزائر. فقد تتعرض القطعة لدرجات حرارة مرتفعة، وللإشعاع الشمسي، وللغبار، وللزيوت، وللاهتزازات، أو تعمل بالقرب من محرك أو ضاغط أو معدّات صناعية ساخنة.

وفي مجال الصيانة، ينبغي أيضًا مراعاة عامل آخر: **مدى توفر القطعة الأصلية**. فحين تتطلب قطعة الغيار عدة أسابيع للتوريد أو لم تعد تُصنَّع، يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أن تنتج بسرعة بديلًا وظيفيًا. لكن يبقى اختيار البوليمر المناسب شرطًا أساسيًا.

ومن بين مواد FDM المثيرة للاهتمام بشكل خاص للقطع التقنية اليوم: **PETG و ABS و ASA و PA/Nylon و TPU والبولي كربونات (PC) و PC-ABS**.

باختصار: أيّ مادة لأيّ حاجة؟

قطعة متعددة الاستعمالات واقتصادية	**PETG**
قطعة ميكانيكية داخلية، صدمات + حرارة معتدلة	**ABS**
قطعة خارجية معرّضة للأشعة فوق البنفسجية / الشمس	**ASA**
الاحتكاك، التآكل، الحركات المتكررة	**PA / Nylon**
المرونة، الاهتزاز، امتصاص الصدمات	**TPU**
جساءة + مقاومة ميكانيكية + حرارة عالية	**PC**
صدمات + حرارة، مقايضة صناعية	**PC-ABS**

التفاصيل الكاملة لكل مادة في الصفحات التالية.

مسرد سريع

FDM — النمذجة بالترسيب المنصهر — تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد المستعملة هنا.

HDT — درجة حرارة الانحراف الحراري تحت الحمل — مؤشر على التحمل الحراري وليست حدًّا مطلقًا.

Tg — درجة حرارة التحول الزجاجي — المنطقة التي يتغير فيها سلوك المادة بشدة.

Vicat — درجة حرارة التليّن، تُقاس وفق طريقة اختبار معيارية.

Shore A — سلّم صلابة المواد اللينة (مثل TPU) — كلما انخفض الرقم زادت الليونة.

Warping — التواء القطعة أو ارتفاع أطرافها أثناء الطباعة بسبب الانكماش الحراري.

جدول مقارنة المواد

> **مهم:** القيم الواردة أدناه هي **أوامر قدر** مستخلصة من الأوراق التقنية لدرجات تجارية موثّقة. ولا ينبغي اعتبارها صالحة عالميًا لجميع الخيوط التي تحمل الاسم نفسه.

الخاصية	PETG	ABS	ASA	PA / Nylon	TPU 95A	PC	PC-ABS
سهولة الطباعة	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★☆☆☆	★★★★☆☆	★★☆☆☆	★★☆☆☆
الجساءة	جيدة	جيدة	جيدة إلى عالية	جيدة، تتفاوت حسب الدرجة	منخفضة جدًا	**عالية جدًا**	عالية جدًا
المقاومة الميكانيكية	جيدة	جيدة إلى جيدة جدًا	جيدة إلى جيدة جدًا	**جيدة جدًا**	جيدة في الشد، لكنها مادة لينة	**ممتازة**	جيدة جدًا إلى ممتازة
مقاومة الصدمات	جيدة	جيدة جدًا	جيدة إلى جيدة جدًا	جيدة جدًا	**ممتازة**	**ممتازة**	**ممتازة**
التآكل / الاحتكاك	متوسطة	متوسطة	متوسطة	**ممتازة**	جيدة جدًا	جيدة	جيدة
HDT التقريبية	≈ 64–78 °C	≈ 98–100 °C؛ حتى ≈ 104 °C في بعض درجات HT	≈ 100–103 °C	≈ 70–111 °C لبعض أنواع PA غير المدعَّمة؛ حتى ≈ 155 °C مع بعض أنواع PA المقوّاة بألياف الكربون	تعتمد بشدة على الدرجة؛ HDT أقل أهمية بالنسبة للإيلاستومر	≈ 107–111 °C	≈ 106–112 °C
مقاومة الأشعة فوق البنفسجية	متوسطة	ضعيفة	**ممتازة**	ضعيفة إلى متوسطة	تختلف حسب التركيبة	ضعيفة إلى متوسطة	ضعيفة إلى متوسطة
مقاومة الرطوبة	جيدة	جيدة	جيدة	**ضعيفة: شديدة الاسترطاب**	متوسطة	متوسطة	متوسطة
الاستعمال الخارجي	ممكن	غير موصى به على المدى الطويل	**ممتاز**	يُنصح بدرجة مناسبة	يُنصح بدرجة مقاومة للأشعة فوق البنفسجية	يُنصح بدرجة مثبّتة	يُنصح بدرجة مثبّتة
الزيوت / الشحوم	جيدة في بعض الدرجات	جيدة في بعض الدرجات	جيدة	**جيدة**	جيدة حسب التركيبة	جيدة في بعض الدرجات	جيدة في بعض الدرجات
المرونة	ضعيفة	ضعيفة	ضعيفة	ضعيفة إلى متوسطة	**عالية جدًا**	منخفضة جدًا	ضعيفة
الالتواء (Warping)	ضعيف	مرتفع	متوسط إلى مرتفع	متوسط إلى مرتفع	ضعيف جدًا	**مرتفع**	**مرتفع**
الحجرة المغلقة	ليست ضرورية	موصى بها	موصى بها	موصى بها	غير ضرورية عمومًا	**موصى بها بشدة**	**موصى بها بشدة**
التجفيف	موصى به عند وجود رطوبة	مفيد	موصى به	**ضروري**	موصى به	**موصى به بشدة**	**موصى به بشدة**
حرارة الفوهة التقريبية	≈ 230–260 °C	≈ 240–265 °C	≈ 230–260 °C	≈ 250–300 °C حسب الدرجة	≈ 210–250 °C	≈ 260–290 °C	≈ 250–270 °C

الخاصية	PETG	ABS	ASA	PA / Nylon	TPU 95A	PC	PC-ABS
حرارة سرير الطباعة التقريبية	≈ 70–90 °C	≈ 90–100 °C	≈ 75–95 °C	≈ 50–90 °C حسب الدرجة	≈ 25–60 °C	≈ 90–110 °C	≈ 90–105 °C
التكلفة النسبية	€€	€€	€€€–€€	€€€	€€€	€€€€	€€€€–€€€
التطبيقات النموذجية	حوامل، فلنجات، علب، نماذج أولية	أغطية، حوامل ميكانيكية	استعمال خارجي، سيارات، علب	تروس، موجّهات، مزالق	مصدّات، واقيات، امتصاص الاهتزاز	قطع ميكانيكية وحرارية عالية المتطلبات	أغطية تقنية، صدمات + حرارة

حول HDT

HDT – Heat Deflection Temperature هي درجة حرارة الانحراف الحراري تحت الحمل. وهي لا تمثل درجة حرارة استعمال قصوى مضمونة.

قد تكون للدرجتين من المادة نفسها قيم مختلفة بشكل ملحوظ. فالتركيبة والإضافات والرطوبة واتجاه الطباعة والتلدين عند إجرائه وطريقة الاختبار كلها تؤثر في النتيجة.

---

1 – PETG: الخيار متعدد الاستعمالات للقطع الوظيفية

PETG – بولي إيثيلين تيريفثاليت المعدَّل بالغليكول – غالبًا ما يكون نقطة انطلاق ممتازة لقطعة وظيفية.

فهو يجمع بين متانة ميكانيكية جيدة، والتصاق جيد بين الطبقات، وميل ضعيف إلى الالتواء، وسهولة نسبية في المعالجة.

وهو مفيد بشكل خاص لـ **الحوامل والفلنجات والعلب والواقيات والموجّهات والنماذج الأولية الوظيفية والقطع الميكانيكية المعرَّضة لإجهادات معتدلة**.

وبحسب الدرجات التجارية، تتراوح HDT لـ PETG عمومًا حول **64 إلى 78 °C**. وهذا التفاوت يبيّن أن اسم عائلة المادة وحده لا يكفي لوصف القطعة.

متى نختار PETG؟

يكون PETG مناسبًا خصوصًا حين يجب أن تكون القطعة وظيفية دون أن تتعرض لحرارة مرتفعة جدًا أو احتكاك كبير أو إجهادات ميكانيكية قاسية.

ففي ورشة صناعية جزائرية، يمكن مثلًا أن يناسب تمامًا حامل مستشعر أو واقي موصّل أو فلنجة أو موجّهًا ثابتًا.

أما إذا كانت القطعة داخل مركبة مغلقة تحت الشمس، أو قرب محرك، أو في آلة تولّد حرارة كبيرة، فيجب النظر في ABS أو ASA أو PC-ABS أو PC.

الخلاصة: PETG = تعدد الاستعمالات، وسهولة الطباعة، وتكلفة مضبوطة.

---

2 – ABS: الخيار الكلاسيكي للقطع التقنية

ABS – أكريلونيتريل بوتادايين ستايرين – مستعمل منذ زمن طويل في الصناعة وفي قطاع السيارات.

يوفّر توازنًا جيدًا بين الجساءة والمتانة ومقاومة الصدمات والمقاومة الحرارية والتكلفة.

وفي الدرجات التقنية التجارية، نجد عادةً HDT قريبة من **98 إلى 100 °C**، بينما تتجاوز بعض التركيبات المقاومة للحرارة العالية 100 °C بقليل.

فمثلًا، تعلن eSUN بخصوص **ABS-HT** درجة انحراف حراري مقاسة تبلغ نحو **104.4 °C** ، مع مقاومة شد تبلغ نحو **46 MPa في الاتجاه XY**. كما توصي الشركة المصنّعة بحجرة مغلقة لهذه الدرجة.

وهذا يوضح نقطة مهمة: **ABS القياسي و ABS المقاوم للحرارة العالية ليسا المنتج نفسه تمامًا**.

ومع ذلك يظل ABS أصعب في الطباعة من PETG بسبب انكماشه الحراري. فقد تلتوي القطعة الطويلة أو الضخمة إذا لم تكن حرارة بيئة الطباعة مستقرة بما يكفي.

الخلاصة: ABS = مقايضة جيدة بين المتانة والصدمات والحرارة، خصوصًا في الاستعمال الداخلي.

---

3 – ASA: ABS المصمَّم للاستعمال الخارجي

ASA – أكريلونيتريل ستايرين أكريلات – كثيرًا ما يُقارن بـ ABS، لكن له ميزة حاسمة: **مقاومته للأشعة فوق البنفسجية وللعوامل الجوية**.

وهذا ما يجعله مناسبًا بشكل خاص للقطع المخصَّصة للبقاء في الخارج لفترة طويلة.

وتُظهر درجات ASA التجارية HDT حول **100 إلى 103 °C**، مع أداء جيد أمام التقادم الخارجي.

فمثلًا، تصف eSUN مادتها **ASA+** بأنها أنسب من ABS للتعرض للأشعة فوق البنفسجية وللظروف الجوية القاسية، مع احتفاظ أفضل باللون وبالخصائص الميكانيكية عند التعرض المطوّل للشمس.

لماذا ASA مثير للاهتمام بشكل خاص في الجزائر

بالنسبة لقطعة مثبّتة في الخارج بشكل دائم، قد تصبح مقاومة الأشعة فوق البنفسجية بأهمية مقاومتها الميكانيكية نفسها.

فعلبة مستشعر، أو حامل مثبّت على سطح، أو عنصر من معدات فلاحية، أو ملحق خارجي لسيارة، أو واقي آلة، قد يتعرض للشمس يوميًا طوال عدة سنوات.

وفي هذه الحالات، **يُفضَّل ASA عمومًا على ABS**.

ومع ذلك يبقى مادة تستفيد كثيرًا من طابعة مغلقة للحد من الانكماش والتشوهات.

الخلاصة: ASA = حرارة + أشعة فوق بنفسجية + بيئة خارجية.

---

4 – PA / Nylon: حين يجب على القطعة أن تعمل فعلًا

«Nylon» أو **PA – البولي أميد** – يشير في الواقع إلى عائلة كاملة من المواد: 6PA و 66PA و 11PA و 12PA و 66/6PA و PA المقوّى بالكربون و PA المقوّى بالألياف الزجاجية وغيرها.

لذلك يستحيل إعطاء قيمة واحدة صالحة لجميع أنواع النايلون.

وتكمن ميزته الرئيسية عمومًا في جمعه بين **المتانة ومقاومة التآكل والاحتكاك المنخفض ومقاومة الكلال**.

وهذا ما يجعل PA مثيرًا للاهتمام لمكوّنات مثل:

- التروس؛
- البنيونات؛
- الموجِّهات؛
- المزالق؛
- البطانات؛
- المفصلات؛
- قطع الغيار الصناعية المعرَّضة لحركات متكررة.

وفي بعض أنواع PA غير المدعَّمة الموثَّقة، قد تتراوح HDT حول **70 إلى 111 °C** بحسب حمل الاختبار.

ومع التقوية بالألياف يمكن بلوغ مستويات أعلى بكثير. فمثلًا، تعلن eSUN بخصوص **ePA-CF**، المبني على 66/6PA مقوّى بألياف الكربون، HDT قد تصل إلى نحو **155 °C تحت 0.45 MPa**.

وهذا يبيّن لماذا لا ينبغي الاكتفاء بكتابة «Nylon: 100 °C». **الدرجة الدقيقة تغيّر كل شيء.**

النقطة الحرجة: الرطوبة

المشكلة الرئيسية في البولي أميد هي طبيعته **الاسترطابية**.

فهو يمتص رطوبة الهواء، مما قد يُضعف بشدة:

- جودة البثق؛
- حالة السطح؛
- الدقة؛
- الالتصاق بين الطبقات؛
- الخصائص الميكانيكية.

فالتجفيف إذن ليس تفصيلًا ثانويًا.

وبالنسبة لقطعة PA صناعية، فإن إدارة الخيط قبل الطباعة وأثناءها جزء لا يتجزأ من عملية التصنيع.

الخلاصة: PA = الاحتكاك والتآكل والكلال والقطع الميكانيكية الشديدة المتطلبات.

5 – TPU: حين يصبح التشوّه وظيفة

TPU – البولي يوريثان الحراري اللدن – لا ينبغي مقارنته مباشرة بالمواد الصلبة.

فقيمته تكمن تحديدًا في قدرته على التشوّه.

ويمكن استعمال TPU 95A لإنتاج:

- المصدّات؛
- الواقيات؛
- ممرات الكابلات؛
- الأسطح المانعة للانزلاق؛
- العجلات؛
- عناصر امتصاص الصدمات؛
- القطع التي تمتص الاهتزازات.

ويمكن لخيوط TPU 95A التجارية أن تُظهر استطالة عند الكسر تبلغ عدة مئات بالمئة.

فمثلًا، تُقدّم مادة **95PolyFlex TPU من Polymaker** بصلابة **A95 Shore** واستطالة عند الكسر تفوق **500%** في ظروف اختبار معيّنة.

لماذا لا نعطي TPU قيمة HDT بسيطة؟

بالنسبة لمادة إيلاستومرية، يكون مفهوم درجة حرارة الانحراف أقل بداهة: **فالمادة مصمَّمة أصلًا لكي تنثني**.

لذا من الأنفع النظر إلى:

- الدرجة الدقيقة؛
- صلابة Shore؛
- المقاومة الكيميائية؛
- السلوك مع الحرارة؛
- الانضغاط؛
- التآكل.

كما ينبغي تجنّب الاستنتاج بأن TPU مناسب تلقائيًا للمازوت أو البنزين أو الزيت الهيدروليكي. إذ يجب التحقق من التوافق مع السائل المحدَّد والدرجة المستعملة.

الخلاصة: TPU = المرونة، وامتصاص الاهتزازات والصدمات.

6 – PC: حين تصبح المتانة والحرارة أولوية

البولي كربونات – PC – من أكثر المواد التقنية أداءً المتاحة عادةً في تقنية FDM.

وهو يوفّر تركيبة جيدة جدًا من:

- الجساءة؛
- المقاومة الميكانيكية؛
- المتانة؛
- مقاومة الصدمات؛
- المقاومة الحرارية.

فمثلًا، تُظهر مادة **PolyLite PC من Polymaker** مقاومة شد قريبة من **69 MPa في الاتجاه XY**، ودرجة حرارة تحول زجاجي تبلغ نحو **113 °C**، ودرجة Vicat قريبة من **120 °C**، و HDT حول **107 إلى 111 °C** بحسب الحمل المطبّق.

وهذه الخصائص تجعله مفيدًا لـ:

- الحوامل الإنشائية؛
- العُدد والتجهيزات؛
- الأغطية المعرَّضة للحرارة؛
- القطع الميكانيكية؛
- المكوّنات العاملة في بيئة يصبح فيها PETG و ABS محدودين.

لماذا لا نستعمل PC في كل مكان؟

لأن الأداء له كلفة على مستوى التصنيع.

فالـ PC يتطلب عمومًا:

- حرارة بثق مرتفعة؛
- سرير طباعة شديد السخونة؛
- خيطًا جافًّا بشكل صحيح؛
- حجرة مستقرة؛
- تحكمًا جيدًا في الالتواء.

وبالنسبة لحامل بسيط يعمل عند درجة حرارة الغرفة، فإن اختيار PC بينما يلبّي PETG دفتر الشروط تمامًا لا يضيف بالضرورة أي فائدة.

الخلاصة: PC = جساءة عالية + مقاومة ميكانيكية + حرارة مرتفعة.

7 – PC-ABS: مقايضة ممتازة بين ABS و PC

PC-ABS هو مزيج من البولي كربونات و ABS.

والهدف هو الجمع بين جزء من المقاومة الحرارية والمتانة الخاصة بـ PC وبعض خصائص المعالجة والتشطيب الخاصة بـ ABS.

وفي **PC-ABS من Polymaker**، تبلغ HDT نحو:

- **106 °C تحت 1.8 MPa**؛
- **112 °C تحت 0.45 MPa**.

وتبلغ درجة حرارة التحول الزجاجي نحو **109 °C**.

وهذه المادة مفيدة بشكل خاص حين نريد الجمع بين:

- مقاومة الصدمات؛
- ثبات حراري جيد؛
- جساءة؛
- تشطيب جيد؛
- سلوك صناعي.

ويمكن تلخيص ذلك كما يلي:

ABS ← حين تبقى القيود معقولة.
PC-ABS ← حين تزداد الحرارة والصدمات.
PC ← حين تصبح الجساءة والأداء الحراري أولوية.

الخلاصة: PC-ABS = مقايضة صناعية ممتازة بين الصدمات والحرارة والجساءة.

الحرارة: احذر من الأرقام

ربما يكون هذا أهم جزء ينبغي فهمه عند مقارنة المواد.

فدرجة الحرارة المذكورة للفوهة **ليست** درجة الحرارة التي تتحملها القطعة.

وبديهيٌّ أن PC المطبوع عند 280 °C لا يمكنه العمل عند 280 °C.

وهناك ثلاث قيم مهمة بشكل خاص.

Tg – درجة حرارة التحول الزجاجي

تشير **Tg** إلى منطقة يبدأ فيها السلوك الميكانيكي لبوليمر غير متبلور بالتغيّر بشدة.

Vicat

تصف درجة حرارة **Vicat** تليّن المادة وفق طريقة اختبار معيارية.

HDT – درجة حرارة الانحراف الحراري تحت الحمل

تقيس **HDT** درجة الحرارة التي تتشوّه عندها عيّنة اختبار بطريقة معيّنة تحت حمل معياري.

وبالنسبة لقطعة ميكانيكية مطبوعة ثلاثية الأبعاد، تعطي HDT مؤشرًا مفيدًا، لكن **ليست درجة حرارة استعمال قصوى عامة**.

وقد تُظهر المادة نفسها قيمًا مختلفة بحسب الحمل المطبّق أثناء الاختبار.

في الجزائر، درجة حرارة المحيط لا تكفي

حين يصرّح زبون:

> «القطعة تعمل عند 40 °C كحد أقصى»

فإن هذا الرقم يحتاج إلى تحليل.

فقطعة سوداء مثبّتة تحت الشمس، أو مكوّن تحت غطاء محرك سيارة، أو داخل خزانة صناعية، أو منطقة قريبة من محرك، قد تبلغ درجات حرارة مختلفة جدًا عن حرارة الهواء الخارجي.

ولهذا قد تبرّر قطعة خارجية في الجزائر استعمال **ASA بدل ABS**، بينما قد توجّه قطعة ميكانيكية قريبة من مصدر ساخن الاختيار نحو **PC-ABS أو PC**.

ويجب اختيار المادة انطلاقًا من **الحرارة الفعلية للقطعة**، لا من حالة الطقس فقط.

المادة ليست كل شيء

قد تكون قطعة مطبوعة بـ PC أقل متانة من قطعة PETG مصمَّمة جيدًا.

لماذا؟

لأن طباعة FDM **غير متماثلة الخواص**: فالمتانة تعتمد على اتجاه الطبقات.

وفي الأوراق التقنية لمواد FDM، يُلاحظ كثيرًا فرق كبير بين الخصائص المقاسة في الاتجاه XY وفي الاتجاه Z.

لذلك قد يكون للهندسة، والاتجاه، وعدد الجدران، وحرارة الطباعة، والتحام الطبقات، والتقعيرات، والحشو، والتجفيف، أهمية توازي أهمية اختيار المادة.

وبالنسبة لقطعة ميكانيكية، فإن الاكتفاء بالسؤال:

> «أيّ خيط ينبغي استعماله؟»

غير كافٍ.

بل ينبغي أيضًا أن نسأل:

> **«كيف ينبغي تصميم هذه القطعة وطباعتها حتى تتحمل الأحمال كما يجب؟»**

أيّ مادة نختار؟ الطريقة السريعة

قطعة وظيفية متعددة الاستعمالات واقتصادية

PETG

قطعة ميكانيكية داخلية بمقاومة جيدة للحرارة وللصدمات

ABS

قطعة خارجية معرَّضة للأشعة فوق البنفسجية وللشمس

ASA

الاحتكاك أو التآكل أو الحركات المتكررة

PA / Nylon

المرونة أو الاهتزاز أو امتصاص الصدمات

TPU

الجساءة والمقاومة الميكانيكية والحرارة العالية

PC

صدمات + حرارة بمقايضة صناعية جيدة

PC-ABS

وماذا عن التكلفة؟

سعر الكيلوغرام ينبغي ألا يكون المعيار الوحيد.

فبالنسبة لقطعة صناعية، تشمل التكلفة الحقيقية أيضًا:

- زمن الآلة؛
- تجفيف الخيط؛
- خطر الفشل؛
- سرعة الطباعة؛
- المعالجة اللاحقة؛
- مدة حياة القطعة.

وفي الجزائر، يمكن لتوفر المواد محليًا واستيرادها أن يغيّرا بشدة التكلفة الحقيقية لـ PA أو PC أو PC-ABS مقارنةً بـ PETG أو ABS الأكثر شيوعًا.

وقد تكلّف قطعة رخيصة تُستبدل كل شهرين في النهاية أكثر بكثير من قطعة أنسب منذ البداية.

فالسؤال إذن ليس:

> **«أيّ خيط هو الأرخص؟»**

بل:

> **«ما هي المادة الأقل كلفة القادرة على أداء الوظيفة المطلوبة بشكل دائم؟»**

الخلاصة: الانطلاق من الوظيفة لا من الخيط

لا توجد مادة هي الأفضل على الإطلاق.

فالاختيار الصحيح يعتمد على:

- الحرارة؛
- الحمل؛
- مدة هذا الحمل؛
- الصدمات؛
- الاحتكاك؛
- الرطوبة؛
- التعرض للأشعة فوق البنفسجية؛
- المواد الكيميائية الموجودة؛
- مدة الحياة المتوقعة.

وفي الطباعة ثلاثية الأبعاد المهنية، **يُعدّ اختيار البوليمر جزءًا لا يتجزأ من تصميم القطعة**.

ولذلك يقوم نهج **D Lab3ON** على تحليل بيئة الاستعمال الحقيقية قبل اختيار المادة، ثم تكييف الهندسة واتجاه الطباعة ومعاملات التصنيع.

وهذا النهج مهم بشكل خاص في **النمذجة الأولية الوظيفية والعُدد والتجهيزات وقطع الغيار الصناعية**، حيث لا يكفي أن تُطبع قطعة «تشبه الأصلية»: بل يجب قبل كل شيء أن تكون قادرة على أداء وظيفتها كما ينبغي.

هل تحتاج مساعدة في اختيار المادة؟

يحلّل فريق D Lab3ON قطعتك وبيئة استعمالها، ثم يوصيك بالمادة ومعاملات الطباعة المناسبة.

واتساب: 0557 08 83 67

البريد الإلكتروني: oran.impression3d@gmail.com

الموقع: on3d-lab.pro — **وهران، الجزائر**

امسح الرمز
لطلب عرض سعر

المراجع التقنية

Polymaker — الصين

شركة مصنِّعة لمواد الطباعة ثلاثية الأبعاد، مقرها في تشانغشو بالصين.

- PolyLite PETG — Technical Data Sheet
- PolyLite ABS — Technical Data Sheet
- Polymaker ASA — Technical Data Sheet
- PolyMide CoPA — Technical Data Sheet
- 95PolyFlex TPU
- PolyLite PC — Technical Data Sheet
- Polymaker PC-ABS

eSUN — الصين

.Shenzhen Esun Industrial Co., Ltd

- eSUN PETG
- +eSUN ASA
- eSUN ABS-HT
- eSUN Flexible Materials / TPU
- eSUN Engineering Filaments

مصادر إضافية

- Prusa — Material Guide
- UltiMaker — Materials

ملاحظة منهجية

قد تختلف خصائص القطعة المطبوعة بشدة بحسب:

- التركيبة الدقيقة للخيط؛
- نسبة رطوبته؛
- اتجاه الطبقات؛
- معاملات التصنيع؛
- الهندسة؛

- نسبة الحشو؛
- سماكة الجدران؛
- بيئة الاستعمال الحقيقية.

وفي التطبيقات الحرجة أو المتعلقة بالسلامة، تظل الورقة التقنية **للدرجة المستعملة فعليًا** وإجراء اختبارات على القطعة النهائية أمرين ضروريين.

عن D Lab3ON

تواكب **D Lab3ON** الشركات والمهنيين في الجزائر في تصميم ونمذجة وتصنيع القطع الوظيفية والنماذج الأولية والعُدد والتجهيزات وقطع الغيار بالبوليمرات التقنية، عبر التصنيع الإضافي.

وهران، الجزائر

الموقع: d-lab.pro3https://on

ON3D Lab — وهران، الجزائر

الموقع: https://on3d-lab.pro