

Impressió 3D: Quan en dèiem “Rapid prototyping”

Cesc Mestres-Domènech

ESEIAAT. Enginyeria de Projectes i de la Construcció (UPC)

ESEIAAT. Enginyeria Gràfica i de Disseny (UPC)

Jose Luis Lapaz Castillo

ESEIAAT. Enginyeria Gràfica i de Disseny (UPC)

Resum

En la següent publicació, d'una forma potser molt anecdòtica, es repassa la trajectòria històrica de la penetració de la fabricació additiva a la indústria i a la societat, fins a conèixer-la com a impressió 3D.

Alhora, es pretén descriure quins són les principals característiques que ajudaran a seleccionar aquests processos industrials per aportar valor a la fabricació de productes i altres elements, com poden ser equips, màquines, utilitatges, etc. Però sense deixar de mencionar quines són les limitacions actuals que fan que la selecció d'aquestes tecnologies no siguin les més òptimes. I com a conclusió d'aquesta part, seguir aportant valor les tradicionals, però encara emergents, tecnologies tradicionals que cobreixen les mancances de la fabricació additiva.

Al final, s'afegeixen exemples de reptes de productes solucionats amb fabricació additiva metàl·lica (SLM) proposats als estudiants del Màster universitari en Estudis Avançats en Disseny-Barcelona).

Abstract

The following publication, perhaps in a very anecdotal way, reviews the historical trajectory of the penetration of additive manufacturing into industry and society, to the point of knowing it as 3D printing.

At the same time, the aim is to describe the main characteristics that will help to select these industrial processes to add value to the manufacture of products and other components, such as equipment, machines, tools, etc. But keep in mind the current limitations that make the selection of

these technologies, maybe does not the best way. And as a conclusion of this chapter, continue to add value to the traditional technologies, but still emerging, that cover the shortcomings of additive manufacturing. At the end, it will be able to discover examples of challenges of products solved with metal additive manufacturing (SLM) proposed to the students of the Master's Degree in Advanced Studies in Design-Barcelona) are added.

1. Quan en dèiem “Rapid prototyping”

Ens agrada començar amb aquesta reflexió sobre la qüestió que provoca aquest primer capítol, “quan en dèiem *rapid prototyping*”. I és que en aquesta publicació: *From rapid prototyping to home fabrication: How 3D Printing is changing business model innovation* (Rayna & Striukova, 2016) es descriu molt bé l'evolució de denominacions de la impressió 3D, comunament denominada actualment, i que es pretén desplegar en aquest context històric que s'explica a continuació:

El *rapid prototyping* és una tecnologia basada amb l'estereolitografia (sinterització làser selectiva d'un polímer per capes) que apareix a finals de la dècada dels 80 i es converteix operativa a la indústria a principis de la dècada dels 90.

Si ens adonem, s'anomena prototip ràpid per que la finalitat no fou altre que reproduir d'una forma més o menys ràpida un prototip de producte en material polimèric previ a la sèrie, per avaluar-ho com a prototip abans de fabricació del medi de producció. Sovint, aquest medi de producció era un motllo d'injecció on amb el prototip ràpid es podia analitzar detalls de funcionalitat i estètica per anticipar-se a errors de producte i tots els sobre costos de futures modificacions que podrien ocasionar en el medi de producció. En aquest cas, el valor de la tecnologia recau molt directament sobre el disseny del producte.

Seguint el mateix sector, el de la injecció de plàstic i també el de la injecció metàl·lica, apareix una altre necessitat en la mateixa línia de prototipat on, el que interessa en aquest cas, és prototipar el propi

motllo. Aquesta tecnologia apareix cap a finals de dècada dels 90 i consisteix en un similar procés tecnològic de sinterització metàl·lica que substitueix als processos laboriosos de mecanitzats per subtracció de material. En aquest cas, el valor de la tecnologia recau tan en el disseny de la peça que es fabricarà i també ofereix un valor afegit en l'utilatge per a fabricació (motllo). Aquesta tecnologia se la coneixia com a *rapidtooling*.

Però és a finals de la dècada dels anys 2000 quan els dissenyadors usuaris d'impressores 3D comencen a proposar utilitzar la fabricació additiva per a fabricació directe de producte. I aquest fet succeeix sobretot en el marc de la cultura *maker* i de la filosofia *Do it yourself* (DIY).

Però no ens enganyem, la indústria més tradicional, com la que poden oferir companyies com EOS (fabricants de maquinaria per a fabricació additiva), o l'emergent proposta d'HP amb la tecnologia *Multi Jet Fusion* d'impressió de "píxels 3D" basat amb la filosofia de les tradicionals impressores d'injecció de tinta 2D, ja estan proposant a dita indústria la fabricació directe de producte, evidentment encara a petita sèrie o peça molt exclusiva. I a on pren molta força aquesta fabricació de producte exclusiu, és en sectors com poden ser l'aeronàutica i salut. Utilitzant aquestes tecnologies exclusives de sinterització de peça metàl·lica amb metalls i geometries molt tècniques i interessants pel producte, que amb una altre procés de fabricació seria impossible resoldre a vegades.

D'aquesta nova onada de fabricació additiva també se la sol conèixer com *Direct Digital Manufacturing* (Fabricació digital directe). On el concepte consisteix en la fabricació del producte amb impressora 3D o tecnologia de fabricació additiva a partir de les dades digital (CAD), sense la necessitat d'utilitzar motlles o mecanitzats. En aquest cas, el valor de la tecnologia també recau amb força sobre la fabricació o producció del propi producte.

L'últim i més recent escenari és el que es coneix més popularment com la impressió 3D o *Home manufacturing* (la fabricació a casa). En

aquest estadi el concepte ha canviat i molts consideren que la fabricació s'ha democratitzat, la fabricació d'objectes és més sostenible i d'una forma molt local i succeeix el fenomen de la personalització de producte on tothom pot dissenyar.

Aquesta forma de fabricar recau molt en la utilització de diferents repositoris a la xarxa (cloud) on cercar diferents geometries, que a vegades es poden personalitzar amb programes de disseny bàsic de codi obert, i que seran fabricades generalment amb impressores de filament de polímer o tallades amb diferents materials amb màquines de tall làser.

I com s'ha esmentat abans, aquest és un episodi de fabricació que apareix en aquest escenari de la cultura *maker*, en espais de fabricació digital com els FabLabs on coincideixen sobretot molts estudiants, joves emprenedors i alguns curiosos que comencen a tastar aquest mode de fabricació com un *hobby*. En aquest cas, el valor de la tecnologia recau també en la mode de distribució de producte, com mai s'havia vist en altres ocasions des de la primera revolució industrial.

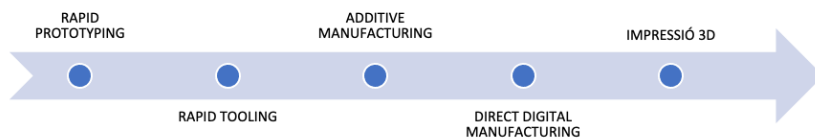


Figura 1. Nomenclatura històrica de la fabricació additiva

2. La tecnologia de fabricació additiva

Tal i com indica el seu mot, la fabricació additiva es tracte d'afegir material per a la construcció de models. Tradicionalment, la fabricació ha estat més substractiva, que no pas additiva. I aquest fet, canvia notablement el paradigma de la fabricació.

Per aconseguir afegir material per a la fabricació, existeixen tres tecnologies bàsiques de fabricació additiva:

- **Estereolitografia:** Solidificació de capes de resina líquida continguda en un dipòsit (cubeta) a partir d'un làser de llum ultraviolat. Cal utilitzar post-processos de curat i neteja de geometries de suport.
- **Sinteritzat làser:** Sinteritzat localitzat a una cubeta de partícules de pols (polimèrica o metàl·lica) que es van fonen i/o difonen entre ella, solidificant cada capa la geometria desitjada. Sovint, cal utilitzar post-processos per millorar el seus acabats superficials. Com per exemple, un sorrejat i/o pintats.
- **Deposició de material:** Possiblement el procés més domèstic de les tecnologies de fabricació additiva. Tracte d'anar dipositant per capes material fos de polímer que es van distribuint per cada una d'aquestes capes en X/Y, avançant en Z per anar construint una figura tridimensional. Treballa com una CNC de 2 eixos i ½.

2.1. Característiques de la fabricació additiva

El nou paradigma, sobretot en repensar el disseny de producte, ha evolucionat gracies a entrar en joc un nou procés industrial. Però, quines són aquestes característiques que fan que el disseny per a la fabricació additiva canviï? A continuació s'expliquen les principals característiques:

- **Llibertat geomètrica:** La majoria de les tecnologies de fabricació additiva, sobretot la polimèrica no FDM, les limitacions geomètriques, per culpa de condicionants de mètodes de fabricació tradicional, no existeixen. Condicionants tipus: sortides de motllo, desmoldeig, correderes, etc. A més, les oportunitats de simulació, aporten molt en l'optimització d'aquestes geometries.
- **Personalització:** Permet la personalització de components. Alhora, no hem de "congelar" el disseny per la construcció de motllos i utilitatges. congelació" del disseny de qualsevol component o conjunt. Permet iteracions de disseny en fases de prototipi i series curtes. Alhora, permet fabricar components descatalogats o antics.

- **No utillatges / motllos:** Molt relacionat amb la característica anterior, la no dependència a un utillatge o motllo, resulta molt més concurrent el disseny i la fabricació. Poden aportar millores de disseny o modificacions en etapes avançades de la fabricació de producte.

- **Fabricació d'assemblatges:** Respectant certs paràmetres de la fabricació additiva, s'obre una oportunitat de fabricació de components ja assemblats. En aquest sentit, el paradigma del disseny, canvia radicalment en la forma de pensar de la fabricació i muntatge tradicional.

- **Fabricació de series curtes:** Molt determinat per les limitacions de la fabricació additiva, fa que aquest sigui una opció molt vàlida per a prototipatge o fabricació de series curtes de components. Encaixa molt bé, on la inversió en motllos no té sentit per el volum de fabricació. Ajudant a la rapidesa i per tant a la innovació.

- **Sostenibilitat en la fabricació digital:** L'oportunitat de fabricar àtoms a partir de dades és molt sostenible. L'idea de poder dissenyar globalment i fabricar localment amb una impressora a l'altre punta del món, i amb la quantitat necessària (sense stock), ho fa encara molt més òptim.

2.2. Les limitacions de la fabricació additiva

Però s'ha d'estar alerta i ser alhora coneixedor que la tecnologia també té limitacions. A continuació s'esmenten les limitacions actuals:

- **Selecció de materials:** La fabricació additiva industrial més comuna, permet fabricar amb materials polimèrics (no tots) i alguns metàl·lics (acer, alumini i titani). Sent aquesta última tecnologia, els metàl·lics, un cost a 10 vegades superior que la fabricació tradicional d'arranc de viruta.

- **Dimensions de producte:** Les dimensions venen determinades per les capacitats (cubetes) dels equips de fabricació additiva. I aquestes

solen ser limitades. Tot i que el mercat està oferint formats grans, la realitat és que els equips industrials que s'estan desplegant són limitats.

- **Fabricació seria i cost:** Actualment, la fabricació additiva s'acosta més a una fabricació per a prototipatge o series molt curtes. El cost de fabricació additiva és encara a dia d'avui molt superior, comparat a fabricacions en sèrie de injecció de plàstic i arranc de viruta.

- **Material de suport:** Per una de les solucions de fabricació additiva més populars, la que no es basa amb pols polimèrica, la utilització de material de suport normalment és obligatori per certes geometries. Pel cas de la metàl·lica, també són necessaris els suports. Tot i que existeixen solucions per a eliminació d'aquest, durant el disseny s'ha de preveure que existirà.

- **Toleràncies i acabats:** Depenent de les tecnologies, les toleràncies dimensionals i geomètriques no són tan precises com altres mètodes de fabricació tradicionals. Alhora, els acabats superficials venen determinats per la pròpia forma de la tecnologia utilitzada (rugositat)

- **Propietats mecàniques:** La forma que utilitzen certes tecnologies de fabricació additiva, fa que l'estructura del material fabricat no es resolgui per igual que en tradicionals mètodes de fabricació. En aquest sentit, s'haurà de caracteritzar cada material per a cada cas fabricat. Ja que sovint, són noves estructures que no estan documentades.

2.3. Literatura referència sobre fabricació additiva

Segurament la tecnologia avança més ràpid que la publicació de literatura sobre la fabricació additiva. No obstant, per conèixer i referenciar les afirmacions sobre característiques i limitacions anteriors, s'ha trobat essencial llistar una ressenya dels referents bibliogràfics més rellevants actualment, i dels que la majoria de portals dedicats a la fabricació additiva en destaquen:

- *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing* (Ian Gibson, 2015). Un dels millors referents sobre fabricació additiva on cercar un repàs tècnic, científic i rigorós sobre les diferents tecnologies.
- *Fabricated: The New World of 3D Printing* (Lipson & Kurman, 2013). Una publicació que endinsa més en l'impacte social i econòmic del model de fabricació additiva en el context de la quarta revolució industrial.
- *Laser Additive Manufacturing of High-Performance Materials* (Gu, 2015). Una publicació concreta de la tecnologia de fabricació additiva en metall.
- *Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Rapid Manufacturing*. (Gebhardt, 2007). Una publicació antiga, però que explica totes les tecnologies de fabricació additiva.
- *3D Printing for Dummies* (Horne & Hausman, 2017). Abarca una explicació de l'òptica del amateur i pel públic *maker*.
- *Mastering 3D Printing* (Horvath & Cameron, 2014). Enfocat únicament a la tecnologia FFF (*Fusion Filament Fabrication*).
- *La Impresión 3D* (Berchon, Luyt, & Rosney, 2016). Informació de tecnologies de fabricació 3D especialitzada per a públic *maker*.
- *Medical Modelling: The Application of Advanced Design and Rapid Prototyping Techniques in Medicine* (Bibb, Eggbeer, & Paterson, 2014). Tot i que no és una publicació exclusiva de fabricació additiva, sí que és d'interès per a tota aquelles persones interessades en tecnologies de fabricació mèdiques.

3. MDB: Proposta de disseny basada en SLM

Enguany, en el marc de l'assignatura d'Investigació, desenvolupament i innovació en el disseny de productes (Màster universitari en Estudis Avançats en Disseny-Barcelona), s'ha proposat un repte de conceptualització de disseny basat en fabricació additiva metàl·lica amb

la tecnologia SLM (*Selective Laser Melting*). Com s'esmentava anteriorment, aquests materials i processos són molt utilitzats en la indústria aeronàutica i salut. Per tan, en aquest treball es pretenia que els equips d'estudiants cerquessin noves oportunitats en altres sectors menys comuns, com podien ser els complements, joieria, esport, etc. L'èxit era resoldre un producte exclusiu i disruptiu per a un usuari selecte, que entengués el bon disseny, que l'hi interessés la tecnologia i que ho portés cap a la tendència. Extrapolar la solució atenta a altres tendències afins com teixits intel·ligents, teixits no teixits, electrònica impresa, IoT, geometria generativa, optimització topològica..., era un plus al treball.

Després de que els estudiants entenguessin i visualitzessin amb exemples les característiques, viabilitats i limitacions de la tecnologia, han

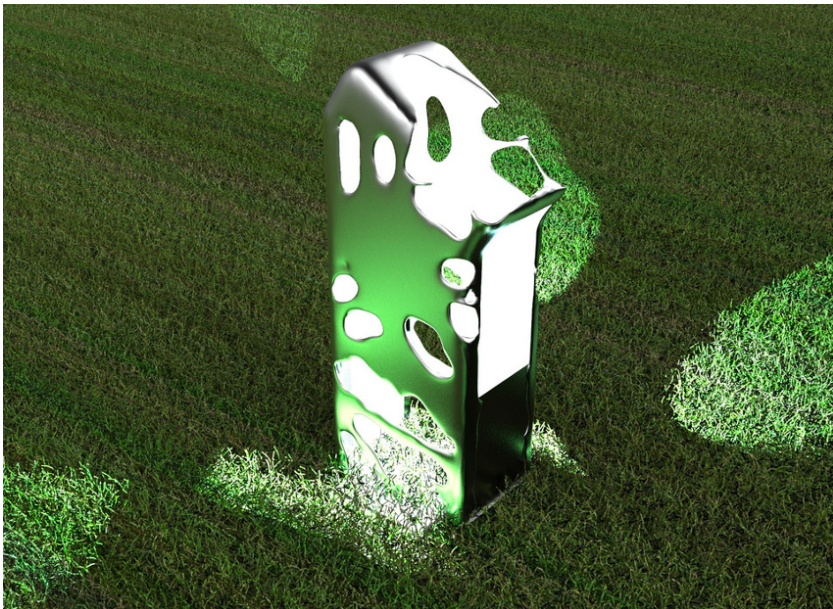


Figura 2. Llum per “outdoor” basada en geometria generativa.

Font: A.Amela, J.Conill

result propostes prou interessants que es volen mostrar a continuació, amb la intenció de que inspirin a més treballs en aquesta línia:



Figura 3. Joieria per a mascotes personalitzades i optimitzades tipològicament.

Font: A.Capelan, M.Crespi, A.Uscana



Figura 4. Trofeu de premis del festival de cinema fantàstic personalitzat al

film. Font: G.Hernandez, R.Martí, I.Ramos

4. Conclusions

Com es reflexionava al principi d'aquesta publicació, potser s'han resolt alguns enigmes lingüístics sobre la nomenclatura de la fabricació additiva, i potser s'ha fet un repàs històric de la fabricació additiva aprofitant la trajectòria de noms que els hi hem anat posant, però analitzant en cada moment, quin és el seu valor tecnològic. Però el que si que és cert, és que aquesta tecnologia, que ara és tan popular i emergent en el context de la Indústria 4.0, ja fa forces anys que corre en el context industrial del nostre món i a més, sembla que s'ha democratitzat de tal manera, que sembla que aquest accés s'ha vist molt clarament en els estudiants d'enginyeria.

No obstant, s'ha de considerar que en aquesta democratització de la fabricació on tothom pot fabricar, potser no tothom pot dissenyar. Per que per dissenyar, s'han de tenir els coneixements sobre els processos de disseny per a la fabricació, apart de les habilitats instrumentals per a resoldre el producte a fabricar. I aquests coneixements, qui realment els tenen molt clars i controlats, son els actuals estudiants de disseny i enginyeria.

En conclusió, no ens podem permetre deixar passar volada a aquestes tecnologies en els estudis de disseny i enginyeria, de la mateixa manera, que no hem de deixar d'ensenyar altres tecnologies de fabricació industrial, que superen moltes de les limitacions que encara tenen força en el panorama industrial.

Referències

- Berchon, M., Luyt, B., & Rosney, J. (2016). *La impresión 3D: Guía definitiva para makers, diseñadores, artistas y manitas en general*. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1479402~S1*cat
- Bibb, R., Eggbeer, D., & Paterson, A. (2014). *Medical modelling: the application of advanced design and rapid prototyping techniques in medicine*. Woodhead Publishing.
- Gebhardt, A. (2007). *Rapid Prototyping—Rapid Tooling—Rapid Manufacturing*. Carl Hanser, München.
- Gibson, I. (2015). *Additive manufacturing technologies 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing*. Springer.
- Gu, D. (2015). *Laser additive manufacturing of high-performance materials*. Springer.
- Horne, R., & Hausman, K. K. (2017). *3D printing for dummies*. John Wiley & Sons.
- Horvath, J., & Cameron, R. (2014). *Mastering 3D printing*. Springer.
- Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The new world of 3D printing*. John Wiley & Sons.
- Rayna, T., & Striukova, L. (2016). From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 102, 214–224. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.07.023>