

Rapid manufacturing

Jurriaan van Hengel

Abstract

Er is een redelijk nieuw verschijnsel aan het ontstaan met de naam 'rapid manufacturing', wat het midden houdt tussen *rapid prototyping* enerzijds en serieproductie anderzijds. Rapid manufacturing wordt vergeleken met deze processen op basis van seriegrootte, materiaal, nauwkeurigheid, *product life*, geometrie, ontwerp voor assemblage, lead time en kosten. Geconcludeerd wordt dat rapid manufacturing voornamelijk geschikt is voor kleine series *mass customized* producten met complexe vormen zodat de toegevoegde waarde per product hoog is.

Wat is rapid manufacturing?

Rapid manufacturing is het gebruik van *solid freeform fabrication* (SFF) technieken voor de productie van goederen¹. Het onderscheidende kenmerk van deze technieken is de ruime geometrische mogelijkheden². Traditionele productietechnieken zijn beperkt in geometrische mogelijkheden omdat deze gebruikmaken van een beperkt aantal ruimtelijke bewerkingen of het proces werking in het materiaal achterlaat welke opgevangen moet worden in het ontwerpproces.

De term rapid manufacturing is afgeleid van *rapid prototyping*. Dit is de toepassing van SFF technieken voor productontwikkeling doeleinden. SFF is een relatief nieuwe techniek ten opzichte van meer conventionele productietechnieken. In de negentiger jaren was SFF nog een onvolwassen techniek: een zeer beperkt aantal materialen was nog mogelijk. De producten die men kon maken met SFF hadden niet de gewenste eigenschappen voor verkoop, maar konden wel gebruikt worden voor modellering. De

¹ Grenda, E. (2005). *Rapid Manufacturing: What RP will be when it grows up....* Verkregen op 9 juni 2006 van http://home.att.net/~castleisland/rm_c.htm

What RP will be when it grows up is een internetgids geschreven door het Castle Island Resource Network, een groep freelance schrijvers met een productie achtergrond.

² Hague, R., Campbell, I., Dickens, P. (2003). 'Implications on design of rapid manufacturing'. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*. Verkregen op 9 juni 2006 van [http://journals.pepublishing.com/\(lfmvmz2p1zefpz55vtbvdi55\)/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,3,13;journal,39,99;linkingpublicationresults,1:119771,1](http://journals.pepublishing.com/(lfmvmz2p1zefpz55vtbvdi55)/app/home/contribution.asp?referrer=parent&backto=issue,3,13;journal,39,99;linkingpublicationresults,1:119771,1)

Het *Journal of Mechanical Engineering Science* promoot de kennis van natuurwetenschappen en de toepassing daarvan op werktuigbouwkundige vraagstukken.

SFF technieken zijn doorgroeid en kunnen een ruim assortiment aan materialen verwerken, waaronder nylon, legeringen sterk genoeg voor straaljager turbines en materiaal dat menselijk bot simuleert³.

Rapid

Wat maakt SFF technieken zo anders, dat het de naam rapid verdient? Ten eerste heeft SFF geen productspecifieke voorbereidingen nodig. Het werkstuk behoeft geen fixatie voor de bewerking, wat wel nodig is bij bijvoorbeeld machine bewerkingen. Daarnaast vergt SFF geen product specifieke gereedschappen (zoals bij spuitgieten of extruderen) of hoeft het niet typische gereedschappen in een productspecifieke volgorde in de machine geladen worden (machine bewerkingen). Daarentegen staat wel dat indien een SFF techniek meerder speciale materialen gebruik, deze materialen wel beschikbaar gesteld moeten worden aan de SFF machine.

Ten tweede kan men met de geometrische vrijheid van SFF complexe vormen maken die met traditionele methoden samengesteld moet worden uit meerdere onderdelen. Dit verkort assemblage tijd aanzienlijk.

In tegenstelling tot deze twee tijdbesparingen, moet vermeld worden dat één productiegang SFF nu gemiddeld zeven tot tien uur beslaat. Dat is meer dan de meeste conventionele technieken nodig hebben. Deze duur is afhankelijk van type SFF proces, materiaal, productgrootte en aantal producten dat in één gang gemaakt wordt.

Geconcludeerd kan worden dat, afhankelijk van proces, productgrootte, materiaalkeuze en seriegrootte, SFF aanzienlijke tijdsbesparingen kan leveren

Vergelijking met andere productietechnieken

Nu SFF technieken volwassen genoeg zijn om toegepast te worden in de directe productie, kunnen productiemanager deze optie meenemen in hun keuze van productieproces. Tijdens deze keuze zal zo'n manager acht aspecten overwegen.⁴

Seriegrootte

Omdat SFF machines vooralsnog relatief prijzig zijn, verdienen SFF technieken zich het snelst terug bij kleine series. Zo wordt het meest bespaard op de voorbereidingen: het maken van een mal of het instellen van een machine. Bij grotere series worden andere

³ Amato, I. (2003). 'Instant Manufacturing'. *Technology review*. p. 1. Verkregen op 9 juni 2006 van <http://wohlersassociates.com/instantmfg.pdf>

Technology review is het oudste technologie tijdschrift van het Massachusetts Institute of Technology.

⁴ Wright, P.K. (2001). *21st Century manufacturing*. New Jersey: Prentice-Hall Inc. p. 3.

methodes die meer uitgaan simpele herhaling voordeliger, zoals spuitgieten of computer gestuurde machine bewerkingen. SFF kan inmiddels series tot wel 20.000 stuks aan.⁵

Materiaal

SFF biedt een ruime keuze aan materialen. Mogelijkheden zijn: kunststoffen, legeringen en zelfs menselijk bot. Het gebruik van verschillende materialen tegelijk bevindt zich nog in experimentele fase. Voorheen was de zwakte van de materialen een bezwaar om SFF niet te gebruiken. Inmiddels zijn de materialen zover ontwikkeld, dat ze sterk genoeg zijn voor bijvoorbeeld onderdelen van vliegtuigmotoren⁶. Omtrent materiaalkeuze bestaat weinig onderscheid tussen SFF en andere technieken.

Nauwkeurigheid

Volgens Wright⁷ zijn SFF technieken minder nauwkeurig (+/- 0.0254 tot 0.127 mm) dan traditionele methoden. Dit is omdat de objecten vervaardigd met SFF meestal een ribbelig oppervlak hebben, vanwege de gelaagde opbouw. Afhankelijk van de kwaliteit van de machine en de energie per massa die nodig is om het object te vervaardigen zullen de toleranties variëren. Nauwkeuriger dan SFF zijn: *finish machining*, *electrodischarge machining* en polijsten.

Product life

Een aspect in de proceskeuze is de beoogde levensduur van het product. Langere levensduur vergt: betere materialen, betere eindbewerking en zorgvuldiger ontwerp. Vooralsnog werken SFF methoden met zwakkere materialen en zijn deze minder nauwkeurig dan traditionele processen. Daarentegen biedt SFF meer vrijheid in het ontwerp. Afhankelijk van het product zal SFF of andere technieken de voorkeur verdienen.

Geometrie

In tegenstelling tot traditionele productie technieken heeft SFF vrijwel geen restricties omtrent de geometrie van een product. Frezen of boren is soms niet mogelijk om dat het product de ruimte ontnemt voor het gereedschap om te werken. Spuitgieten of extruderen vragen gelijke wanddikte.

⁵ Hopkinson, N. , Hague, R. , Dickens, P. (2005). *Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age [Abstract]*. New York: John Wiley & Sons. Verkregen 9 juni 2006, van <http://www.wiley-vch.de/publish/en/books/bySubjectEE00/ISBN0-470-01613-2>

John Wiley and Sons is een uitgever van wetenschappelijke publicaties; de auteurs zijn verbonden aan de universiteit van Loughborough.

⁶ Amato, I. (2003). 'Instant Manufacturing'. Zie voetnoot 3.

⁷ Wright, P.K. (2001). *21st Century manufacturing*. New Jersey: Prentice-Hall Inc. p. 149.

Ontwerp voor assemblage

SFF biedt meer geometrische vrijheid aan het productontwerp, waardoor complexere vormen uit één stuk gemaakt kunnen worden. Dit vereenvoudigt het assemblage proces aanzienlijk.

Lead time

Zoals vermeldt in de paragraaf 'Rapid', kan SFF de *lead time* van het eerste product significant verkorten. Afhankelijk van seriegrootte, productafmetingen zijn andere productie methoden sneller in successieve machinegangen.

Kosten

Alle eerder genoemde aspecten hebben direct invloed op de kostprijs van het object dat gemaakt wordt. De aanschaf van een SFF machine is nu een omvangrijke uitgaven (150.000 tot 800.000 US\$)⁸. Daarom is SFF vooral geschikt met een hoge marktprijs.

Conclusie

Als men deze acht aspecten samenvat, kan men concluderen dat SFF een prijzige productiemethode is en alleen toegepast dient te worden als de geometrische vrijheid en tijdsbesparingen opwegen tegen de aanschaf van een machine, die de gewenste materiaaleigenschappen kan produceren. Concreet betekent dat: veel kleine series tot honderd stuks, met complexe vormen of *mass customized* vormen zodat de toegevoegde waarde per product en per massa hoog is. Gezien het feit SFF een nog jonge techniek is, is te verwachten dat de prijs van machines en materiaal in de nabije toekomst zullen dalen.

Een bijzondere voorkeur voor SFF doet zich voor wanneer men niet de beschikking heeft over een heel machinepark of aanvoerlijnen van grondstoffen 'problematisch' zijn:

*Designers still can't prevent the sorts of low-tech failures that have bedeviled armies for millennia. A missing bolt can stop a convoy. A bent machine-gun mount can leave soldiers vulnerable, or make a Humvee unusable. But military engineers have developed a high-tech way to fix these failures on the fly. At sites in Iraq and Kuwait the Army has deployed a factory that fits in an air-transportable container. It's called the Mobile Parts Hospital, and inside, technicians use workstations and robotic machine tools to fabricate parts on the fly. In the next phase, lasers will "print" powdered metal, layer by layer, to create fully functional replacements. Talk about just in time: The approach can save months, compared to waiting for resupply.*⁹

⁸ Grenda, E. (2005). *The Most Important Commercial Rapid Prototyping Technologies at a Glance*. Verkregen op 9 juni 2006 van http://home.att.net/~castleisland/rp_int1.htm

⁹ Aston, A. (2005). 'If You Can Draw It, They Can Make It'. *BusinessWeek*. Verkregen 9 juni 2006, van <http://www.keeppmedia.com/pubs/BusinessWeek/2005/05/23/852913?ba=m&bi=3&bp=7>

Conclusie

Rapid manufacturing is het toepassen van solid freeform fabrication technieken in de directe productie van goederen. Het ontstaan van deze term geeft aan dat de technieken in kwestie, die voorheen kleinerend werden aangesproken met rapid prototyping, volwassen genoeg zijn geworden om volwaardig toegepast te worden in de markt.