

# FABRICAȚIA ADITIVĂ: VA DEVENI CHINA FABRICA DE IMPRIMARE 3D A LUMII ÎN VIITORUL APROPIAT?

## ADDITIVE MANUFACTURING: WILL CHINA BECOME THE 3D PRINTING FACTORY OF THE WORLD IN THE NEAR FUTURE?

Răzvan Voinescu\*

*Institutul de Economie Mondială – Academia Română, București, România*

### Rezumat

*Fabricația aditivă – sau imprimarea tridimensională (3D) – desemnează un grup de tehnologii caracterizate de o tendință de maturizare accelerată, care permit crearea de obiecte tridimensionale bazate pe modele digitale, prin aplicarea succesivă și integrarea unor straturi de diverse materiale, tradiționale și inovative, de la metale, polimeri și ceramici, și până la grafen și alte nanomateriale și compozite. Tehnologiile au aplicabilitate în diverse ramuri de activitate economică, de la producția de bunuri de consum, la producția de piese pentru automobile și aparate de zbor, arhitectură și construcții, și până la servicii și dispozitive medicale, sau activități de cercetare și apărare. La nivel mondial, piața producției aditive, care include echipamentele, materialele, respectiv imprimarea 3D ca serviciu, precum și aplicațiile acestora pentru prototipare și producție rapidă, a fost evaluată la 15,4 miliarde de USD în anul 2020, proiecțiile existente reflectând o cvadruplare a valorii acesteia, până la 61,1 miliarde de USD, în 2027. Până la aceeași dată, China – actuala „fabrică a lumii” – se estimează că va ajunge să dețină o cotă semnificativă dar de mai mică de o pătrime din piață globală – 14,5 miliarde de USD –, pe fondul unor decalaje dificil de recuperat.*

**Cuvinte-cheie:** fabricație aditivă, imprimare 3D, China

**Clasificarea JEL:** O14, O33, O53, L10, L60

### Abstract

*Additive manufacturing - or three-dimensional (3D) printing - refers to a group of technologies characterised by an accelerating maturation trend, which allow the creation of three-dimensional objects based on digital models, by sequentially applying and integrating layers of various traditional and innovative materials, from metals, polymers and ceramics, to graphene and other nanomaterials and composites. The technologies have applications in a variety of industries, from consumer goods production, automotive and aircraft parts, architecture and construction, to medical services and devices, or research and defence. Globally, the additive manufacturing market, which includes equipment, materials and 3D printing as a service, as well as their applications for prototyping and rapid manufacturing, has been valued at USD 15.4 billion in 2020, with existing projections reflecting a four-fold increase to USD 61.1 billion in 2027. By the same date, China – the current 'factory of the world' – is projected to have a significant but less than one-quarter share of the global market – USD14.5 billion – against the backdrop of existing gaps difficult to narrow down.*

**Key words:** additive manufacturing, 3D printing, China

**JEL Classification:** O14, O33, O53, L10, L60

---

\* Autor de corespondență: Răzvan Voinescu, email: [razvanvoinescu@gmail.com](mailto:razvanvoinescu@gmail.com).

## 1. Fabricația aditivă. Concept, istoric, tehnologii și aplicații

### *Conceptul de fabricație aditivă*

Principiul de bază al tehnologiilor de fabricație aditivă este acela că un model tridimensional (3D) generat prin proiectare asistată de calculator (*engl. Computer-aided design, CAD*) este utilizat direct pentru a fabrica un obiect tridimensional, prin adăugarea succesivă de straturi de material și fuzionarea acestora (Engineering Product Design, 2017-2021).

Deși inițial metoda purta în mod uzual denumirea de prototipare rapidă în contextul dezvoltării de produse, în ultimii ani au fost înregistrate progrese imense în dezvoltarea acestor tehnologii care au realizat tranziția de la fabricarea de prototipuri la cea de piese gata-de-producție. Termenul de imprimare 3D este, de asemenea, utilizat pe scară largă pentru aceste tehnologii și a fost creat de către *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*<sup>1</sup> din SUA pentru fabricarea aditivă bazată pe principiul imprimării cu jet de cerneală, inventat în anii '90. Prin urmare, acești termeni nu descriu în mod eficient progresele tehnologice mai recente din acest sector.

Un comitet tehnic din cadrul *ASTM International*<sup>2</sup> a definit în cele din urmă aceste procese de fabricație aditivă (FA) prin opoziție cu fabricarea substractivă, ca referindu-se, în mod corespunzător, la tehnologiile de construcție a obiectelor 3D prin adăugarea de material. Conform standardului ISO/ASTM 52900-2015<sup>3</sup>, eticheta de fabricație aditivă este aplicată în mod obișnuit tehnologiilor care utilizează aplicarea de straturi succesive de material pentru a crea obiecte tridimensionale. Prin utilizarea diferitelor tehnici, imprimanta construiește geometria 3D prin adăugarea succesivă a unor planuri bidimensionale (2D, în realitate foarte subțiri) (Ibid.).

### *Istoricul recent al tehnologiilor de fabricație aditivă*

Anii 2010 au reprezentat primul deceniu în care piesele metalice cu utilizare finală au început să fie imprimate (fie înainte, fie în locul prelucrării), în loc să fie prelucrate în mod obligatoriu din bare sau plăci. În această perioadă, fabricarea, ștanțarea și prelucrarea erau mai răspândite decât prelucrarea metalelor prin fabricare aditivă, dar tehnologia a început să facă progrese semnificative și, având în vedere avantajele proiectării pentru fabricarea aditivă, a devenit tot mai clar pentru ingineri că perspectivele acesteia erau mai mult decât încurajatoare.

Un domeniu în care fabricația aditivă marchează un avans semnificativ este industria aeronautică. Pe fondul creșterii numărului de pasageri în industria transporturilor aeriene de călători, a fost puternic impulsionată cererea de motoare cu reacție eficiente din punctul de vedere al consumului de combustibil și al ușurinței de a fi produse. Acest lucru i-a determinat pe marii

---

<sup>1</sup> <https://www.mit.edu/about/>.

<sup>2</sup> ASTM International, cunoscută anterior sub numele de American Society for Testing and Materials, este o organizație internațională de standardizare care dezvoltă și publică standarde tehnice consensuale implementate voluntar pentru o gamă largă de materiale, produse, sisteme și servicii (<https://www.astm.org/>).

<sup>3</sup> <https://www.iso.org/standard/69669.html>.

producători de echipamente originale (*engl. Original Equipment Manufacturer, OEM*)<sup>4</sup>, cum ar fi *Pratt and Whitney (PW)* și *General Electric (GE)*, să considere fabricația aditivă ca pe o modalitate de a reduce costurile, numărul de piese neconforme și greutatea motoarelor, pentru a crește eficiența utilizării combustibilului și de a căuta să dezvolte noi forme, foarte complexe, care nu puteau fi realizate cu metodele de fabricație tradiționale. Un exemplu de integrare a fabricației aditive în industria aerospațială a fost oferit de compania *Airbus* în 2016, căreia *GE* i-a livrat primul motor *LEAP*<sup>5</sup>. Acest motor a integrat duze de combustibil imprimate 3D, ceea ce a condus la o scădere a numărului de piese de la 20 la 1, la o reducere a greutății cu 25% și, de asemenea, la timpuri de asamblare diminuate (*GE Additive, n.d.*). Deși fabricația aditivă joacă încă un rol mic raportat la numărul total de piese din procesul de fabricare a motoarelor cu reacție, randamentul investiției poate fi deja observat prin reducerea numărului de piese, creșterea rapidă a capacității de producție și „proiectarea optimizată din punct de vedere al performanței și al costurilor” (*Han, 2017*).

Pe măsură ce tehnologia s-a maturizat, mai mulți autori au început să speculeze că imprimarea 3D ar putea contribui la dezvoltarea durabilă în țările în dezvoltare (*Ishengoma & Matho, 2014*).

În 2012, *Filabot*<sup>6</sup> a dezvoltat un sistem ce permite oricărei imprimante tridimensionale specializate să poată imprima obiecte, utilizând o gamă mai largă de materiale plastice.

În 2014, *Benjamin S. Cook* și *Manos M. Tentzeris* demonstrează capabilitățile primei platforme multi-material de fabricare aditivă, integrată vertical, pentru echipamente electronice imprimate (*engl. vertically integrated printed electronics additive manufacturing platform VIPRE*), care a permis imprimarea 3D a unor echipamente electronice funcționale (*Cook, 2014*).

Pe măsură ce prețul imprimantelor a început să scadă, utilizatorii amatori interesați de această tehnologie au dobândit acces tot mai ușor și libertate sporită de a realiza ceea ce își doreau. În 2014 prețul unei imprimante tridimensionale de birou era încă ridicat (i.e. de peste 2.000 USD), dar disponibilitatea acestor dispozitive pe piață a permis totuși amatorilor accesul la tipărirea în afara producției de masă și a metodelor industriale (*3D Insider, 2020*).

Cel mai frecvent utilizat proces de imprimare 3D (71% dintre utilizatorii industriali folosind propriile capacități în 2021) este o tehnică de extrudare a materialului denumită modelare prin depunere topită (*engl. fused deposition modeling, FDM*). Deși tehnologia FDM a fost inventată ulterior celorlalte două tehnologii mai populare, stereolitografia (*engl. stereolithography SLA*) și

---

<sup>4</sup> În mod tradițional, un producător de echipamente originale (*Original Equipment Manufacturer, OEM*) este definit ca fiind o companie ale cărei bunuri sunt utilizate ca piese componente în produsele unei alte companii, care vinde apoi produsul finit utilizatorilor. Cea de-a doua firmă este denumită revânzător cu valoare adăugată (*engl. value-added reseller VAR*) deoarece, prin dezvoltarea sau încorporarea unor noi caracteristici sau servicii, adaugă valoare produsului original. VAR lucrează îndeaproape cu OEM, care adesea personalizează modelele pe baza nevoilor și specificațiilor companiei VAR. În mod tradițional, producătorii originali de echipamente se concentrau pe vânzările către întreprinderi, în timp ce producătorii VAR comercializau bunurile către public sau către alți utilizatori finali. OEM-urile se deosebesc de producătorii de pe piața secundară, care oferă piese de schimb generice și mai ieftine decât cele ale unui OEM (<https://www.investopedia.com/terms/o/oem.asp>).

<sup>5</sup> Motorul de propulsie de vârf pentru aviație (*engl. Leading Edge Aviation Propulsion, LEAP*) este o turbosuflantă produsă de CFM International, o colaborare cu contribuții egale între *GE Aviation* din SUA și *Safran Aircraft Engines* din Franța (fosta *Snecma*). Este succesorul modelului de succes CFM56 și concurează cu *Pratt & Whitney PW1000G* la categoria motoare de propulsie pentru aeronave cu fuselaj îngust.

<sup>6</sup> <https://www.filabot.com/>.

sinterizarea selectivă cu laser (*selective laser sintering, SLS*), ea este de obicei cea mai ieftină dintre cele trei, ceea ce contribuie la gradul ridicat de răspândire al acesteia (Alsop, 2021).

*Tipuri de tehnologii, materiale și utilizări ale fabricației aditive. Avantaje și dezavantaje.*

La nivel mondial, multe companii din domeniu au inventat, introdus și dezvoltat tehnici de fabricație aditivă însă, deoarece grupul tehnologiilor din această clasă este de dată relativ recentă, companiile care introduc și dezvoltă diferite tehnologii tind să utilizeze propria terminologie de marketing pentru procese, chiar și în situațiile în care tehnologia de fabricație aditivă de bază ar putea fi comună mai multor producători (Figura 1).

**Figura 1: Fabricația aditivă: 7 procese, 7 materiale, 10 aplicații sectoriale**

7 Categoriile de procese de FA	7 Categoriile de materiale pentru FA	10 Ramuri de activitate pentru aplicații de FA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotopolimerizarea în cuvă (<i>engl. Vat Photopolymerization, VP</i>)</li> <li>• Jet de liant (<i>engl. Binder Jetting, BJ</i>)</li> <li>• Depunerea cu energie direcționată (<i>engl. Direct Energy Deposition, DED</i>)</li> <li>• Extrudare de material (<i>engl. Material Extrusion, ME</i>)</li> <li>• Jet de material (<i>engl. Material Jetting, MJ</i>)</li> <li>• Fuziunea în pat de pulbere (<i>engl. Powder Bed Fusion, PBF</i>)</li> <li>• Laminarea foilor (<i>engl. Sheet Lamination</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polimeri și produse noi din polimeri</li> <li>• Grafen și alte nanomateriale</li> <li>• Metale și pulberi metalice noi pentru fabricație aditivă</li> <li>• Materiale pentru procesele de turnare a metalelor</li> <li>• Ceramici și alte materiale</li> <li>• Materiale compozite și hibride</li> <li>• Alte materiale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automobile</li> <li>• Produse de consum</li> <li>• Industria aerospațială</li> <li>• Sectorul medical (cu excepția stomatologiei)</li> <li>• Stomatologie</li> <li>• Instituții academice</li> <li>• Energie</li> <li>• Administrație publică și apărare</li> <li>• Arhitectură și construcții</li> <li>• Alte ramuri de activitate</li> </ul>

Sursa: Sinteză a autorului după Wohlers Report 2021 (Wohlers Associates, 2021).

Conform standardului ISO/ASTM<sup>7</sup>, fabricația aditivă poate fi clasificată în șapte categorii de tehnologii sau tipuri de procese, în funcție de tehnicile utilizate pentru a crea straturile bidimensionale succesive ce contribuie la crearea obiectelor tridimensionale. Fiecare dintre categoriile de procese de fabricație aditivă utilizează preponderent anumite materiale din cele șapte categorii de materiale identificate ca fiind specifice proceselor de acest tip. În plus, până în prezent au fost dezvoltate aplicații de fabricație aditivă pentru nevoile specifice din peste 10 ramuri de activitate economică.

Ca orice fel de tehnologie de fabricație, și cele aditive prezintă avantaje și dezavantaje în utilizare (Figura 2).

<sup>7</sup> <https://www.iso.org/standard/69669.html>.

**Figura 2: Avantajele și dezavantajele tehnologiilor de fabricație aditivă**

<p><b>Avantajele FA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrii 3D complexe cu caracteristici interne pot fi tipărite fără a fi necesară utilizarea unor alte scule de prelucrare</li> <li>• Este posibilă reducerea deșeurilor, în comparație cu prelucrarea mecanică</li> <li>• Piesa poate fi imprimată direct utilizând modelul digital 3D, fără a fi nevoie de un desen</li> <li>• Prototipurile pot fi realizate mai repede, permițând proiectanților să verifice diferite iterații, ceea ce duce la o fază mai rapidă a ciclului de proiectare</li> <li>• Sunt necesare mai puține scule de prelucrare pentru loturi mai mici, în comparație cu prelucrarea tradițională</li> <li>• Se pot imprima scule de fabricație</li> <li>• Diferite materiale pot fi amestecate în timpul procesului de imprimare pentru a crea un aliaj unic</li> <li>• Secțiuni diferite ale piesei pot fi obținute din variante diferite ale aceluiași aliaj</li> </ul>
<p><b>Dezavantajele FA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deoarece tehnologiile se află încă „la vârsta copilăriei”, procesul de construcție este lent și costisitor.</li> <li>• Costurile de producție sunt ridicate din cauza costului echipamentelor.</li> <li>• Produsele obținute prin fabricație aditivă pot necesita diverse prelucrări și finisări ulterioare, în funcție de tipul de fabricație utilizat.</li> <li>• Volumul de construcție (fabricație) este mic în comparație cu alte tipuri de fabricație de piese, cum ar fi turnarea în nisip.</li> <li>• Unele produse au proprietăți mecanice slabe și, prin urmare, este nevoie de postprocesare.</li> <li>• Finisajul și textura suprafețelor obiectelor produse prin fabricație aditivă sunt încă de calitate scăzută</li> </ul>

Sursa: Prezentare sintetică a autorului după (Engineering Product Design, 2017-2021).

## 2. Fabricația aditivă în China: perspective de creștere pornind de la un nivel scăzut de dezvoltare tehnologică

Fabricația aditivă – înglobând ansamblul de tehnologii care permit construcția de obiecte tridimensionale pornind de la modele proiectate computerizat – a apărut în Occident cu câteva decenii în urmă. Doar recent însă, începând cu noul mileniu, producătorii multinaționali de echipamente de FA au început să intre pe piața chineză. La acel moment, vizau prioritar extinderea propriilor rețele comerciale în China cu scopul simplu de a vinde cât mai multe echipamente posibil, a-și majora încasările din vânzări și a-și consolida pozițiile pe o piață globală în expansiune. Ce aveau să constate producătorii occidentali, însă – relativ rapid – era că mulți dintre clienții industriali chinezi potențiali nu erau dispuși să adopte tehnologia, în parte din cauza costului ridicat al materialelor, cum ar fi pulberile metalice, rășinile și filamentele necesare pentru FA, dar și din cauza unei reticențe mai generale față de schimbarea metodelor chineze de producție.

Potrivit unui raport recent, chiar și în 2020 rata de penetrare a tehnologiilor de FA în China era relativ scăzută în comparație cu piețele occidentale corespunzătoare. Unul dintre principalele motive este acela că, în ciuda unei tendințe generalizate de majorare a costurilor cu forța de muncă în China, aceasta rămâne încă relativ ieftină comparativ cu investițiile necesare pentru conversia tehnologică și tranziția spre FA (Lin & Kaiser, 2020). Salariul mediu pe oră pentru muncitorii din industria prelucrătoare a atins 3,60 USD în 2016 (Yan, 2017), ceea ce reprezintă de peste cinci ori

salariul mediu orar din India. În timp ce salariile din China sunt încă semnificativ mai mici decât cele din economiile mature – muncitorii din fabricile americane câștigau 21,60 dolari pe oră în 2016 – China trebuie să concureze acum cu țări precum Mexic și Brazilia, unde muncitorii din industria prelucrătoare câștigă puțin peste 2 dolari pe oră (China Economic Review, 2017).

De asemenea, companiile chineze care utilizează tehnologiile FA sunt încă în mare parte la stadiul de producție mono-specializată de prototipuri, rezumându-se încă frecvent la fabricarea aditivă a unui singur produs într-o perioadă dată. Ca atare, marea provocare este aceea de a identifica traiectoria pe care utilizatorii industriali chinezi de echipamente de FA ar trebui s-o urmeze, măsurile strategice și tactice pe care ar trebui să le planifice și implementeze, pentru a face saltul de la crearea de prototipuri la producția de serie utilizând tehnologia de FA (Caseta 1).

### Caseta 1: Model conceptual de evaluare a nivelului de maturitate tehnologică (NASA)

Introducerea unei noi tehnologii într-un mediu tehnic existent este, de obicei, dificilă. În practică, noua tehnologie ar trebui să fie mai bună și mai ieftină decât tehnologiile existente care și-au câștigat deja o poziție pe piață. Acest lucru este valabil, de obicei, în domeniul producției, unde există adesea cerințe stricte în ceea ce privește proprietățile mecanice și performanța privind fabricarea pieselor. Din acest motiv, intrarea pe piață a unei noi tehnologii de fabricație este adesea foarte dificilă. În domeniul fabricației aditive nu au existat tehnologii cu adevărat noi, cu excepția tehnologiilor bazate pe laser. Validarea unei noi tehnologii se bazează, de obicei, pe tehnologiile existente. O modalitate tipică de evaluare a stadiului actual și a capacității unei tehnologii este evaluarea pe baza așa-numitului nivel de maturitate tehnologică (*engl. Technology Readiness Level, TRL*).

Această scală de evaluare a fost dezvoltată inițial de NASA și se extinde în prezent la noi aplicații. Scara TRL este formată din zece etape, de la prezentarea tehnologiei până la nivelul final de acceptare, în care se poate realiza utilizarea completă a tehnologiei [(NASA, 2013); (Straub, 2015)]:

1. Identificarea implicațiilor de bază ale producției.
2. Identificarea conceptului de fabricație.
3. Demonstrarea conceptului de fabricație (*engl. proof of concept*).
4. Tehnologie validată în mediul de laborator.
5. Capacități de bază demonstrate (în apropierea mediului de producție).
6. Sistem produs (în apropierea mediului de producție).
7. Producție demonstrată în mediul de producție.
8. Demonstrarea capacității liniei pilot.
9. Producție la capacitate redusă.
10. Producție la capacitate maximă.

Datorită activității constante de dezvoltare desfășurată în domeniul tehnologiei și la nivel de aplicație, diverse tehnologii și aplicații de FA se află la niveluri TRL diferite. Unele dintre aplicații se află deja la nivelul TRL 10, printre acestea numărându-se aplicațiile din industria aeronautică.

Un exemplu de mod în care un proces TRL avansează este cel al schimbătoarelor de căldură dezvoltate pentru NASA folosind FA ultrasonică (*engl. Ultrasonic Additive Manufacturing*) Imprimarea 3D a metalelor și FA înalt ultrasonică (*engl. Ultrasonic Additive Manufacturing UAM*), un proces de laminare a foilor. Compania

*Fabrisonic LLC*<sup>8</sup> a atins nivelul TRL 3 (Demonstrarea conceptului de fabricație) și apoi nivelul TRL 6 (prototip demonstrat în mediul relevant) în 2018. Compania a finalizat cu succes toate testele cerute de *NASA JPL*<sup>9</sup> pentru calificarea pentru zbor (RAPID + TCT, 2018).

Sursa: Sinteză a autorului după Korpela, Riikonen, Salminen, & Nyrhilä (2020).

### *Perspectivile fabricației aditive în China în contextul mai larg al fabricației avansate*

Impulsul mai general spre automatizare s-a manifestat cu întârziere în China, în comparație cu evoluțiile din ramurile corespunzătoare ale industriei prelucrătoare occidentale, industriei chineze de prelucrare automatizată lipsindu-i și în prezent maturitatea structurală. În cazul producătorilor chinezi, ciclurile de cercetare-dezvoltare sunt încă mult mai îndelungate decât în cazul celor occidentali, iar durata de viață a diferitelor generații de tehnologii și echipamente este relativ mai mare decât în cazul competitorilor occidentali.

Cu toate acestea, direcția de evoluție pare clară, conform analiștilor chinezi. Deși majoritatea companiilor internaționale producătoare de echipamente de FA desfășoară încă exclusiv activități de export în China, este de așteptat ca piața locală să evolueze nu doar sub impulsul unei cereri în creștere, ci și sub cel al diversificării acesteia, în sensul majorării cererii de produse adaptate nevoilor locale. Într-adevăr, pe măsură ce piețele de bunuri obținute prin tehnologii avansate de producție devin din ce în ce mai competitive, sustenabilitatea modelelor de afaceri chineze concentrate exclusiv pe activități de import devine tot mai incertă, pe măsură ce, pe partea ofertei, producția tinde să devină tot mai personalizată, iar companiile producătoare tind să-și transfere activitatea de producție tot mai aproape de piețele de desfacere, prin relocalizare. Tendința este determinată de faptul că unul dintre principalele avantaje ale FA este acela că facilitează scurtarea lanțului de aprovizionare și permite potențialilor utilizatori de echipamente de FA să ofere mai rapid produse personalizate clienților lor finali (Lin & Kaiser, 2020).

### *Perspectivă ascendentă ale pieței de echipamente de fabricație aditivă. Implicații pentru China.*

Ceea ce pare să fie clar este faptul că domeniul imprimării tridimensionale se află pe o traiectorie de creștere accelerată nu doar în China, ci în întreaga în întreaga lume. Unul dintre motivele pentru care piețele producătorilor chinezi de echipamente de FA sunt în expansiune este acela că

---

<sup>8</sup> *Fabrisonic LLC* (SUA) este o companie inovatoare în domeniul tehnologiei de fabricație care oferă servicii de imprimare 3D într-o gamă largă de metale prin intermediul procesului brevetat Ultrasonic Additive Manufacturing (UAM). Fiind o întreprindere mică axată pe tehnologie, *Fabrisonic* are capacitatea tehnică și agilitatea necesare pentru lumea emergentă a producției în ritm rapid. Angajamentul față de calitate este evidențiat prin mai multe premii care o atestă, obținute de la clienții industriali. *Fabrisonic* a fost înființată în 2011 pentru a consolida proprietatea intelectuală a EWI, o organizație de cercetare cu sediul în Ohio, și a unei companii cu scop lucrativ din Michigan, *Solidica*. *Fabrisonic* controlează nouă brevete care acoperă toate aspectele UAM. Prima mașină a *Fabrisonic*, SonicLayer 7200, a fost construită înainte de 2011 prin intermediul unui program de dezvoltare tehnologică al Ohio Third Frontier. În urma succesului primei sale mașini, *Fabrisonic* a dezvoltat și construit un echipament de dimensiuni mai mici, o platformă de cercetare, SonicLayer R200, și un model de producție de dimensiuni medii, SonicLayer 4000. Aceste echipamente contribuie la reducerea termenelor de execuție pentru prototipurile și piesele pe care compania le realizează atât pentru partenerii comerciali, cât și pentru cei guvernamentali (<https://fabrisonic.com/company/>).

<sup>9</sup> JPL este un laborator de cercetare și dezvoltare finanțat la nivel federal de NASA și administrat de Caltech. (<https://www.jpl.nasa.gov/>).

echipamentele provenind din producția internă tind să recupereze rapid decalajul față de oferta corespunzătoare a companiilor transnaționale (CTN) străine, oferind nu doar alternative viabile pentru oferta occidentală, ci și valorificând avantajele locale, încă determinate prioritar de costurile de producție mai scăzute.

Un exemplu de dezvoltare rapidă a unui constructor chinez de echipamente este *Xi'an Bright Laser Technologies*, care a deschis în 2018 un centru de producție inteligentă (Caseta 2).

**Caseta 2: Dezvoltare rapidă a unui producător chinez specializat în soluții pentru fabricația aditivă bazată pe metale: *Xi'an Bright Laser Technologies Co. (BLT)***

*Xi'an Bright Laser Technologies Co. (BLT)* a fost înființată în iulie 2011. În prezent, *BLT* este un furnizor lider de soluții pentru fabricarea aditivă pe bază de metale. În prezent, compania are peste 600 de angajați, dintre care 31% dețin o diplomă de masterat sau o diplomă superioară, iar 29,83% reprezintă personal de cercetare-dezvoltare. Peste 1,6 milioane USD sunt investiți anual în cercetare și dezvoltare.

*BLT* oferă soluții integrate de fabricație aditivă pe bază de metale pentru clienții săi, care includ echipamente, servicii de imprimare 3D, materii prime, soluții software și servicii tehnice. Beneficiind de experiență profundă dedicată fabricării aditive pe bază de metale, *BLT* oferă în permanență servicii inovatoare pentru clienți din diverse ramuri de activitate, cum ar fi aviația și industria aerospațială, energia, domeniul medical și stomatologic, producția de dispozitive și instrumente și industria de automobile. *BLT* își susține clienții în demersurile acestora de reducere a costurilor de producție, eficientizare, îmbunătățire a calității și de a genera valoare.

În 2018, *Xi'an Bright Laser Technologies Co., Ltd.* a semnat un acord de cooperare în domeniul cercetării științifice cu *Airbus Beijing Engineering Technology Center Co., Ltd.* și *Universitatea Politehnică de Nord-Vest (NPW, Xi'an, China)*<sup>10</sup>. Acest acord marchează trecerea *BLT* de la statutul de unic furnizor al Airbus pentru fabricarea aditivă în Asia la cel de „partener de cercetare-dezvoltare în comun”. *BLT* va utiliza patru echipamente de fabricație aditivă cu laser de marcă proprie, pentru a furniza companiei Airbus un set complet de soluții de fabricație aditivă bazată pe metale, care integrează materiale noi, tehnologie de prototipare rapidă și optimizare în proiectare.

În 2019, *BLT* a obținut patru certificări *Nadcap*<sup>11</sup> pentru Tratare termică, Măsurare și inspecție, Laboratoare de testare a materialelor și Testare nedistructivă. Certificarea *Nadcap* poate ajuta *BLT* să-și îmbunătățească tehnologia de prelucrare specială și de inspecție, precum și să-și regularizeze procesele de management. De asemenea, certificarea *Nadcap* reprezintă o atestare profesională internațională a produselor și serviciilor *BLT*.

*Xi'an Bright Laser Technologies Co., Ltd.* a fost listată oficial pe piața Star Market a Bursei de Valori din Shanghai în iulie 2019.

Sursa: Sinteză a autorului pe baza informațiilor publicate pe pagina Web a companiei (*Xi'an Bright Laser Technologies Co. (BLT)*, n.d.).

Un alt exemplu de evoluție demnă de menționat a unui constructor chinez de echipamente este *Shining 3D*, lider în domeniul scanării tridimensionale și producător de sisteme de imprimare tridimensională, care și-a creat un rol special ca furnizor de soluții 3D pentru sectorul medical (Caseta 3).

<sup>10</sup> <https://en.nwpu.edu.cn/>.

<sup>11</sup> <https://p-r-i.org/nadcap/?cn-reloaded=1>.



### Caseta 3: Dezvoltare rapidă a unui producător chinez specializat în hardware și software de scanare dentară profesională 3D: *Shining 3D*

*Shining 3D*, fondată în 2004, are ca obiect de activitate cercetarea-dezvoltarea, fabricarea și aplicarea de produse digitale 3D de înaltă precizie. Compania își propune să devină o companie de tehnologie digitală 3D cu influență globală, promovând și aplicând tehnologia digitală 3D, oferind soluții de înaltă tehnologie accesibile și eficiente.

*Shining 3D* are sediul central în Hangzhou, China, și deține filiale în China (Chengdu și Tianjin), în Germania (Stuttgart) și în SUA (San Francisco).

*Shining 3D* este o întreprindere de inovare științifică și tehnologică care se concentrează pe tehnologia software și hardware digitală 3D de înaltă precizie, bazată pe vizualizare computerizată. Este implicată în principal în cercetarea-dezvoltarea, producția și vânzarea de echipamente și software de scanare dentară profesională tridimensională.

Compania a dezvoltat în mod independent o serie de tehnologii de bază în domeniul 3D și deține aproape 300 de brevete și peste 100 de licențe pentru software. *Shining 3D* a dezvoltat tehnologii de bază, cum ar fi adaptarea stereo cu lumină structurată (*engl. structured light stereo matching*) și un algoritm de reconstrucție 3D, un algoritm de calibrare de înaltă precizie a măsurătorilor de imagistică 3D, un software de proiectare și procesare inteligentă a datelor 3D de înaltă calitate, proiectarea de componente de bază pentru camere și proiecție, precum și sisteme de control al integrării optice, mecanice și electrice.

Prin utilizarea unui scanner 3D intra-oral și a unui software, ca prim pas al fluxului complet de lucru al stomatologiei digitale, compania de tehnologie digitală dentară se angajează să furnizeze soluții de consultații orale vizualizate și soluții digitale orale, cum ar fi restaurarea, ortodonția și implantologia. Principalul produs al companiei este scannerul 3D intra-oral (utilizat în principal în clinicile dentare pentru a obține direct modelele ale dinților bazate pe date 3D), scannerul 3D pentru laborator dentar (utilizat în principal în fabricile de proteze dentare pentru a scana amprente de silicon dentar sau modelele din ghips) și imprimanta 3D dentară (utilizată în principal pentru a imprima modele dentare din rășină).

Compania producătoare de scanere 3D profesionale se angajează să furnizeze aplicații de proiectare 3D de înaltă precizie și aplicații de inspecție 3D în domeniile producției industriale, artei și patrimoniului, medicinei de precizie, educației și cercetării științifice. Principalele produse ale companiei includ scanerele 3D portabile (utilizate în principal pentru proiectare digitală, arhivare, vizualizare interactivă) și sistemele de inspecție vizuală 3D de înaltă precizie (utilizate în principal pentru inspecția 3D în mărime naturală).

Sursa: Sinteză a autorului pe baza informațiilor publicate pe pagina Web a companiei (SHINING 3D, 2019).

Deși numărul de producători locali de echipamente pentru fabricația aditivă tinde să ia avânt, unii constructori transnaționali de asemenea echipamente continuă să investească susținut în China. Astfel, *Voxeljet AG* a deschis recent în Suzhou o unitate de producție aditivă care dispune de o capacitate anuală de imprimare 3D de peste 400 de tone (Caseta 4).

### Caseta 4: Investiție străină în China în domeniul FA cu jet de nisip și liant polimeric: *Voxeljet China (VXCN)*

În 2019, *Voxeljet (Germania)*,<sup>12</sup> unul dintre principalii producători de imprimante industriale 3D cu jet de nisip și liant polimeric, a deschis oficial o nouă unitate de producție, *Voxeljet Asia*, pe o suprafață de 78.000 de metri pătrați, în Suzhou.

Anunțată în 2017, noua unitate *Voxeljet China (VXCN)* este situată în zonele de înaltă tehnologie Foho din districtul Wujiang, orașul Suzhou, în cadrul zonei metropolitane Shanghai (China).

<sup>12</sup> Născută ca start-up al Universității Tehnice din München, *Voxeljet* își sprijină clienții cu soluții inovatoare de imprimare 3D de peste 20 de ani (în 2020). Dezvoltată inițial pentru industria de turnare a metalelor, aplicațiile tehnologiei *Voxeljet* se extind astăzi mult dincolo de acest domeniu. Într-o gamă largă de industrii, produsele *Voxeljet* contribuie la eficientizarea proceselor de fabricație convenționale, care necesită costuri ridicate, făcându-le mai atractive din punct de vedere economic. Compania contribuie la simplificarea cercetării în domeniul noilor materiale și al dezvoltării construcțiilor ușoare sau la creșterea rentabilității și eficienței mijloacelor de transport (<https://www.voxeljet.com/about-voxeljet/>).

Noua facilitate a fost concepută pentru a fi principalul centru de servicii de imprimare 3D pentru Asia și include spații de birouri pentru managementul administrativ.

Până în prezent, la Voxeljet China au fost instalate trei sisteme de imprimare. Sunt oferite ambele seturi de materiale, nisip și PMMA (plastic), iar capacitatea de imprimare a fost extinsă semnificativ. Centrul de fabricație aditivă de ultimă generație are o capacitate anuală de imprimare 3D de peste 400 de tone.

*Voxeljet China* este condusă de Tianshi Jin, care s-a alăturat companiei în calitate de director general în 2015, aducând peste cincisprezece ani de experiență în domeniul imprimării 3D și al turnării rapide, precum și o înțelegere aprofundată a pieței chineze. Înainte de a se alătura companiei, Tianshi Jin a fost director general al *Wenzhou Product Innovation Center Co. Ltd.*, o companie de stat. În plus, a lucrat la *WPIC* și la *Metang Novatech Co., Ltd.*, care este unul dintre cei mai importanți furnizori de servicii și sisteme de imprimare 3D. În 2013, Jin a fondat *Meimai Fastcast Suzhou Co. Ltd.*, care este specializată în servicii de imprimare în nisip și turnare rapidă.

Sursa: Sinteză a autorului pe baza informațiilor publicate pe pagina Web a 3D Printing Media Network (Sher, 2019).

Pe lângă investițiile de tip greenfield, investitorii străini intră pe piața chineză și prin preluarea unor firme locale. Astfel, *3D Systems Inc.* a achiziționat compania chineză *Easyway Design and Manufacture Co.*, un lider în domeniul vânzării de echipamente de imprimare 3D și furnizor de servicii de imprimare 3D (Caseta 5).

#### **Caseta 5: Investiție străină în China a unui lider mondial în domeniul FA cu materiale plastice, metale, ceramică și substanțe comestibile: *3D Systems China***

În 2015, compania americană *3D Systems (3DS; NYSE:DDD)* a anunțat că a achiziționat *Easyway Design and Manufacture Co.* din China, inclusiv filialele deținute integral de aceasta, care formează *Easyway Group*, creând astfel *3D Systems China*. Termenii tranzacției nu au fost dezvăluiți.

*Easyway* este unul dintre principalii furnizori chinezi de vânzări și servicii de imprimare 3D, cu operațiuni cheie în Shanghai, Wuxi, Beijing, Guangdong și Chongqing. *Easyway* a pus la dispoziția *3DS* operațiuni de vânzări și servicii extinse și cu un istoric semnificativ, care acoperă întreaga Chină, precum și capacități substanțiale de producție și relații cheie pe termen lung cu companii chineze și străine de top din portofoliul sau de clienți, din domeniul auto, medical și al bunurilor de consum, care includ printre altele companiile: *VW, Nissan, Philips, Omron, Black & Decker, Panasonic* și *Honeywell*.

Pe de altă parte, *3D Systems* a contribuit la parteneriat cu accesul la cele mai avansate și mai complete soluții de proiectare și fabricare digitală 3D disponibile la momentul respectiv, inclusiv imprimante 3D, materiale de imprimare și modele de piese personalizate stocate în *cloud*. Ecosistemul puternic al *3DS* are capacitatea de a transforma industria întregi, oferind profesioniștilor și consumatorilor de pretutindeni posibilitatea de a da viață ideilor lor folosind o gamă largă de materiale utilizabile în procesele de FA, inclusiv materiale plastice, metale, ceramică și substanțe comestibile.

Capabilitățile de vârf ale *3DS* în domeniul medicinei personalizate includ simularea, instruirea și planificarea de la un capăt la altul a proceselor specifice, precum și imprimarea de instrumente și dispozitive chirurgicale pentru intervenții chirurgicale personalizate și dispozitive medicale și dentare adaptate nevoilor specifice ale pacientului. *3DS* oferă acces democratizat la produse de proiectare, fabricare și inspecție digitală 3D, oferă o interoperabilitate perfectă și încorporează cele mai recente tehnologii de calcul.

Potrivit companiei, poziția de lider a *3DS* în materie de inovare și tehnologie este definită de următoarele realizări în domeniul FA:

- ✓ *3DS* a inventat imprimarea 3D prin Stereolitografie (engl. Stereolithography, SLA) și a fost prima companie care a comercializat-o în 1989.
- ✓ *3DS* a inventat imprimarea prin sinterizare selectivă cu laser (engl. Selective Laser Sintering SLS) și a fost primul care a comercializat-o în 1992.
- ✓ *3DS* a inventat clasa de imprimante 3D ColorJet Printing (CJP) și a fost prima companie care a comercializat sistemele 3D pe bază de pulbere în 1994.
- ✓ *3DS* a inventat imprimantele 3D din clasa MultiJet Printing (MJP) și a fost prima companie care le-a comercializat în 1996.

- ✓ 3DS Medical Modeling a fost pionierul planificării chirurgicale virtuale (VSP), serviciile sale de top la nivel mondial, ajutând anual multe mii de pacienți.

În prezent, gama largă de imprimante 3D produse de 3DS reprezintă un punct de referință al industriei pentru producția de calitate în domeniul aerospațial, auto, al dispozitivelor medicale particularizate potrivit nevoilor pacienților și pentru o varietate de accesorii de consum, electronice și de modă.

Nou înființata companie *3D Systems China*, fost plasată sub conducerea lui May Zhou, fondatorul *Easyway*. Achiziția oferă companiei *3DS* o platformă solidă pentru a-și extinde operațiunile de producție personalizată *Quickparts* din țară și pentru a-și extinde gradul de acoperire geografică cu distribuitori de servicii de imprimare 3D.

Sursa: Sinteză a autorului pe baza informațiilor publicate pe pagina Web a *3D Systems* (3D Systems Corporation, 2015).

### *Perspectivile pieței mondiale a fabricației aditive. Evoluții așteptate în cazul Chinei.*

În China se estimează că piața mondială de FA va atinge o valoare cuprinsă între 4 și 10 miliarde USD până în 2025, în timp ce alte prognoze mai optimiste sugerează că piața globală ar putea atinge o valoare de până la 35 miliarde de dolari în aceeași perspectivă (Lin & Kaiser, 2020).

Potrivit unei anchete recente (Materialise, 2019), deși nu cred că tehnologia este pregătită pentru a fi adoptată în producția de masă, 30% dintre producătorii chinezi consideră că imprimarea 3D va deveni la fel de importantă, dacă nu chiar mai importantă decât metodele tradiționale de producție. De asemenea, 7% dintre cei intervievați cred că imprimarea 3D chiar va înlocui aceste tehnologii tradiționale. Chestionați fiind cu privire la avantajele oferite de imprimarea 3D, 72% dintre producătorii chinezi au enumerat *libertatea de proiectare* ca fiind cel mai important beneficiu, urmat de *personalizare* (66%) și de *capacitatea de a aduce mai repede produsele pe piață* (51%).

Estimări occidentale mai recente evaluează piața mondială la valori chiar mai mari cu un factor de multiplicare ce variază între 1,7 și 15,3. (Caseta 6.) Trebuie menționat că sursa diferențelor semnificative între estimări poate proveni atât din durata diferită a intervalelor pentru care se realizează proiecțiile, din definițiile diferite aplicate noțiunilor de piață a fabricației aditive, cât și din caracterul volatil al evoluțiilor recente.

### **Caseta 6: Estimări recente privind evoluția pieței globale a fabricației și materialelor aditive<sup>13</sup> în perioada 2020-2027**

Potrivit estimărilor unui raport recent, pe fondul crizei COVID-19, piața globală a fabricației și materialelor aditive, estimată la 15,4 miliarde USD în anul 2020, se preconizează că va ajunge la o dimensiune de 61,1 miliarde USD până în 2027, cu o creștere CAGR<sup>14</sup> de 21,8% în perioada 2020-2027.

<sup>13</sup> Conceptul de „piață a fabricației aditive” este utilizat neuniform atât la un moment dat, de către diferitele companii specializate în analize de profil, cât și în timp, reflectând dezvoltarea rapidă a tehnologiilor și a aplicațiilor acestora. În contextul de față, „piața globală a producției aditive” include: i) echipamentele de imprimare 3D, ii) materialele de imprimare și iii) imprimarea 3D ca serviciu. Piața globală a aplicațiilor cuprinde atât prototiparea rapidă, cât și producția rapidă (<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/additive-manufacturing-material-market-167268760.html>).

<sup>14</sup> Rata de creștere anuală compusă (CAGR) este rata medie anualizată de creștere a valorii unei variabile economice (e.g. venituri), între doi ani dați, presupunând o creștere cu o rată compusă exponențial. CAGR între anii X și Z, unde Z - X = N, este numărul de ani dintre primul și ultimul, se calculează după cum urmează: CAGR, din anul X în anul Z = [(valoarea în anul Z/valoarea în anul X) ^ (1/N)-1]. Principalul avantaj al indicatorului este acela că elimină volatilitatea din evoluția unei variabile (<https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/cagr-compound-annual-growth-rate>).

Piața globală a *produselor fabricației aditive din materiale plastice*, unul dintre segmentele analizate în raport, se preconizează că va înregistra o CAGR de 21,1% și va ajunge la 30,6 miliarde USD până la sfârșitul perioadei de analiză. După o analiză timpurie a implicațiilor comerciale ale pandemiei și ale crizei economice induse de aceasta, creșterea segmentului de piață *metale* este reajustată la o creștere CAGR revizuită de 24,2% pentru următoarea perioadă de 7 ani.

Piața fabricației și materialelor aditive în SUA este estimată la 4,1 miliarde de dolari în anul 2020.

China, a doua cea mai mare economie a lumii, se estimează că va atinge o dimensiune a pieței de 14,5 miliarde de dolari SUA până în anul 2027, ca urmare a unei creșteri CAGR de 27,2% în perioada 2020-2027.

Printre celelalte piețe demne de remarcat se numără Japonia și Canada, fiecare dintre acestea fiind prognozată să crească cu 17,2% și, respectiv, 19,9% în perioada 2020-2027. În Europa, se preconizează că piața Germaniei va crește cu o CAGR de aproximativ 18,7%.

În segmentul global al *ceramicii*, SUA, Canada, Japonia, China și Europa vor contribui preponderent la CAGR de 21,5%, estimată pentru acest segment. Aceste piețe regionale, cu o dimensiune combinată de 1,7 miliarde USD în anul 2020, vor ajunge la o valoare preconizată de 6,8 miliarde USD până la sfârșitul perioadei de analiză. China va rămâne printre țările cu cea mai rapidă creștere în acest grup de piețe regionale. Conduasă de țări precum Australia, India și Coreea de Sud, piața din Asia-Pacific este prognozată să ajungă la 9,1 miliarde de dolari SUA până în anul 2027, în timp ce piața Americii Latine se va extinde printr-o creștere anuală compusă de 23,6% pe parcursul perioadei de analiză.

Sursa: Sinteză a autorului pe baza informațiilor publicate pe pagina Web Research and Markets (Research and Markets, 2021a).

Analizii de piață chinezi afirmă că oricare ar fi valoarea viitoare a pieței globale, China va ajunge, probabil, să dețină o cotă semnificativă din aceasta, având în vedere că este posibil ca producătorii chinezi să înregistreze o creștere mai rapidă decât majoritatea competitorilor lor, întrucât pornesc de la o poziție de piață relativ inferioară (i.e., au un potențial sporit de creștere) (Lin & Kaiser, 2020). Principalii producători chinezi ce operează pe baza tehnologiilor de fabricație aditivă au raportat un venit operațional total de 7,5 miliarde de yuani (aproximativ 1,14 miliarde USD) în primele nouă luni ale anului 2020, conform datelor oficiale. Cifra a crescut cu 10,3% de la an la an, potrivit Ministerului Industriei și Tehnologiei Informației. În această perioadă, companiile de fabricație aditivă din categoria celor cu venituri anuale de peste 20 de milioane de yuani și-au văzut profiturile crescând cu 135,5% de la an la an, ajungând la o valoare totală de 730 de milioane de yuani (Xinhua, 2020).

Merită reamintit, însă, faptul că posibilitatea teoretică de recuperare a decalajului față de competitori nu se transformă automat în certitudine. Mai mult, conform unei anchete recente în rândul producătorilor chinezi, jumătate dintre respondenți consideră că adoptarea la nivel global a tehnologiilor de imprimare industrială tridimensională poate pune în pericol poziția Chinei de lider mondial în domeniul industriei prelucrătoare. În cuvintele lui Stefaan Motte, vicepreședinte și director general al diviziei de software a companiei *Materialise*: „*timp de mulți ani, China a fost considerată a fi fabrica lumii datorită eficienței și capacității sale enorme de a produce bunuri și a infrastructurii sale de transport orientate spre export. În prezent, China se confruntă cu o concurență tot mai mare atât din partea economiilor emergente, cât și a țărilor puternic industrializate, în încercarea acestora de a acapara o felie mai mare din baza sa de producție cu costuri reduse*” (Materialise, 2019).

O altă justificare pentru proiecțiile optimiste de creștere referitoare la poziția Chinei pe piață este dată de însuși potențialul tehnologiilor de fabricație aditivă. Fabricația aditivă nu reprezintă o tehnologie unică și nu se aplică într-o singură ramură de activitate productivă. Din contră, tehnologiile de fabricație aditivă alcătuiesc un ecosistem tehnologic cu utilizări multiple și în continuă creștere și diversificare, fabricarea aditivă fiind pusă în practică de actori diferiți din multiple ramuri

de activitate productivă. În plus, o strategie privind imprimarea 3D a oricărei companii face, de regulă, parte integrantă dintr-o strategie mai largă, de fabricație inteligentă, care presupune adoptarea mai multor tehnologii specifice Industriei 4.0 și a Internetului industrial al lucrurilor. Fabricația aditivă este pur și simplu doar unul dintre procesele prin care acest ecosistem inteligent, mult mai cuprinzător, se poate materializa.

Un alt factor de creștere a ponderii Chinei pe piața mondială a fabricației aditive îl reprezintă sprijinul acordat de stat pentru companiile care doresc să investească în cercetare-dezvoltare în general și în tehnologii de imprimare 3D, în particular (Tabelul 1).

**Tabelul 1: Principalele caracteristici ale stimulentei fiscale pentru cercetare-dezvoltare în China, 2018**

Deducere fiscală pentru cercetare-dezvoltare (Super-deducere)	
Stimulent fiscal*	Deducere fiscală
Tip de instrument	În funcție de volum
Cheltuieli eligibile	Curente și cele cu amortizarea (mașinilor și echipamentelor, terenului și clădirilor)
Rată de bază (%)	50 / 75 pentru IMM-uri
Rambursabil	Nu
Report (ani)	5 / 10 pentru IMM-uri și întreprinderi care operează în domeniul tehnologiilor înalte și noi
Plafoane	Scutirea de impozite se limitează la 80% din costurile eligibile (pe proiect); în prezent, nu se aplică un plafon în cazul furnizorilor de servicii de cercetare și dezvoltare străini

Sursa: prezentarea autorului după *R&D Tax Incentives : People's Republic of China, 2018* (OECD, 2019).

Notă: \* China, oferă, de asemenea, posibilitatea amortizării accelerate a capitalului pentru cercetare-dezvoltare, scutiri de taxe vamale și de taxe pe valoarea adăugată pentru achiziția de echipament de cercetare-dezvoltare și stimulente fiscale bazate pe venit (rată de impozitare pe venitul companiilor diminuată pentru întreprinderile care operează în domeniul tehnologiilor înalte și noi, în cel al serviciilor tehnologice avansate și pentru transferul tehnologic) pentru rezultatele activităților de cercetare-dezvoltare.

În ultimii ani, China a investit foarte mult în roboți, inteligență artificială și în noile tehnologii de producție și intenționează, de asemenea, să sprijine sectorul intern al fabricației aditive prin intermediul inițiativei Made in China 2025. În cadrul inițiativei Made in China 2025, guvernul chinez s-a angajat să implementeze un *Plan de acțiune pentru dezvoltarea industriei de fabricație aditivă* pentru a încuraja adoptarea pe scară largă a imprimării 3D în întreaga economie. Planul își propunea atingerea unei ținte de 3 miliarde de dolari SUA pentru veniturile din vânzări ale industriei chineze de fabricație aditivă până la finele anului 2020 (Casetă 7).

**Casetă 7: Planul de acțiune chinez pentru dezvoltarea industriei de fabricație aditivă (2017-2020)**

Ministerul Industriei și Tehnologiei Informației din China (MIIT) a elaborat un set de orientări pentru *Planul de acțiune pentru dezvoltarea industriei de fabricație aditivă (2017-2020)*, care să majoreze veniturile industriei naționale de fabricație aditivă la o valoare de peste 20 de miliarde de Renminbi (3 miliarde de dolari SUA) până în anul 2020.

Acest plan de acțiune, care face parte din foaia de parcurs strategică "Fabricat în China 2025" pentru industria prelucrătoare a țării, prezintă *patru ambiții generale pe termen lung, cinci obiective de dezvoltare specifice, cinci sarcini pentru atingerea acestor obiective și șase măsuri de salvagardare* pentru a contribui la realizarea lor în mod fiabil.

Pentru justificarea necesității unui plan de acțiune pentru fabricarea aditivă, raportul care îl însoțește recunoaște că tehnologiile-cheie chineze sunt rămase în urmă, capacitatea de inovare este limitată, materialele specializate nu au cunoscut o dezvoltare semnificativă la nivel național, iar echipamentele de înaltă calitate sunt pe alocuri nesigure, prin comparație cu țările mai dezvoltate din punct de vedere economic.

Noul plan de acțiune al Chinei, la fel ca foile de parcurs pentru fabricarea aditivă ale altor economii occidentale – e.g. "America Makes" în SUA și CSIRO în Australia – ia în considerare noile progrese, oportunități și nevoi cu care se confruntă industria de fabricație aditivă ca urmare a globalizării. Potrivit raportului, la baza planului de acțiune se află necesitatea de a „pune în aplicare în mod cuprinzător spiritul” celui de-al 19-lea Congres național al Partidului Comunist Chinez, în cadrul căruia secretarul general al Partidului Comunist aflat la putere, Xi Jinping, a prezentat ambițiile sale ideologice, industriale, de mediu și economice pentru țară. Din acestea derivă cele patru ambiții generale pe termen lung ale planului de acțiune, și anume:

1. promovarea aplicațiilor finale ale industriei de imprimare 3D,
2. promovarea integrării militare și civile,
3. concentrarea asupra sistemului ecologic și
4. concentrarea asupra colaborării între cele 12 departamente care au lansat planul de acțiune.

În fruntea celor cinci obiective de dezvoltare ale Planului de acțiune se află *o rată medie anuală de creștere de cel puțin 30% pentru industria fabricației aditive*,<sup>15</sup> pentru a atinge un venit din vânzări de 20 de miliarde de Renminbi până în 2020.

Planul de acțiune subliniază un obiectiv concomitent de a obține progrese tehnologice în peste 100 de tipuri de echipamente de procesare, dispozitive de bază și materiale specializate, destinate utilizării industriale. De asemenea, acesta subliniază obiectivul de a realiza *peste 100 de proiecte pilot în 10 industrii-cheie*, în sectoarele i) medical, ii) cultural, iii) educațional și al iv) internetului. În cele din urmă, planul de acțiune urmărește să formalizeze un ecosistem industrial, precum și lanțul de măsurare, standardizare, testare și certificare pentru imprimarea 3D. De asemenea, speră să ajute două-trei întreprinderi și două-trei mărci să devină competitive pe piața internațională.

Pentru a realiza obiectivele prezentate în planul de acțiune, raportul detaliază mai multe sarcini pe termen scurt. Prima sarcină constă în îmbunătățirea capacității de inovare prin îmbunătățirea mecanismelor de operare, promovarea cercetării și lansarea unui program oficial actualizat de cercetare în domeniul tehnologiei fabricației aditive. A doua sarcină este de a îmbunătăți calitatea generală a serviciilor din industrie, în timp ce a treia sarcină este de a promova aplicarea pe scară largă fabricarea aditivă în cele 10 industrii și patru sectoare. Cea de-a patra sarcină este de a investi în oamenii implicați în imprimarea 3D, prin cultivarea întreprinderilor de vârf, integrarea resurselor naționale și internaționale și prin stimularea colaborării interpersonale. Sarcina finală este de a îmbunătăți sprijinul, metrologia, standardizarea, certificarea și calificările pentru industria chineză de fabricație aditivă.

În raport au fost făcute șase sugestii pentru a implementa cu succes planul de acțiune la nivel guvernamental. Prima este o recomandare de a consolida coordonarea și de a forma un model de lucru între departamente pentru a îmbunătăți fluxul de lucru, în cadrul unor orientări industriale regionale clarificate. A doua sugestie solicită creșterea sprijinului de stat pentru cercetare-dezvoltare și industrializare, în timp ce a treia sugestie solicită opțiuni financiare mai largi, orientate spre piață, pentru întreprinderile implicate în dezvoltarea, respectiv utilizarea tehnologiei de imprimare 3D. De asemenea, se solicită intensificarea cooperării internaționale prin încurajarea întreprinderilor străine să înființeze centre de cercetare și dezvoltare în China. Cea mai specifică dintre sugestii promovează siguranța industrială prin instituirea unui sistem de înregistrare cu nume real pentru achizițiile de utilaje, a unei certificări a practicienilor și a unor măsuri de protecție juridică împotriva producției ilegale de echipamente cu imprimare 3D (o politică deja aplicată de orașul Chongqing). O ultimă sugestie echilibrează în mod delicat autonomia industrială cu reglementarea de stat. Aceasta susține că o industrie mai auto-reglementată, o calitate îmbunătățită a industriei și măsuri de siguranță amănunțite vor consolida producția aditivă chineză în ansamblu.

Sursa: Sinteză a autorului pe baza informațiilor publicate pe pagina Web 3D Printing Industry (Haria, 2018).

<sup>15</sup> Informațiile referitoare la *Planul de acțiune pentru dezvoltarea industriei de fabricație aditivă (2017-2020)*, disponibile public, provin din surse secundare, care nu clarifică conținutul noțiunii de „industrie a fabricației aditive”. În contextul obiectivelor de planificare descrise, este de presupus că aceasta referă atât la producătorii de echipamente și materiale, cât și la utilizatorii industriali.

China consideră că fabricația aditivă reprezintă o oportunitate pentru a realiza un salt de la metodele tradiționale de fabricație la cele avansate, iar guvernul încurajează puternic dezvoltarea imprimării tridimensionale într-o multitudine de ramuri de activitate economică (din sectorul medical, cultural, educațional și al internetului).

În ciuda avantajelor, producătorii chinezi rămân sceptici în ceea ce privește imprimarea 3D pentru produsele finale, considerând că tehnologia este mai potrivită pentru prototiparea rapidă, deoarece utilizatorii pot imprima în loturi mici și pot face cu ușurință mici modificări de design. Dintre producătorii chinezi intervievați recent, doar 11% consideră că imprimarea 3D este pregătită pentru fabricația de produse finale, comparativ cu 64%, care cred că este suficient de matură pentru fabricarea de prototipuri vizuale. Cu toate acestea, o mare parte dintre respondenți (76%) sunt de acord că imprimarea 3D reprezintă o modalitate mai sustenabilă de a fabrica produse, ceea ce sugerează că procesul de producție aditivă va deveni din ce în ce mai relevant pe măsură ce producătorii încearcă să își reducă deșeurile (Materialise, 2019).

*Sectoare sau ramuri de activitate economică ce vor înregistra o intensificare a adopției de tehnologii de imprimare tridimensională. Perspective pentru China.*

La nivel mondial, câteva sectoare sau ramuri de activitate economică sunt relativ mai susceptibile de a adopta rapid tehnologii de fabricație aditivă în viitorul previzibil. Piețe cum sunt cea a *automobilelor*, a *bunurilor și serviciilor pentru îngrijirea sănătății* și *industria aerospațială* se află în topul clasamentului, *educația*, *industria electronică* și a *bunurilor de consum* fiind alte asemenea exemple notabile (Lin & Kaiser, 2020).

La nivel mondial, este de așteptat ca industria auto să înregistreze o expansiune rapidă până în 2025, cu o creștere CAGR între 30% și 35%, urmată îndeaproape de dezvoltarea rapidă a sectorului dispozitivelor medicale și a celui aerospațial și de apărare, ambele cu ritmuri estimate de creștere de peste 20% (Ibid.).

În China, sectorul auto oferă oportunități semnificative pentru tehnologiile de fabricație aditivă, în special pentru că ciclul mediu de viață al vehiculelor este mult mai scurt decât pe piețele corespunzătoare occidentale, utilizatorii înlocuind de obicei vehiculele la fiecare doi-trei ani în medie, comparativ cu cinci până la șapte ani în SUA sau în Germania. În plus, proliferarea și dezvoltarea rapidă a tehnologiilor de fabricație aditivă vor permite producătorilor să utilizeze din ce în ce mai mult FA pentru a proiecta piese de schimb. În primele nouă luni din 2021, potrivit datelor Asociației Producătorilor de Automobile din China, vânzările de automobile din China au crescut cu un ritm anual de 8,7%, la 18,62 milioane de unități. În aceeași perioadă, vânzările de vehicule de pasageri au crescut cu 11 procente în ritm anual, până la 14,86 milioane de unități. Numai în luna septembrie, vânzările de automobile au totalizat aproximativ 2,07 milioane de unități, în scădere cu 19,6% de la an la an (Xinhua, 2021).

Analizele prospective privind valoarea producției aditive agregate la nivel mondial preconizează că, până în 2025, mai mult de jumătate din imprimarea tridimensională se va realiza în sectoarele *auto*, *medical* și *aerospațial*, iar analiștii chinezi se așteaptă la proiecții similare și în cazul Chinei. Fabricația aditivă este deja utilizată pe scară largă în unele ramuri de activitate ale economiei

chineze. Spre exemplu, China a fost unul dintre pionierii utilizării fabricației aditive în domeniul sănătății, prin introducerea implanturilor imprimare tridimensională pentru a răspunde nevoilor particulare ale pacienților, utilizarea fabricației aditive în domeniul stomatologic atingând un nivel înalt de maturitate (Ibid.).

*Provocări privind extinderea adoptării tehnologiilor de fabricație aditivă de către producătorii industriali. Percepțiile operatorilor economici chinezi.*

În ciuda proiecțiilor optimiste privind extinderea utilizării fabricației aditive într-o multitudine de ramuri de activitate economică, companiile care doresc să adopte tehnologia și să utilizeze soluții de imprimare tridimensională se confruntă, totuși, cu o serie de provocări ce nu trebuie neglijate.

Costul a fost întotdeauna un obstacol real de depășit atunci când s-a adus în discuție adoptarea fabricației aditive la nivel global, chiar dacă beneficiile pe termen lung depășesc în mod clar costurile temporare.

Pentru un ciclu de producție industrială utilizând fabricația aditivă, costul echipamentelor va reprezenta, în mod obișnuit, aproximativ două treimi din costuri iar materialele (rășini, filamente și pulberi) vor atinge 15-20% din costurile totale ale operațiunilor (Lin & Kaiser, 2020).

Costurile forței de muncă, respectiv ale serviciilor pot fi, de asemenea, semnificative, în special pentru operațiunile nou lansate, deoarece tehnicienii aflați deja la dispoziția noilor utilizatori finali ai tehnologiei este puțin probabil să dețină cunoștințele de operare necesare. Costurile suplimentare ocazionate de angajarea de personal specializat sau cele de instruire, calificare sau recalificare a celui existent nu sunt de neglijat.

Post-procesarea produselor fabricate aditiv este, de asemenea, caracterizată de cerințe specifice de finisare, ce pot contribui la majorarea suplimentară a costurilor.

Întrebați fiind cu privire la ceea ce trebuie făcut pentru a crește adoptarea imprimării 3D în economia chineză, 49% dintre producătorii locali au declarat că disponibilitatea limitată a materialelor utilizabile reprezintă încă un obstacol major. Alte bariere enumerate de respondenți includ costul mașinilor (42%) și costul materialelor (39%). În mod semnificativ, 41 la sută au recunoscut, de asemenea, că lipsa de expertiză tehnică rămâne un obstacol în calea unei adopții sporite a imprimării 3D. Datele sugerează că acest lucru ar putea explica de ce aproape două treimi (65%) dintre producătorii chinezi nu au luat în considerare în mod serios adoptarea acestei tehnologii, în timp ce doar 15% au făcut-o. În schimb, 44% dintre respondenți consideră că externalizarea operațiunilor de imprimare 3D către un furnizor de servicii este modelul preferat de producătorii chinezi. Acest lucru nu înseamnă că producătorii chinezi nu sunt dispuși să dezvolte capacități de imprimare 3D la nivel intern, potrivit sondajului, 40% dintre producătorii chinezi ar alege un model hibrid, în care lanțul de procese de imprimare 3D este partajat între operațiunile interne și furnizorii de servicii externe (Materialise, 2019).



*Preocupări legate de impactul reglementărilor din domeniul drepturilor de proprietate intelectuală asupra fabricației aditive. Particularități pentru China.*

Lipsa know-how-ului pe piețele locale, la nivelul utilizatorilor industriali finali ai fabricației aditive, se referă nu doar la procesele tehnice de fabricație, ci și la probleme din domeniul drepturilor de proprietate intelectuală. Într-adevăr, adoptarea relativ lentă a fabricației aditive la nivel global a fost pusă și pe seama problemelor complicate legate de proprietatea intelectuală. Termenele de producție mai îndelungate, o selecție limitată de materiale, calitatea pieselor imprimate și cerințele de stocare a datelor, toate se adaugă listei de provocări.

Timp de mulți ani, clienții industriali au fost deosebit de frustrați de lipsa standardelor în domeniul imprimării 3D, aceasta fiind citată ca unul dintre principalele motive pentru care utilizatorii industriali finali priveau achiziția de echipamente noi cu reticență.

Dezvoltarea software-ului și a capacităților necesare fabricației aditive, care în mod ideal ar trebui să decurgă în paralel cu dezvoltarea hardware-ului, sunt adesea desincronizate de aceasta din urmă.

Astfel de provocări generale sunt și mai accentuate pe piața chineză care, alături de inovație, necesită în plus viteză, cantitate și calitate, pentru a putea recupera decalajul față de economiile occidentale în acest domeniu tehnologic. Istorice, producătorii chinezi sunt obișnuiți, cu soluțiile „la cheie”, utilizabile imediat după instalare, ceea ce presupune o adoptare cu întârziere a tehnologiilor, în lipsa apetitului necesar pentru ajustări pe baze experimentale, care, desigur, sunt însoțite de costuri suplimentare, dar și de oportunități de inovare locală și de avans pe curba învățării.

*Potențialul tehnologiilor de fabricație aditivă de a spori economicitatea proceselor de producție*

Pentru o evaluare echilibrată a potențialului tehnologiilor de fabricație aditivă necesară în adoptarea unor decizii de afaceri corecte, provocări de natura celor amintite anterior trebuie să fie puse în balanță atât cu oportunitățile de generare de venituri pe care piețele le oferă, cât și cu potențialul de economisire al tehnologiilor de imprimare tridimensională. Pe măsură ce hardware-ul de imprimare din ce în ce mai avansat, software-ul complementar tot mai sofisticat, materialele utilizabile mai diverse și mai ieftine și servicii conexe mai cuprinzătoare devin disponibile, economicitatea îmbunătățită devine nu doar posibilă, ci și foarte probabilă pentru majoritatea producătorilor care optează pentru tranziția spre fabricația aditivă.

Cu toate acestea, pentru mulți dintre producătorii industriali, un astfel de pas este, de fapt, un salt uriaș. Tranziția unei întreprinderi de la un sistem existent, bazat pe controlul numeric computerizat (*engl. computer numerical control CNC*)<sup>16</sup>, la sistemul de fabricație aditivă este, fără

---

<sup>16</sup> Controlul numeric computerizat (CNC) este o metodă de automatizare a controlului mașinilor-unelte prin utilizarea unui software încorporat într-un microcalculator atașat acestora. CNC este utilizat în mod obișnuit în industria prelucrătoare pentru prelucrarea pieselor din metal și plastic. În cazul CNC, fiecărui obiect care urmează să fie fabricat îi este asociat un program de calculator personalizat, de obicei scris într-un limbaj standard internațional numit *G-code*, stocat și executat de unitatea de comandă a mașinii (*engl. machine control unit, MCU*), un microcalculator atașat mașinii. Programul conține instrucțiunile și parametrii pe care îi va urma mașina-unealtă, cum ar fi viteza de avans a materialelor

îndoială, una dintre cele mai importante decizii cu care poate confrunta o companie în prezent și în viitorul apropiat. Investiția inițială semnificativă poate fi considerată extrem de riscantă sau, uneori, pur și simplu intangibilă, pentru a putea fi justificată.

Să luăm exemplul unui producător de echipamente originale (*engl. Original Equipment Manufacturer, OEM*) din industria auto sau al unei companii furnizor de nivel 1<sup>17</sup>. Procesele de producție la nivelul acestora sunt atât de interconectate, încât orice întrerupere poate fi critică pentru livrări (Caseta 8).

### Caseta 8: Structura pe niveluri a furnizorilor din industria auto – provocări pentru tranziția la fabricația aditivă

Industria automobilelor este caracterizată de lanțuri logistice complexe și strâns interconectate. În loc să își producă toate componentele în interiorul întreprinderii, producătorii de automobile achiziționează modulele individuale de la furnizori specializați. La rândul lor, acești furnizori vor asambla componentele livrate de furnizorii de componente specializați. Furnizorii de componente individuale se regăsesc pe al treilea nivel.

Astfel de limite între nivelurile furnizorilor nu sunt întotdeauna clar definite în realitate. Un furnizor poate fi atât de nivelul 1, cât și de nivelul 2: de exemplu, o întreprindere poate livra module de antenă atât producătorilor de echipamente originale, cât și furnizorilor de nivelul 1.

Legăturile strânse dintre producătorii de echipamente originale (OEM) și furnizorii acestora la fiecare nivel de furnizare prezintă provocări speciale pentru buna funcționare a procesului. Integrarea orizontală a multor furnizori diferiți și verticală, a furnizorilor acestora, va impune, de exemplu, ca, pentru a asigura aprovizionarea cu module, componente și piese individuale, cantitățile necesare și caracteristicile tehnice ale acestora să fie comunicate rapid și eficient. Acesta este un factor critic al succesului, în special în cazul proceselor de fabricație „just-in-time” și „just-in-sequence”. Schimbul electronic de date este utilizat pentru a asigura comunicarea, în timp ce conceptele de program de livrare și de livrări „just-in-time” pot fi, de exemplu, implementate. Organizațiile de standardizare, precum ODETTE și VDA, au elaborat deja numeroase standarde utile pentru a permite funcționarea eficientă a proceselor de aprovizionare în industria automobilelor.

În afară de mesajele logistice, cum ar fi cele care vizează programele de livrare, avizele de expediere etc., este esențială existența unui proces continuu de comunicare cu privire la ingineria digitală. Aceasta va include, de exemplu, schimbul de date de construcție, cum ar fi planurile de proiectare asistată de calculator (*engl. Computer-aided design, CAD*) și altele asemenea.

**OEM:** Producător de echipamente originale (asamblare finală automobil)

**Nivel 1:** Furnizor de module/ sisteme (modul de iluminare, habitacul, sistem de închidere etc.)

**Nivel 2:** Furnizor de componente (unitate de control, suprafețe vitrate, unitate radio, mânere învelitori etc.)

**Nivel 3:** Furnizor de piese (piese auto individuale)

Sursa: Sinteză a autorului pe baza informațiilor publicate pe pagina Web Ecosio (Liegl, 2021).

Așadar, deciziile de îmbunătățire a liniilor de producție în ramurile de activitate economică puternic integrate prin adoptarea de noi tehnologii, trebuie să fie luate pe baza unor dovezi solide,

și poziționarea și viteza componentelor mașinii-unelte. Frezele, strungurile, polizoarele și laserele sunt mașini-unelte obișnuite ale căror operațiuni pot fi automatizate cu ajutorul CNC. De asemenea, CNC poate fi utilizat pentru a controla echipamente care nu sunt mașini-unelte, cum ar fi utilajele de sudură, de asamblare electronică și de înfășurare a filamentelor (<https://searcherp.techtarget.com/definition/computer-numerical-control-CNC>).

<sup>17</sup> Furnizorii sunt denumiți de nivel 1, 2, 3, în funcție de distanța la care se află față de OEM. În acest context, clasificarea reflectă structura sub-furnizorilor.

afectate minimal de incertitudini. Așa cum am văzut, fabricația aditivă oferă atât oportunități de optimizare tehnică, cât și riscuri asociate.

*Perspectivile pieței mondiale a serviciilor de imprimare tridimensională. Implicații pentru China.*

Piața serviciilor de imprimare 3D (engl. 3D as a Service, 3DaaS) se referă la servicii oferite de către furnizorii de servicii de imprimare 3D către companii, sub oricare dintre formele de piese imprimate 3D, de la prototipuri rapide, la componente produse de imprimantele 3D, precum și serviciile conexe, cum ar fi actualizările de software sau mentenanța pentru hardware.

Un raport recent preconizează că piața globală a serviciilor de imprimare 3D va crește de la 4,97 miliarde USD în 2020 la 6,76 miliarde de dolari în 2021 și va atinge 16,3 miliarde de dolari în 2025 (Caseta 9).

**Caseta 9: Estimări recente privind evoluția pieței globale serviciilor de imprimare 3D (3DaaS), în perioada 2020-2025**

Piața globală a serviciilor de imprimare 3D este estimată să crească de la 4,97 miliarde USD în 2020 la 6,76 miliarde de dolari în 2021, cu o rată de creștere anuală compusă (CAGR) de 36%.

Reducerea costurilor de producție și a timpilor de nefuncționare a proceselor a contribuit la creșterea pieței serviciilor de imprimare 3D, în general. Creșterea recentă se datorează în principal companiilor care își reiau operațiunile, se redresează de pe urma impactului COVID-19 – care a impus anterior adoptarea de măsuri restrictive de punere sub control a evoluției pandemice, ce au inclus distanțarea socială, munca la distanță și suspendarea activităților comerciale și care au generat provocări de natură operațională jucătorilor de pe piață – și se adaptează la noua normalitate. Autorii raportului preconizează că piața va atinge valoarea de 16,3 miliarde de dolari în 2025, cu o rată accelerată de creștere, de 25%.

Principalii jucători de pe piața serviciilor de imprimare 3D sunt:

- ✓ *3D Systems Corporation (SUA),<sup>18</sup>*
- ✓ *Stratasys (Israel),<sup>19</sup>*
- ✓ *Materialise NV (Belgia),<sup>20</sup>*
- ✓ *ExOne (SUA),<sup>21</sup>*
- ✓ *Arcam (Suedia),<sup>22</sup>*
- ✓ *ProtoLabs - 3D Rapid Prototyping Company (Marea Britanie),<sup>23</sup>*
- ✓ *HP Inc. (SUA),<sup>24</sup>*
- ✓ *SLM Solutions Group (Germania)<sup>25</sup> și*
- ✓ *ARC Group Worldwide (SUA).<sup>26</sup>*

<sup>18</sup> <https://www.3dsystems.com/>.

<sup>19</sup> <https://www.stratasys.com/>.

<sup>20</sup> <https://www.materialise.com/en>

<sup>21</sup> <https://www.exone.com/>.

<sup>22</sup> <https://www.arcam.co.uk/>.

<sup>23</sup> <https://www.protolabs.co.uk/>

<sup>24</sup> <https://www.hp.com/us-en/home.html>.

<sup>25</sup> <https://www.slm-solutions.com/>.

<sup>26</sup> <https://arcw.com/>.

Tehnologia de imprimare 3D ajută companiile să își reducă substanțial costurile de producție, să reducă timpii morți și să minimizeze deșeurile. Prin utilizarea imprimării 3D pentru prototipuri, companiile pot reduce semnificativ și costurile de dezvoltare a noilor produse. Forța de muncă limitată implicată în acest proces contribuie, de asemenea, la diminuarea costurilor de fabricație. Datorită imprimării 3D, timpul de fabricație poate fi redus de la câteva luni la câteva zile. De exemplu, pentru a imprima o carcasă de telefon este nevoie de aproximativ 20 de minute și, în mod similar, o piesă Lego 2x4 poate fi imprimată în 4 minute. Prin urmare, reducerea costurilor de fabricație și a timpilor procesuali neproductivi a determinat majorarea cererii pe piața serviciilor de imprimare 3D.

Imprimarea oricărui obiect care are probleme legate de drepturile de proprietate intelectuală este considerată act neautorizat și poate face obiectul unei acțiuni de constatare a încălcării brevetului. Acest factor îngreunează creșterea pieței serviciilor de imprimare 3D întrucât produsele disponibile pentru imprimare pe piața serviciilor de imprimare 3D sunt relativ mai puține decât cele care pot face obiectul tipăririi tridimensionale din punct de vedere tehnic.

Produsele imprimate 3D sunt utilizate pe scară largă în industria de îngrijire a sănătății. Companiile farmaceutice își pot îmbunătăți semnificativ activitatea de cercetare-dezvoltare de medicamente prin intermediul imprimării 3D, ținând cont de faptul că tehnologia ar putea fi folosită chiar și pentru a imprima țesuturi și organe umane. Cu toate acestea, pentru a imprima un organ, este necesar a fi achiziționat brevetul aferent codului produsului destinat construcției 3D, ceea ce face ca prețul produsului să fie ridicat. Prin urmare, proprietatea intelectuală asupra produselor de imprimare limitează creșterea pieței serviciilor de imprimare 3D.

Piața serviciilor de imprimare 3D acoperită în raport este segmentată în funcție de oferta de servicii în: producția de instrumente și dispozitive, producția de piese, servicii software, mentenanță de sistem și servicii de specialitate, iar în funcție de utilizatorul final, în: produse de consum, piese auto, sănătate; produse pentru industria aerospațială, respectiv apărare.

Furnizorii de servicii de imprimare tridimensională oferă soluții de imprimare 3D bazate pe *cloud*. Platforma de gestionare a imprimării tridimensionale bazată pe *cloud* poate fi utilizată de către orice persoană, întreprindere, școală sau birou de servicii pentru a reda, repara, stoca în siguranță modelul 3D și a-l transmite către imprimanta tridimensională, în condiții de urmărire și analiză completă a datelor. În cadrul evenimentului TCT Asia 2019 din China, *Ultimaker (Olanda)*,<sup>27</sup> unul dintre liderii mondiali în domeniul imprimării tridimensionale de birou (*engl. desktop 3D printing*), a lansat platforma *Ultimaker Cloud*. Compania va oferi o soluție esențială de platformă având capacități de simplificare a fluxului de lucru al utilizatorului și asigurând compatibilitatea cu o mare varietate de aplicații software și materiale.

În decembrie 2020, *Stratasys Ltd.*, un producător americano-israelian de imprimante 3D și sisteme de producție 3D, a semnat un acord de achiziție a start-up-ului de imprimare 3D *Origin Inc.* pentru o sumă totală de până la 100 de milioane de dolari, sub formă de numerar și acțiuni. Achiziția va permite *Stratasys* să utilizeze platforma de fotopolimerizare și ecosistemul extins de materiale al *Origin* pentru a se extinde pe segmentul de piață al producției de masă a pieselor cu ajutorul unei platforme de fotopolimerizare de ultimă generație.

Sursa: Sinteză a autorului, pe baza informațiilor publicate pe pagina Web Research and Markets (Research and Markets, 2021b).

Pentru producătorii care intenționează să utilizeze fabricația aditivă ca mijloc de răspuns la provocări ce țin de natura puternic integrată a multora dintre industriile prelucrătoare, o potențială soluție este să implementeze o „producție de testare” prin intermediul imprimării 3D ca serviciu (*engl. 3D as a Service, 3DaaS*), un concept care s-a dovedit a fi de succes în producția multor piețe.

Dacă reluăm exemplul discutat anterior, al unui producător chinez de echipamente originale (*engl. Original Equipment Manufacturer, OEM*) din industria auto, este destul de clar că acestuia nu-i va fi foarte ușor să re tehnologizeze rapid o linie de producție prin conversia către fabricația aditivă, cerințele investiționale fiind restrictive. Ca atare, o bună alternativă pentru un astfel de producător este aceea de a testa dacă o anumită operațiune sau, în orice caz, un număr limitat de operațiuni pot fi derulate cu succes prin utilizarea de piese sau componente tipărite ca serviciu, în primă instanță, pentru ca apoi producătorul să opteze pentru plata în funcție de utilizarea platformei 3DaaS sau de producția necesară. În esență, 3DaaS poate fi utilizat pentru testarea inițială a conceptului de fabricație

<sup>27</sup> <https://ultimaker.com/>.

aditivă (*engl. proof of concept*), respectiv ca alternativă permanentă de utilizare a fabricației aditive, ulterior (Lin & Kaiser, 2020).

*Opțiuni de reacții ale companiilor transnaționale (CTN) la mutarea companiilor chineze pe tabla de șah a fabricației aditive*

Pe termen mediu și lung, fabricația aditivă va deveni cu destul de mare probabilitate o etapă esențială a întregului proces de tranziție a colosului producător chinez la tehnologii avansate, iar această evoluție probabilă va avea implicații semnificative atât pentru companiile transnaționale care oferă soluții și servicii de fabricație aditivă, cât și pentru acele multinaționale care vor utiliza fabricația aditivă pentru propriile linii de producție. Modul în care acest din urmă grup va reacționa va genera, de asemenea, consecințe importante pentru lanțurile de aprovizionare ale companiilor chineze, care vor fi încurajate să își dezvolte în continuare capabilitățile de fabricație aditivă.

De asemenea, constructorii occidentali de echipamente de imprimare tridimensională care doresc să își dezvolte afacerile în China se vor confrunta cu provocări specifice diferite de cele pe care le-au întâmpinat pe propriile piețe naționale, respectiv pe piețele străine diferite de cea chineză, ținând cont de decalajele tehnologice istorice în materie de hardware, software și materiale înregistrate între companiile transnaționale și cele chineze, în general, în defavoarea celor din urmă.

Așa cum am mai menționat, constructorii chinezi de echipamente de fabricație aditivă tind să recupereze rapid și substanțial din decalajul existent în domeniul tehnologiilor și al modelelor inovatoare, bazându-se pe valorificarea avantajelor politicilor locale. În acest context, pentru a putea face față concurenței sporite la nivel local, companiile occidentale vor trebui să reacționeze și să se orienteze spre localizarea unităților productive pe piața chineză.

*Localizarea unităților de producție occidentale specializate în fabricația aditivă pe piața chineză*

Pentru a concura cu succes cu jucătorii locali în viitorul apropiat, o prioritate absolută pentru companiile transnaționale specializate în dezvoltarea de soluții de imprimare tridimensională va fi localizarea lanțului de aprovizionare al acestora în China, cât mai repede posibil.

Acest lucru prezintă provocări precum cele legate de respectarea drepturilor de proprietate intelectuală, de ușurința cu care la nivel local pot fi încheiate și operaționalizate parteneriate, de gradul de penetrare și acoperire al pieței locale, precum și de dinamica unor echipe alcătuite preponderent din jucători locali, pentru a enumera doar câteva dintre ele.

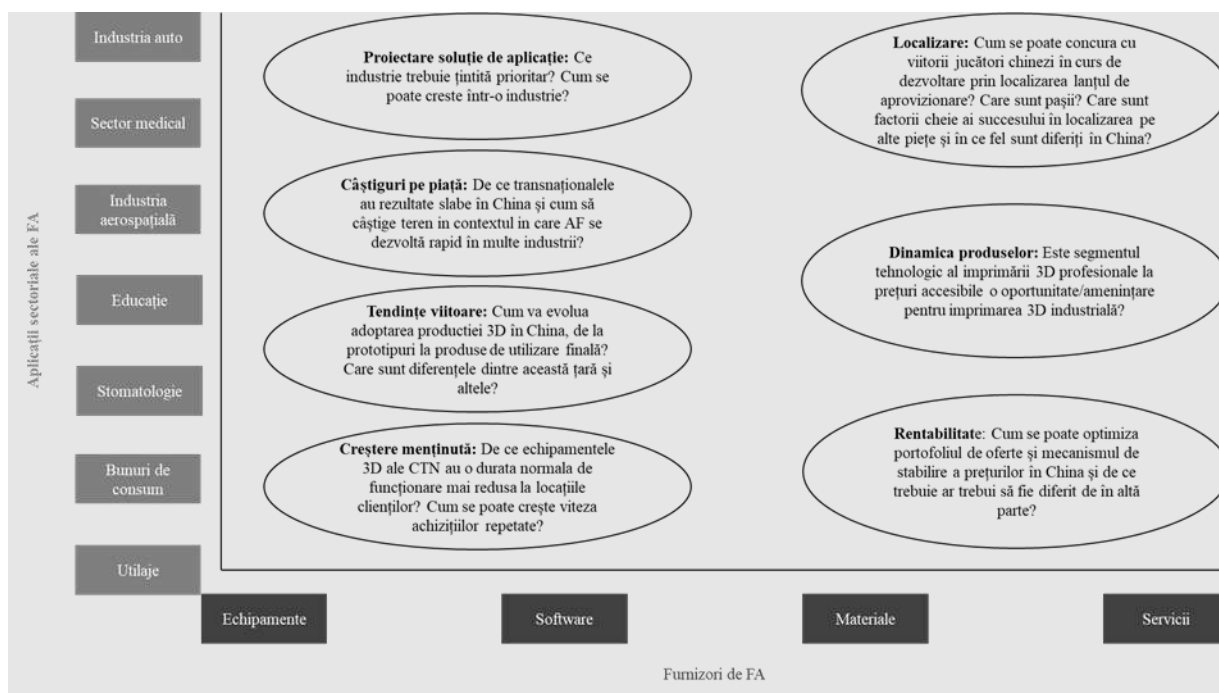
Cu toate acestea, 3DaaS poate reprezenta o soluție pentru provocările localizării, acționând ca o punte către dezvoltarea unei prezențe semnificative pe o piață, în contextul în care clienții locali au, de multe ori, nevoie să beneficieze de o testare cu risc scăzut a tehnologiei, înainte de a investi fonduri CapEx<sup>28</sup>. Ca atare, în viitorul apropiat analiștii chinezi se așteaptă la apariția pe piața locală a unei

---

<sup>28</sup> Cheltuielile de capital (*engl. capital expenditures, CapEx*) sunt fonduri utilizate de o companie pentru a achiziționa, moderniza și întreține active fizice, cum ar fi proprietăți, instalații, clădiri, tehnologie sau echipamente. CapEx este adesea utilizat pentru a întreprinde noi proiecte sau investiții de către o companie (<https://www.investopedia.com/terms/c/capitalexpenditure.asp>).

serii de jucători internaționali specializați în 3DaaS (Lin & Kaiser, 2020). În cele din urmă, deoarece piața chineză este caracterizată de un ritm mai accelerat de expansiune și de o cerere în creștere mai rapidă în comparație cu majoritatea celorlalte piețe, constructorii străini de echipamente trebuie să descopere căi pentru o localizare confortabilă pentru a putea concura cu mai mult succes companiile chineze (și, posibil, alte companii transnaționale) și a dobândi o cotă semnificativă pe piață și o creștere susținută. Profitabilitatea devine prioritară odată ce intrarea pe piață este considerată o etapă de traseu parcursă cu succes. Cu toate acestea, obținerea unui echilibru durabil între vânzările de echipamente, vânzările de materiale, respectiv de servicii, va fi întotdeauna dificilă. **Figura 3** sintetizează o serie de întrebări, ce reprezintă tot atâtea provocări pentru companiile transnaționale furnizoare de servicii de fabricație cu care acestea se confruntă frecvent în China.

**Figura 3: Fabricația aditivă în China – elemente definitorii ale industriei, provocări și oportunități pentru investitorii străini**



Sursa: Reprezentare sintetică a autorului, pe baza Lin & Kaiser (2020).

*Strategii corporative de tranziție la tehnologiile de fabricație aditivă*

Ținând cont de provocările discutate anterior, se pune problema identificării opțiunilor de acțiune pe care jucătorii de pe piață ar trebui să le aibă în vedere pe termen lung, respectiv a întrebărilor cărora producătorii chinezi și companiile transnaționale, care intenționează să adopte tehnologii de fabricație aditivă ar trebui să le găsească răspunsuri adecvate pentru a transforma îndepărtarea de metodele mai tradiționale de producție într-un demers dacă nu facil, măcar într-unul neafectat de incertitudini majore.

Punctul de plecare ar trebui să fie o trecere în revistă însoțită de o analiză amănunțită a avantajelor pe care le pot obține pe termen mediu și lung prin implementarea fabricației aditive în propriile operațiuni. Ne referim la avantaje specifice în ceea ce privește rentabilitatea investiției (*engl. return on investment RoI*), precum și în ceea ce privește realizarea de progrese în domeniul fabricației inteligente și al adoptării tehnologiilor specifice Industriei 4.0. Având în vedere investițiile necesare și costurile implicate de trecerea la fabricarea aditivă, o analiză a abordării tranziției prin apelarea inițială la serviciile de imprimare tridimensională (3DaaS) reprezintă punct de plecare evident.

De asemenea, producătorii deja maturi trebuie să ia în considerare provocările pe care le pot aduce *start-up*-urile care utilizează exclusiv tehnologii de fabricație aditivă în procesele de producție, ce pot reprezenta o amenințare disruptivă pentru operatorii tradiționali care încă se bazează pe sisteme de echipamente cu control numeric computerizat (*engl. computer numerical control CNC*). Astfel de competitori pot fi mult mai flexibili în operare și pot beneficia totodată de avantajul unor cheltuieli de investiții apropiate de zero, în contextul dimensiunii inițial reduse a operațiunilor acestora și al abundenței soluțiilor inovative de finanțare a acestui tip de inițiative.

### 3. Concluzii

China oferă fabricației aditive un ecosistem propice dezvoltării, în continuă expansiune și diversificare, oferind condițiile necesare pentru ca o multitudine de jucători de pe piață să-și dezvolte în mod corespunzător afacerile. Trebuie reamintit, însă, că deși fabricația aditivă va deveni din ce în ce mai relevantă pentru mulți producători din multe sectoare de activitate din China, trecerea de la prototipuri la producția de masă prezintă provocări unice și semnificative, care trebuie depășite.

Producătorii chinezi sunt conștienți de avantajele unice de proiectare și producție oferite de producția digitală. Cu toate acestea, pe măsură ce adoptarea globală a imprimării 3D în scopuri de producție sporește, datorită progreselor tehnologice recente și a capacităților unice de proiectare și producție, China rămâne concentrată pe imprimarea 3D ca tehnologie utilizată preponderent în scopuri de prototipare. Acest lucru se întâmplă în ciuda faptului că 50% dintre producătorii chinezi conștientizează că adoptarea globală a imprimării 3D poate pune în pericol poziția Chinei de lider în domeniul producției industriale.

Mai mult, peste 40 la sută dintre producătorii chinezi consideră că imprimarea 3D are potențialul de a avea un impact asupra modelului global de distribuție a bunurilor cu o producție localizată.

În cuvintele lui Stefaan Motte, vicepreședinte și director general al diviziei de software a *Materialise*: *China deține încă un avantaj competitiv în domeniul producției, și cred că această țară va rămâne o putere producătoare globală în viitorul apropiat. Cu toate acestea, China înțelege că trebuie să ridice nivelul competitivității sale în domeniul producției pentru a face față concurenței tot mai sporite și pentru a se îndepărta de statutul de atelier cu costuri reduse al lumii. Imprimarea 3D joacă un rol important în acest plan* (Materialise, 2019).

## Referințe bibliografice

- 3D Insider. (2020). *How Much Does a 3D Printer Cost?* Retrieved noiembrie 15, 2021, from 3D Insider: <https://3dinsider.com/cost-of-3d-printer/>.
- 3D Systems Corporation. (2015, aprilie 6). *News Release*. Retrieved septembrie 15, 2021, from 3D Systems: [https://www.3dsystems.com/sites/default/files/2016/3ds\\_acquires\\_easyway\\_model\\_and\\_design\\_v12.pdf](https://www.3dsystems.com/sites/default/files/2016/3ds_acquires_easyway_model_and_design_v12.pdf).
- Alsop, T. (2021, mai 19). *Most used 3D printing technologies worldwide 2021*. Retrieved noiembrie 15, 2021, from Statista: <https://www.statista.com/statistics/560304/worldwide-survey-3d-printing-top-technologies/>.
- China Economic Review. (2017, februarie 27). Chinese wages higher than Brazil, Mexico. *China Economic Review*. Retrieved septembrie 1, 2020, from <https://chinaeconomicreview.com/chinese-wages-higher-brazil-mexico/>.
- Cook, B. S. (2014). *Vertical integration of inkjet-printed RF circuits and systems (VIPRE) for wireless sensing and inter/intra-chip communication applications*. Georgia Tech Theses and Dissertations. Retrieved noiembrie 15, 2021, from <http://hdl.handle.net/1853/51844>.
- Engineering Product Design. (2017-2021). *Additive Manufacturing*. Retrieved noiembrie 15, 2021, from Engineering Product Design: <https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/additive-manufacturing-processes/#>
- GE Additive. (n.d.). *Better performance from fewer parts*. Retrieved noiembrie 15, 2021, from GE: <https://www.ge.com/additive/additive-manufacturing/industries/aviation-aerospace>.
- Han, P. (2017). Additive Design and Manufacturing of Jet Engine Parts. *Engineering*, 3(5), 648-652. doi:<https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.017>.
- Haria, R. (2018, decembrie 1). *News*. Retrieved octombrie 15, 2021, from 3D Printing Industry: <https://3dprintingindustry.com/news/china-action-plan-3d-printing-3-billion-2020-126119/>.
- Ishengoma, F. R., & Matho, A. B. (2014). 3D Printing: Developing Countries Perspectives. *International Journal of Computer Applications*, 104(11), 33-34. doi:[https://ui.adsabs.harvard.edu/link\\_gateway/2014IJCA..104k..30R/doi:10.5120/18249-9329](https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2014IJCA..104k..30R/doi:10.5120/18249-9329).
- Korpela, M., Riikonen, N., Salminen, A., & Nyrhilä, O. (2020). Additive Manufacturing—Past, Present, and the Future. In M. K. Collan M. (Ed.), *Technical, Economic and Societal Effects of Manufacturing 4.0*. (pp. 17-41). Palgrave Macmillan, Cham. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-030-46103-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-46103-4_2).
- Liegl, P. (2021, iulie 13). *Ecosio*. Retrieved iulie 30, 2021, from What is a tier supplier?: <https://ecosio.com/en/blog/what-is-a-tier-supplier/>.
- Lin, T., & Kaiser, F. (2020). *From Prototyping to Production - Facing the Challenges of Growing Additive Manufacturing in China*. Shanghai: InterChina. Retrieved iunie 30, 2021, from [www.InterChinaConsulting.com](http://www.InterChinaConsulting.com)
- Materialise. (2019). *Chinese Manufacturers and 3D Printing*. Leuven: Materialise. Retrieved octombrie 15, 2021, from <https://www.materialise.com/en/press-releases/materialise-survey>.
- NASA. (2013). NPR 7123.1B. *NASA Procedural Requirements - Systems Engineering Processes*.
- OECD. (2019, March). *R&D Tax Incentives: People's Republic of China, 2018*. Retrieved November 12, 2019, from <http://www.oecd.org/sti/rd-tax-stats-china.pdf>.
- RAPID + TCT. (2018). Accelerating 3D manufacturing at RAPID + TCT. *Manufacturing Engineering*, 160(4), 88–95.
- Research and Markets. (2021a). *Additive Manufacturing & Material - Global Market Trajectory & Analytics*. Research and Markets. Dublin: Global Industry Analysts, Inc. Retrieved mai 30, 2021, from [https://www.researchandmarkets.com/reports/4804521/additive-manufacturing-and-material-global?utm\\_source=BW&utm\\_medium=PressRelease&utm\\_code=dv5mzh&utm\\_campaign=1591433+-+%2415.4+Billion+Worldwide+Additive+Manufacturing+%26+Material+Industry+to+2027+-+Lat](https://www.researchandmarkets.com/reports/4804521/additive-manufacturing-and-material-global?utm_source=BW&utm_medium=PressRelease&utm_code=dv5mzh&utm_campaign=1591433+-+%2415.4+Billion+Worldwide+Additive+Manufacturing+%26+Material+Industry+to+2027+-+Lat).
- Research and Markets. (2021b). *3D Printing Services Global Market Report 2021: COVID-19 Growth and Change to 2030*. Research and Markets. Dublin: Research and Markets. Retrieved iunie 30, 2021, from <https://www.researchandmarkets.com/reports/5321428/3d-printing-services-global-market-report-2021>.
- Sher, D. (2019, mai 15). *Voxeljet opens new Asian facility in Shanghai*. Retrieved august 15, 2021, from 3D Printing Media Network - The Pulse of the AM Industry: <https://www.3dprintingmedia.network/voxeljet-opens-new-asian-facility-in-shanghai/>.
- SHINING 3D. (2019). *About SHINING 3D*. Retrieved from SHINING 3D: <https://www.shining3d.com/about-us/>
- Straub, J. (2015). 10. Aerospace. In J. Straub, *In search of technology readiness level (TRL)*.
- Wohlers Associates. (2021). *Wohlers Report 2021. 3D Printing and Additive Manufacturing. Global State of the Industry*. Wohlers Associates. Washington DC: Wohlers Associates. Retrieved from <http://wohlersassociates.com/2021report.htm>.
- Xi'an Bright Laser Technologies Co. (BLT). (n.d.). *About us*. Retrieved iunie 30, 2021, from BLT: <https://www.xa-blt.com/en/blt/about/>.
- Xinhua. (2020, noiembrie 15). *China's additive manufacturing sector sees rising revenue, profits*. Retrieved august 15, 2021, from The State Council of the People's Republic of China: [http://english.www.gov.cn/archive/statistics/202011/15/content\\_WS5fb09f23c6d0f7257693fc3e.html](http://english.www.gov.cn/archive/statistics/202011/15/content_WS5fb09f23c6d0f7257693fc3e.html)



- Xinhua. (2021, octombrie 12). *China's auto sales up 8.7% in first nine months*. Retrieved octombrie 15, 2021, from The State Council of the People's republic of China: [http://english.www.gov.cn/archive/statistics/202110/12/content\\_WS61658febc6d0df57f98e18b6.html](http://english.www.gov.cn/archive/statistics/202110/12/content_WS61658febc6d0df57f98e18b6.html).
- Yan, S. (2017, februarie 27). 'Made in China' isn't so cheap anymore, and that could spell headache for Beijing. *CNBC*. Retrieved septembrie 1, 2020, from <https://www.cnbc.com/2017/02/27/chinese-wages-rise-made-in-china-isnt-so-cheap-anymore.html>.

---

Vă rugăm să citați acest articol astfel:

Voinescu, R.. (2021). Fabricația aditivă: va deveni China fabrica de imprimare 3D a lumii în viitorul apropiat?, *Revista de Economie Mondială*, Vol. 13 (Nr. 2), pp. 23-47.

---