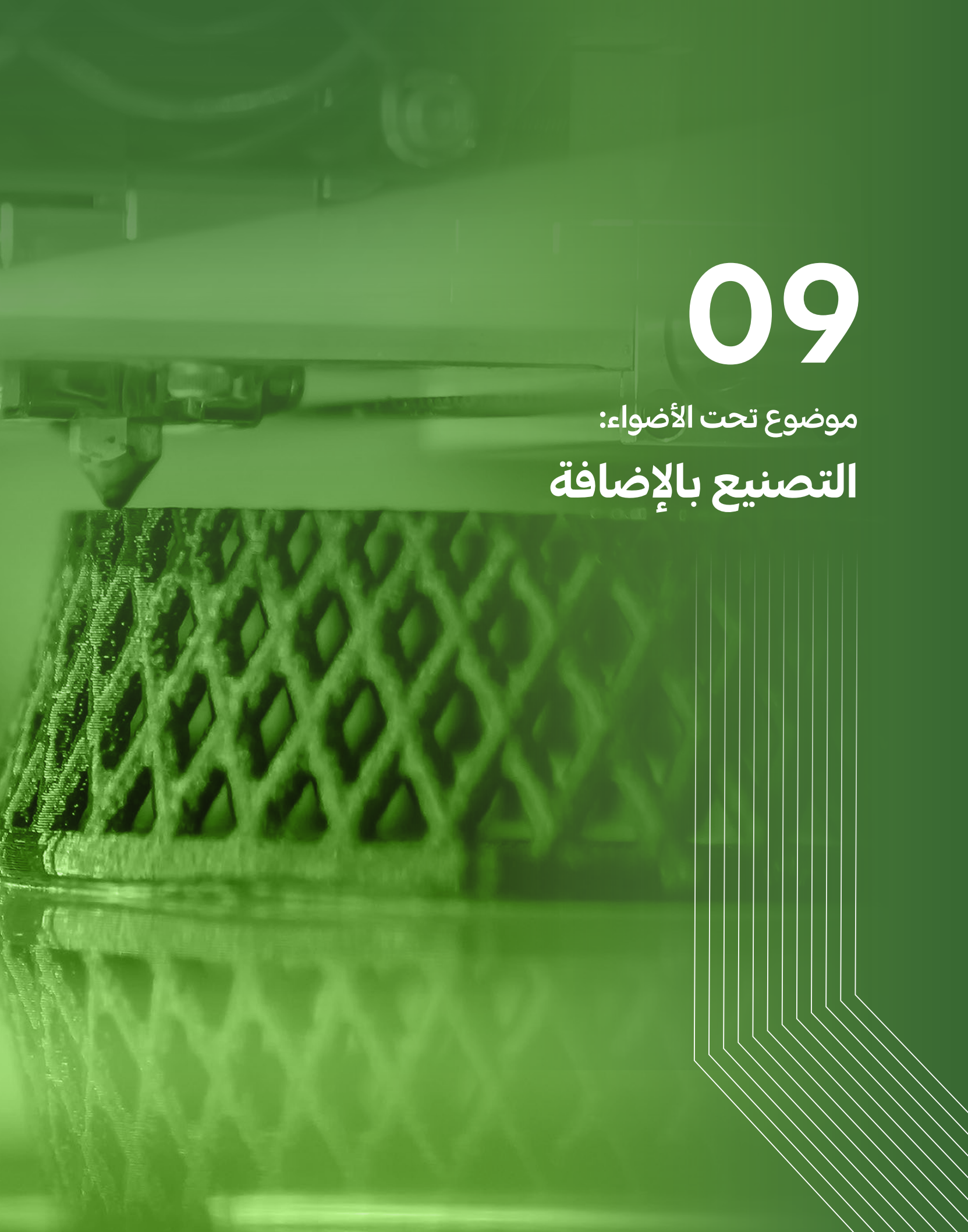
09

موضوع تحت الأضواء:

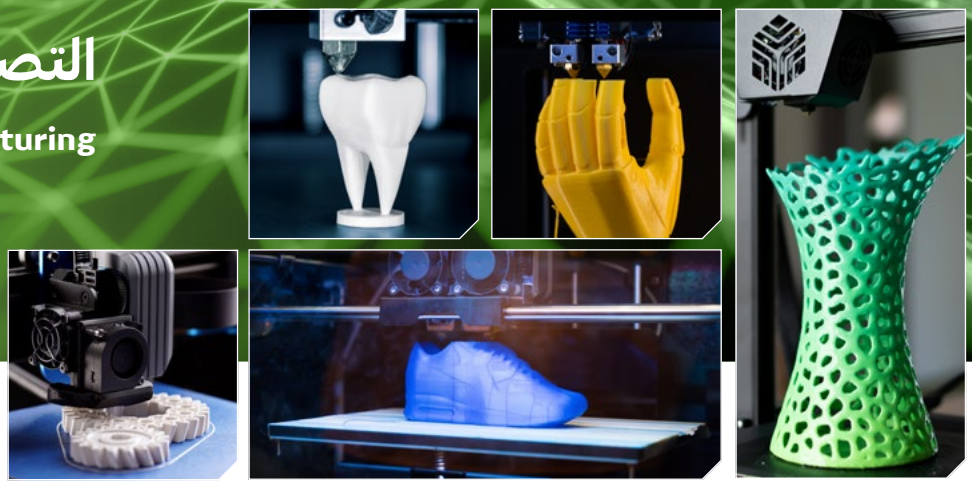
التصنيع بالإضافة



موضوع تحت الأضواء:

التصنيع بالإضافة

Additive Manufacturing



المقدمة

يُعدّ التصنيع بالإضافة إحدى التقنيات / الطرق التصنيعية المعتمدة، والتي تقوم على ابتكار أو تشكيل مجسم ثلاثي الأبعاد من خلال بنائه طبقة تلو أخرى وفق نموذج رقمي محدد، وذلك على عكس أساسيات التصنيع الطرحي، مثل التصنيع باستخدام آلة التشكيل الطرحي (CNC)، والتي تتمثل في تشكيل المنتج النهائي عن طريق النحت وإزالة المواد الخام للحصول على الشكل المطلوب. وعلى مدى العقود الأربعة الماضية تطورت هذه التقنية إلى مجموعة واسعة من التقنيات الفرعية التي سجلت تطور في السرعة والجودة والقيمة التجارية. وتسارع سوق هذه التقنية في السنوات العشر الماضية بمتوسط نمو يبلغ نسبته 24% سنوياً، حيث بلغ إجمالي حجم السوق في عام 2021م[1] 15.3 مليار دولار أمريكي. ومن المتوقع أن يصل حجمه إلى 363.6 مليار دولار أمريكي في عام 2040م مسجّلاً بذلك متوسط نمو سنوي قدره 18%[2]. حيث كان النمو دافعًا وراء الابتكار وتطور تقنيات التصنيع بالإضافة الفرعية، مما أثمر عن انضمام عدة شركات وزيادة تجزئة سوق هذه التقنية في مجالا سلسلة القيمة للتصنيع بالإضافة. والجدير بالذكر أن التصنيع بالإضافة يمكن أن يُصَنف إلى أربعة أقسام أساسية وهي: المواد والمعدات والخدمات والبرمجيات والتي تم تصنيفها وفقاً لاستخدامها الصناعي، ويُركز هذا التقرير على هذه الأقسام الأربعة الرئيسية.

التاريخ

يعود اكتشاف أول نظام للتصنيع بالإضافة إلى الدكتور "هيديو كوداما" في ثمانينيات القرن الماضي، ثم انطلقت مجالات التصنيع بالإضافة، وتفرع إلى عدة أنواع مختلفة من التقنيات. في عام 1984م، حصل "تشارلز هال" على براءة اختراع كأول تقنية طباعة ثلاثية الأبعاد تُعرف باسم SLA، مما ساهم في الانتشار التجاري للطباعة ثلاثية الأبعاد عند المصنعين. وبعد إصدار أول طابعة ثلاثية الأبعاد في أوائل التسعينيات، بدأ الخبراء في البحث عن طرق وتقنيات جديدة مثل SLS و SLM.

(1) المصدر: تقرير وبلر 2022
(2) المصدر: دراسة التصنيع بالإضافة، McKinsey & Co 2022

العرض والطلب العالمي

الحصة السوقية لسلاسل التوريد العالمية للتصنيع بالإضافة:

%17 المواد

%22 المعدات

%54 الخدمات

%7 البرمجيات

بالرغم من أن معظم المصنعين لا يزالون يركزون على استخدام هذه التقنية في تصنيع النماذج الأولية، إلا أن أكثر من 18% من الشركات العالمية تستخدم تقنية التصنيع بالإضافة كمنتجات نهائية [3]، وهذا دليل على أن الشركات الصناعية أصبحت تصنفها على أنها تقنية ناضجة.

ويستخدم التصنيع بالإضافة حالياً في خمسة قطاعات رئيسة وهي: الرعاية الصحية والطيران والمنتجات الاستهلاكية والطاقة وصناعة المركبات، حيث إن التركيز في الوقت الراهن يكمن في هذه المجالات مع العديد من التطبيقات المستخدمة حالياً. ومن المتوقع أن تبدأ مرحلة التوسع التجاري لتقنية التصنيع بالإضافة في السنوات القادمة، ويعتقد الخبراء أن يتزايد النمو ليصل إلى الاستقرار الإنتاجي بحلول عام 2040م.

تلعب الشركات العالمية دوراً رئيسياً في سلاسل الإمداد لتقنية التصنيع بالإضافة، من خلال توريد المواد (بنسبة 17% من حصة السوق) والمعدات (بنسبة 22 % من حصة السوق) والخدمات (بنسبة 54 % من حصة السوق) والبرمجيات (بنسبة 7% من حصة السوق)[4]. معظم الشركات الرئيسية تُغطي عدة عناصر للتوريد، والتوجه الحالي يركّز على زيادة تعزيز العروض المتكاملة لامتلاك حصة أكبر في السوق، وللتماشي مع الطلب المتوقع في 2040م، ومن المهم التركيز على تقليل تكلفة المنتجات النهائية ورفع جودتها.

وصف	مواد	معدات	خدمات	برمجة	المجموع
الطلب (مليار دولار أمريكي)	58.2	64.4	205.8	21.6	350
العرض (مليار دولار أمريكي)	60.5	66.9	213.8	22.4	363.6
الفجوة / الفائض (مليار دولار أمريكي)	2.3	2.5	8.0	0.8	13.6
النمو (P.A)	%18	%17	%19	%18	%18

المعدات

من المتوقع أن يكون نمو المعدات 17% بمعدل النمو السنوي المركب[4]، بقاعدة عملاء جدد أقل من العملاء المسجلين الحاليين. ومن المتوقع أن يكون الطلب الأقوى في الآلات على المستوى الصناعي.

المواد

من المتوقع أن يبلغ نمو المواد 18% بمعدل النمو السنوي المركب[4]، وانتشار المُنتَج النهائي على نطاق أوسع و اعتماد منتجات جديدة ذات جودة عالية تزيد من نمو السوق.

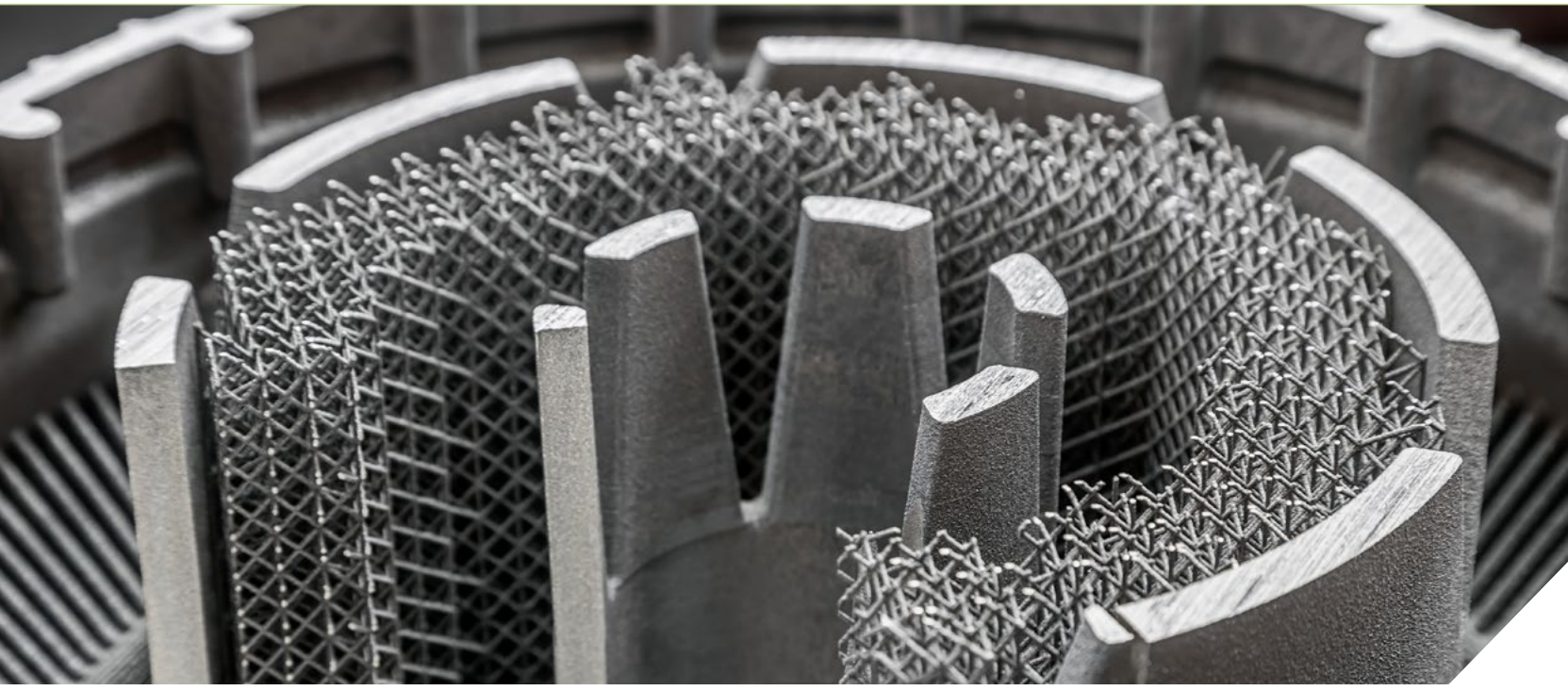
البرمجيات

من المتوقع أن يبلغ نمو البرمجيات 19% بمعدل النمو السنوي المركب[4]، بما يتوافق مع الصناعة. ومن المتوقع أن يكون النمو في عروض البرامج المتكاملة.

الخدمات

من المتوقع أن يبلغ نمو الخدمات 18% بمعدل نمو سنوي مركب[4]، ونمو في الإنتاج النهائي على نطاق أوسع والاعتماد على موردين لهذه الخدمات تجنباً للنفقات الرأسمالية.

(3) المصدر: استناداً إلى استبيانات 900 شركة أجرتها McKinsey & Co لعام 2019
(4) المصدر: Markets and Markets، تقرير ويلر، 2022



مستقبل الصناعة بالإضافة في السعودية

رؤيـــة VISION 2030
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

تماشـياً مع رؤية السـعودية 2030، واسـتراتيجية الصناعة الوطنية (NIS) [5] وأهداف البرنامج الوطنـي للتنميـة الصناعية والخدمـات اللوجسـتية (NIDLP)، تهـدف وزارة الصناعـة والثروة المعدنية (MIM) إلى تطوير نظام بيئـي للتصنيع بالإضافة (AM) لتمكين القطاع الخاص من خلق فرص إضافية في المملكة لضمان نمو السوق المحلي.

يركز سـوق التوريد في المملكة بشـكل كبير على مزودي الخدمات، مع وجود شركات محدودة لتوريد المواد والمعدات، كما أن لدى المملكة فرصة كبيرة لتوسـيع سلسـلة القيمة لتزويد كل من الأسواق المحلية والعالمية والاستفادة من الفرص في قطاع الخدمات.

(5) المصدر: استراتيجية الصناعة الوطنية، 2023، صفحة 43

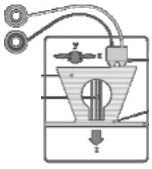
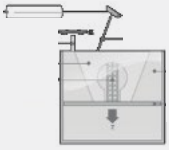
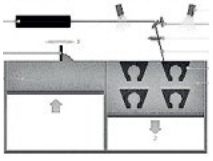
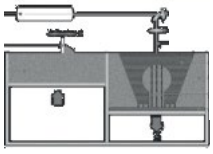
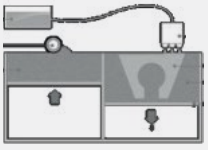
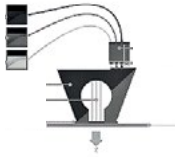
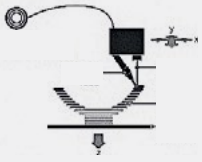
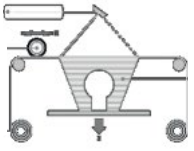
الأنواع والعمليات

يمكن تصنيف التصنيع بالإضافة إلى سبع عمليات/طرق تصنيعية , وارتكز هذا التصنيف على أساس المادة المطبوعة إما سائلة أو مسحوقة أو خيوط متصلة.

يتمثل اختيار العملية الصحيحة في توافق مزايا وعيوب كل تقنية مع متطلبات الاستخدام الأكثر أهمية. وسيُقلل الاستخدام الصحيح لتقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد المتاحة من مخاطر التصميم، وفي النهاية سيُقدّم منتجات ذات جودة أفضل.

العملية	المصطلح المتداول	نوع المادة	بوليمر	معدن
البثق Extrusion	FFF, FDM, BMD	خيوط، قضيب معدني، منصات نقالة	✓	✓
البلمرة الضوئية Photopolymerization	SLA, DLP, CLIP	سائل	✓	✓
انصهار طبقة المسحوق (بوليمر) Powder Bed Fusion (Polymer)	SLS, HSS, MJF	مسحوق	✓	
انصهار طبقة المسحوق (معدن) Powder Bed Fusion (Metal)	SLM, DMLS, EBM	مسحوق		✓
النفث المربوط Binder Jetting	BJ, 3DP	مسحوق		✓
النفث المادي Material Jetting	MJ, Polyjet, Multijet	سائل	✓	✓
ترسيب الطاقة الموجهة Directed Energy Deposition	DED, LENS, EBAM	خيط، مسحوق		✓
التصفيح بالورق Sheet Lamination	LOM, UAM	ورق	✓	✓

المصدر: معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، مقارنة عمليات التصنيع بالإضافة، 2021

العملية	طريقة العمل	الآلة
البثق Extrusion	تُوزع المادة بشكل انتقائي عبر فوهة أو فُتحة صغيرة، حيث تُسخن عادة لتُلين المادة أو تُذيبها.	
البلمرة الضوئية Photopolymerization	يُعالج البوليمر الضوئي السائل بشكل انتقائي في حوض من خلال البلمرة الضوئية المُنشطة بالضوء.	
انصهار طبقة المسحوق (بوليمر) Powder Bed Fusion (Polymer)	تدمج الطاقة الحرارية المركزة بشكل انتقائي مناطق طبقة البوليمر المسحوق.	
انصهار طبقة المسحوق (معدن) Powder Bed Fusion (Metal)	تدمج الطاقة الحرارية المركزة بشكل انتقائي مناطق طبقة المسحوق المعدنية.	
النفث المربوط Binder Jetting	تُرسب قطرات مواد البناء بشكل انتقائي.	
النفث المادي Material Jetting	يترسب عامل الارتباط السائل بشكل انتقائي لربط مواد المسحوق، و عادة ما يعقبه التلبيد لتكثيف المسحوق المربوط.	
ترسيب الطاقة الموجهة Directed Energy Deposition	تستخدم الطاقة الحرارية المركزة لتصهر المواد بالذوبان أثناء ترسيبها.	
التصفيح بالورق Sheet Lamination	تُربط صفائح المادة لتربط طبقات متتالية من الجزء.	

المصدر: معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، مقارنة عمليات التصنيع بالإضافة، 2021

التطبيقات

تركز اسـتراتيجية الصناعة الوطنية على 12 مجموعـة تصنيع تحظى بالأولوية، حيث يمكنها أن تدعم التصنيـع بالإضافة لتُمكّن المملكة من تحقيق نجاحات إقليمية وعالمية، ويوضح الجدول التالي عدد حالات الاستخدام لكل قطاع:

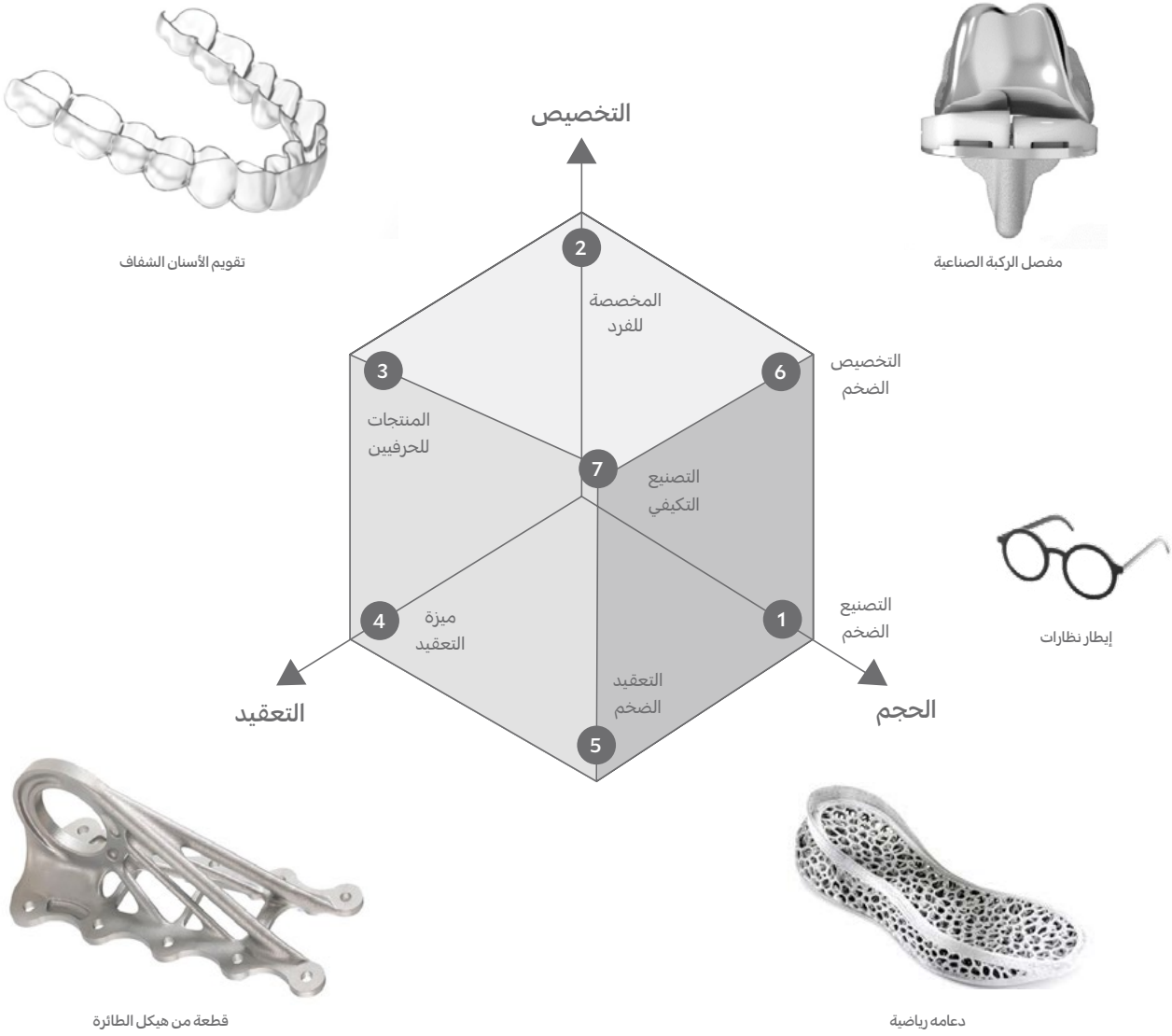
قطاع التصنيع ذو الأولوية	قطاع استراتيجية الصناعة الوطنية ذو الأولوية	حالات الاستخدام
الرعاية الصحية	الأجهزة الطبية	العظام وزراعة الجمجمة والأسنان والأطراف الصناعية
	الأدوية	عقاقير طبية مطبوعة بثلاثة أبعاد لمرض الصرع وعقاقير شخصية
الطيران	الطيران	قطع الغيار و الأدوات والمشابك والدعامات والأجزاء الداخلية
المنتجات الإستهلاكية	الأغذية	إنتاج الأغذية التقليدية والأدوات وقطع الغيار
الكهرباء والطاقة والآلات الصناعية	الكيميائيات	قطع الغيار والأدوات
	الطاقة المُتجددة	بطارية تخزين للطاقة وألواح شمسية وتوربينات الرياح
	الآلات والمعدات	قطع الغيار والأدوات
	المعادن	الفولاذ، التيتانيوم، الألمنيوم وسبائك الكروم والكوبالت
المركبات	السيارات	قطع الهيكل والديكور الداخلي والإكسسوارات
العمارة والإنشاء	مواد البناء	منازل مطبوعة بتقنية ثلاثية الأبعاد
قطاعات أخرى	البحرية	قطع الغيار
	الدفاع	أجزاء مُخصصة وقطع الغيار

المصدر: دراسة التصنيع بالإضافة، McKinsey & Co 2022

إمكانات التصنيع بالإضافة

توضـح أبعـاد التصنيع الثلاثة (الحجم والتعقيد والتخصيـص) إمكانات التصنيع بالإضافة. فيمكن أن يسـتخدم التصنيع بالإضافة في كل نقطة من النقاط الفردية الموضحة على المحاور في العديد من المراحل خلال دورة حياة المنتج.

- يشير الحجم إلى كمية المنتجات التي تُصنّع.
- يشير التعقيد إلى مستوى تعقيد المنتج.
- يشير التخصيص إلى مدى تخصيص المنتج لاحتياجات المستخدم النهائي.



المصدر: معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، إنشاء خريطة لمنتجات وخدمات التصنيع بالإضافة

التحديات

هناك تحديات مشـتركة لتبنـي التصنيع بالإضافة بين الشـركات الصناعية علـى الصعيد العالمي والتـي تتمحور حول المعرفـة والموهبة والتكلفة والموارد والمعايير.

فيما يلي نقاط رئيسية تسهم بحل تحديات تبني التصنيع بالإضافة:

- تمكين الابتكار.
- استقطاب المواهب المحلية والعالمية.
- زيادة وعي السوق في امكانيات التصنيع بالإضافة .
- تمكين تصنيع الطباعة ثلاثية الأبعاد على نطاق واسع.
- تطوير معايير التصنيع، والاختبارات، والملكية الفكرية.

المُلخص

يُعـد التصنيع بالإضافة إحـدى التقنيات/الطـرق التصنيعيـة المعتمدة، حيث يتم تشـكيل مجسـم ثلاثي الأبعاد مـن خلال بنائه طبقـة تلو أخرى وفـق نموذج رقمي محدد على عكس أساسـيات التصنيـع الطرحي. وقد ازداد تسـارع نمو سـوق التصنيع بالإضافة خلال السنوات العشر الماضية بمعدل يبلغ 24 % سـنوياً وبإجمالي حجم السـوق يصـل إلى 15.3 مليار دولار أمريكـي فـي عـام 2021م. ومن المتوقـع أن ينمو سـوق التصنيع بالإضافة حتى عام 2040م بمتوسط 18% سنوياً.

إن سلسـلة التوريـد العالمية للتصنيـع بالإضافة تتضمن الشـركات التي تزود المـواد والمعدات والخدمـات والبرمجيات. ويركز سـوق المملكة على مزودي الخدمـات بتوافر موردي مواد البوليمـر والمعدات. كما أن لديهـا فرصة كبيرة لتوسـيع توريد سلسـلة القيمة إلى الأسـواق المحلية والعالمية. ويمكن تصنيف تقنية التصنيع بالإضافة إلى مجموعة مختلفة من الأنواع والعمليات والمواد ومصنعي المعدات، حيث تُسـتخدم في قطاعـات الرعاية الصحيـة والطيـران والمنتجات الاسـتهلاكية، وكذلك النفـط والغـاز والطاقـة وصناعـة المركبات، وقـد يواجه تبنـي التصنيع بالإضافة بعض التحديات التي تتمحور حول المعرفه والموهبة والتكلفة والموارد والمعايير.