# Hoe rendabel is zandprinten voor gietstukken?

07 oktober 2016, 02:00

Kurt Beghyn

*3D-zandprinting is niet meer weg te denken bij de productie van gietstukken. Wanneer is dit de meest opportune optie? Uit een studie van Sirris van midden 2015, in het kader van het Foundry-of-the-Future-project, blijkt duidelijk dat complexe stukken een groot technisch en economisch voordeel hebben bij het gebruik van deze technologie. Ook eenvoudigere stukken met beperkte oplage halen hier voordeel. Een Amerikaanse publicatie van begin 2016 bevestigt dit eveneens. We zetten beide studies naast elkaar.*

Het doel van beide studies is om zowel de gieterijen als hun klanten een tool aan te reiken die het beslissingsproces over de zinvolheid van het zandprinten duidelijk maakt.

In tegenstelling tot het conventionele vormen wordt bij zandprinting de gietvorm laag per laag gevormd, analoog met vele AM-technieken. Het gebruikte, voorbehandelde zand wordt in laagjes van typisch 0,3 mm uitgespreid, waarna het bindmiddel selectief volgens het CAD-model aangebracht wordt, net zoals bij inkjet-printing. Van een experimenteel systeem aan het einde van de jaren 1990 is deze werkwijze nu geëvolueerd tot een technologie met een exponentieel stijgende productie. De grootste printers kunnen zandblokken printen van 4 x 2 x 1 m.  Het grootste pluspunt is dat er geen tijd verloren gaat om eerst een gietmodel te maken, wat voor een kortere time to market een ontegensprekelijk voordeel is.

Wat zijn, buiten de snelheid van het procedé, de bepalende factoren in het beslissingsproces? Het zal niet verwonderen dat hier een paar factoren belangrijk zijn, met name de afmetingen en complexiteit van het gietstuk, samen met de benodigde aantallen. Beide studies nemen deze factoren onder de loep, de accenten liggen enigszins anders, de trendmatigheid is bij beide studies gelijk.

## Afmetingen van het gietstuk

Gezien de laagdikte die per printdoorgang gebonden kan worden, is het printen een langdurig proces, met de bijbehorende kost die hiermee verbonden is. De snelste printers kunnen vandaag 400 l/u printen, wat overeenkomt met zowat 600 kg/u. Ter vergelijking: de kleinste conventionele zandmengers op de markt zullen 3 ton/u debiteren, terwijl de meeste een capaciteit hebben die groter is dan 10 ton/u en de grootste 100 ton/u halen, wat dus vele malen sneller is. De investeringskosten voor een zandmenger zijn ook maar een fractie van die van een zandprinter.

Onze studie heeft de kost per geprint volume in kaart gebracht. Voor een complex stuk verkregen wij de volgende curve.



De Amerikaanse studie gaat uit van een ‘vaste’ kost per volume; hun waarde is ook in onze grafiek opgenomen. We nemen aan dat onze curve een reëler beeld geeft, omdat men voor een stuk met kleine afmetingen qua fysieke en organisatorische handling meer werk heeft in verhouding tot zijn volume.

## Gevraagde aantallen

In beide studies wordt de invloed van de gevraagde aantallen bekeken. In de Sirris-studie is vastgesteld dat er bij stijgende geprinte aantallen een 'volumekorting' is. Dit is te verklaren door het feit dat de orderhandling voor grotere opdrachtvolumes nu eenmaal goedkoper uitkomt per stuk. Bovendien dragen grotere aantallen van hetzelfde stuk bij op het vlak van engineering, qua printer-efficiëntie enz. Een voorbeeld uit de Sirris-studie:



Uit onze grafiek blijkt dat vanaf tien stuks de curves eerder vlak liggen. De Amerikaanse studie focust op iets grotere aantallen. Hun studie bevat geen informatie over de aantal-afhankelijkheid bij het 3D-printen, wat toch een zwak punt is, zeker bij heel beperkte aantallen.

Beide studies houden voor het kostenvergelijk wel rekening met de productiekosten voor het conventionele vormen.

De Amerikaanse studie vereenvoudigt in belangrijke mate het kostenvergelijk door de 3D-printkost constant te houden. Zowel de AM- en de CM-kost zijn echter afhankelijk van het opdrachtvolume en moeten in ogenschouw genomen worden voor een goede economische keuze.

## Stukcomplexiteit

Het is evident dat zandprinten zijn grote kracht toont bij de meer complexe stukken. De werkwijze waarop beide studies dit onderzocht hebben is verschillend, de resultaten zijn trendmatig vergelijkbaar.

**Sirris** werkt met de vier categorieën die onder andere ook door systeemleverancier Voxeljet gehanteerd worden. Deze benadering heeft het voordeel dat ze snel kan gebeuren, maar heeft de beperking dat er wel wat 'interpretatie' mogelijk is. Een beschrijving vindt men op de website van Voxeljet. De moeilijkheidsgraad wordt genuanceerd bekeken voor vormen en kernen.





*(Klik om te vergroten)*

Het is aangewezen om elke vormhelft en elke kern individueel te beoordelen, om zo het meest correcte beeld te bekomen.

De **Amerikaanse** onderzoekers baseren zich op een studie uit 2010, waarbij de CAD-gegevens van de gietstukken in kwestie de complexiteit bepalen. Dit biedt de mogelijkheid om veel meer nuances te onderzoeken en een reproduceerbaar getal af te leiden. Voor hun vergelijkende studie hebben ze gietstukken volledig ontleed door de gevraagde geometrie steeds kern-per-kern complexer te maken en de complexiteitsfactor (CF) te berekenen.  Voor de finale gebruiker is dit gelukkig niet nodig, hij kan zijn CF-factor rechtstreeks afleiden uit het CAD-systeem. Kennis van conventionele vormtechnieken is weliswaar ook hier nodig omdat één van de parameters het aantal kernen is.

Hun methode heeft de mogelijkheid om geometriewijzigingen te kwantificeren naar CF-waarde en ook naar de kosten die hiermee gepaard gaan.

De uit de geometrie afgeleide ratio's zijn als volgt benoemd:

| | |
|---|---|
| Part Volume Ratio | **C**pr |
| Area Ratio | **C**ar |
| Number of Cores | **C**nc |
| Cores volume ratio | **C**cr |
| Tickness Ratio | **C**tr |
| Depth ratio | **C**dr |

Deze oefening hebben zij herhaald voor 40 industrieel relevante gietstukken met toenemende complexiteit. Via regressieanalyse kwamen ze tot de volgende formule. Merk op dat ook hier het woord 'estimated' vermeld wordt, omwille van de onzekerheden die een regressieanalyse toch met zich meebrengt:



De belangrijkste invloeden zijn: aantal en volume van de kernen, oppervlakteverhoudingen van het gietstuk.

Hun studie maakt gebruik van een webtool om de kost van het overeenkomstige conventioneel model te bepalen. Sirris heeft prijzen bij modelmakers gevraagd. Men kan ervan uitgaan dat er

geen al te groot verschil in resultaat tussen beide methoden is. Een van de door hen onderzochte stukken gaf volgende CF–Toolkost-curve en de CF–productiekost-curve.





Merk op dat de vorm van deze curves sterk aanleunt bij wat in de literatuur verschijnt over complexiteit-gerelateerde kosten.

Deze complexiteitsfactor wordt - analoog met de studie van Sirris - dan uitgezet tegenover de kost van het traditioneel gietmodel, inclusief het vormen van het stuk, en tegenover de kost van het zandprinten.

Beiden gaan ervan uit dat de kost na het vormen voor beide technologieën gelijk blijft (smelten, gieten, uitbreken …). De objectiviteit noopt echter te zeggen dat, voornamelijk door de integratie van meerdere kernen in één complexer geheel, het zandprinten hier een voordeel heeft. Kernen plaatsen, deellijnen verwijderen en bijkomende controles zijn een inherente consequentie van het conventioneel produceren; dit valt deels weg bij het zandprinten.

De werkwijze bij Sirris is als volgt: in een Excelsheet geeft men de parameters in voor conventioneel vormen (furaan) en voor zandprinten. Er wordt voor beide systemen een kost gegenereerd die rekening houdt met de modelkosten en de afschrijving hiervan, de vormkosten, printkosten enz. Ervaring met de productie van zandvormen is wel gewenst om zo correct mogelijke resultaten te bekomen. Men kan zich ook wel behelpen met de waarden van referentiestukken.



*(Klik om te vergroten)*

Deze methode is reeds door een aantal Belgische bedrijven getest. De nauwkeurigheid blijkt voldoende hoog om op eenvoudige wijze het 'laaghangende fruit' te identificeren. Een voorbeeld van de curves in functie van complexiteit en aantallen uit de Sirris-studie is hieronder afgebeeld.



Onze Amerikaanse tegenhangers hebben ook een aantal grafieken gepubliceerd. De kost om de vorm en de kernen te maken werd ook uitgezet in functie van de complexiteit CF.



*(Klik om te vergroten)*

Het break-even punt waarbij AM zinvoller is dan CM is dus duidelijk afhankelijk van de stukcomplexiteit, de afmetingen van het gietstuk en het aantal gevraagde gietstukken. De voorstellingswijze bij Sirris of bij de Amerikaanse universiteiten is verschillend, de conclusie is gelijklopend.

## Andere thema's binnen de studies

Beide studies hebben ook de invloed van de te verwachten kostprijsdalingen becijferd. Terwijl wij een halvering van de printkosten over 5 jaar aannemen, rekent de Amerikaanse studie op een conservatieve 20 procent. In ons voorbeeld kan men meer dan 2 keer zoveel stukken printen vooraleer het break-evenpunt bereikt wordt. Dit betekent dat de inzetbaarheid voor 3D-printen ook zal verdubbelen.

De Sirris-studie gaat al verder dan de Amerikaanse door te stellen dat het zinvol is om enkel de complexe vormonderdelen – meestal de kernen – te printen en de rest conventioneel te vormen. Dit staat in de VS nog op de 'to-do'-lijst.

Het snelheidsvoordeel dat AM biedt, is ook door beiden onderzocht. De resultaten van de Sirris-studie kan men hieronder in grafiek zien. Wij zijn ervan uitgegaan dat iedereen 'onmiddellijk' aan de taak begint (printen, gieten…) en houden geen rekening met wachttijden.  Onze Amerikaanse collega's zijn ervan uitgegaan dat men steeds wat moet wachten alvorens de volgende stap te kunnen zetten (bijv. door aankoop van materialen, klantenvrijgave, …). Ons resultaat is zeker wat te optimistisch; de waarden waartoe men in de Amerikaanse studie komt, liggen een tweetal weken hoger, wat perfect verklaarbaar is.



## Conclusies

Ondanks dat de parameters die in beide studies verschillend zijn, deels omwille van de economische context, zijn de conclusies gelijk:

1. 3D-zandprinten is altijd een opportuniteit voor:
   - hoogste complexiteit stukken
   - kleine aantallen
2. Er is een overgangsgebied qua complexiteit en aantallen waar conventionele technieken het optimum bieden. De tools die beiden gemaakt hebben geven hier een goed inzicht.
3. Voor grote aantallen is conventioneel vormen steeds goedkoper.

### Bronnen


- Sirris-studie: '3D Zandprinting, studie in het kader van Foundry-of-the-future' (2015)
- Amerikaanse studie: International Journal of Metalcasting Vol 10, Issue3, 201 pag 240-253 – Creative commons: s40962-016-0027-5
- http://www.voxeljet.com
- http://www.exone.com

## Auteurs



Kurt Beghyn