

3D-printen in het vizier

DEFENSIE TRAAG MET IMPLEMENTATIE

Bij onderhoud aan mechanische systemen voorziet 3D-printen in allerlei mogelijkheden die aanzienlijk afwijken van wat gangbaar is. Idealiter, als een defect onderdeel ter plekke niet kan worden gerepareerd en als het betreffende reservedeel niet voorhanden is, wordt er een vervangend exemplaar geprint. Daarbij valt de vorm van de 'kopie' nader af te stemmen op de situationele behoefte. Steeds meer krijgsmachten zien een meerwaarde, maar de implementatie stelt vooralsnog teleur.

TEKST: REIN VAN DER MAST

Twaalf jaar geleden sprak uw auteur met de toenmalige projectleider Leopard bij Defensie Materieel Organisatie (DMO, nu Commit) over onderhoud aan de Leopard 2A6-gevechtstank. De tanden op de 'sprockets' (de wielen die de rupsbanden doen rondgaan) sleten in het scherpe zand van de Vlasakkers bij Amersfoort snel. Voor het slijtgedeelte vroeg de Duitse producent Krauss-Maffei Wegmann (KMW) ieder jaar meer. Dat deed de projectleider in Den Haag zich afvragen of revitalisatie van uitgesleten tanden mogelijk was en zo ja, tegen welke kosten.

Onderzoek

Dat leidde tot een onderzoek waarbij de auteur Ard Hofmeijer betrok (toen directeur-eigenaar van Flexweld, een aanbieder van lastechnologie), en via hem het in 2023 gestaakte Laser Applicatie Centrum (LAC) in Enschede, een 'spin-off' van Universiteit Twente. Met behulp van 'lasercladding' werden meerdere tandkransen hersteld en op de Vlasakkers getest, met goed resultaat.

Het doel betrof het herstellen van versleten tandkransen, aanvankelijk als onderdeel van regulier onderhoud, en later (ook) 'in het veld' met de 'tracks' in gemonteerde toestand, dus de 'sprockets' deels omsluitend. Zover kwam het niet, want halverwege het project besloot de toenmalige minister van Defensie Hans Hillen (CDA) de Nederlandse 'zwarte' cavalerie op te heffen. Op 18 mei 2011 klonk het laatste schot van een Nederlandse Leopard-tank.

De Nederlandse 'Leo's' werden voor een appel en een ei van de hand gedaan. Daarvan wordt nu een klein deel 'teruggeleased' van de Duitse Bundeswehr en is de krijgsmacht onlangs een volwaardig tankbataljon met bijna 50 (eigen) tanks (Leopard 2A8) in het vooruitzicht gesteld. Indertijd liep de beoogde toepassing ruim voor op wat nu door krijgsmachten wereldwijd wordt verkend: het printen op of van reservedelen, als logistieke oplossing én bij 'battle damage repair' (BDR).

Lichtere vuurwapens

Dat 3D-printen of 'additive manufacturing' (AM) krijgsmachten kansen biedt, is al veelvuldig aangetoond. Zo worden al jaren metalen geluidsdempers voor op de loop van vuurwapens volledig geprint op basis van poederbedfusie met laser (PBF-LB/M, voorheen vooral SLM genoemd). Tezamen met een in akoestisch opzicht geoptimaliseerde structuur aan de binnenkant wordt een hoge mate van akoestische demping bereikt. Het geheel is licht en robuust, en hindert zo de gebruiker van het wapen (schutter) slechts weinig.

Een recent voorbeeld betreft het frame van het Evolys-machinegeweer van het Belgische FN Herstal. Daarvoor heeft het bedrijf naar verluid drie forse metaalprinters van het Japans-Duitse Nikon SLM Solutions in huis gehaald, de SLM 800, waarvan de bouwkamer 280 x 500 x 850 mm³ groot is. Door het frame en andere complexe delen in een



15 jaar geleden: een tandkrans van een Nederlandse Leopard 2A6 waarvan de slijtage is 'opgevuld' met behulp van 'laser cladding' bij het LAC in Twente.

titanium legering te printen, en andere delen in kunststof, heeft de fabrikant het eindgewicht kunnen beperken: 5,5 kg bij kaliber 5.56x45 mm NATO en 7,4 bij kaliber 7.62x51 mm NATO.

Andere printconcepten

Andere printconcepten die nu in het militaire domein lijken aan te slaan zijn onder meer 'direct energy deposition' (DED) en 'coldspray', concepten die ook voor reparatie geschikt zijn. Producenten die erbij in het oog springen zijn het Australische Spee3D en het Amerikaanse Titomic voor wat betreft 'coldspray', en het Spaanse Meltio en het Nederlandse MX3D voor wat betreft DED. Hun concepten zijn geschikt gebleken voor het herstellen van slijtage en andere schade, vergelijkbaar met de hierboven genoemde tandkransen. En dus voor het maken van vervangende delen.

Drones

Op enkele Amerikaanse fregatten staan bewerkingscentra van Amerikaanse Haas Automation, ieder met erin een Meltio-printkop, geleverd door het eveneens Amerikaanse Phillips. Daarmee valt bijvoorbeeld in een en dezelfde opspanning een uitgekomen tand in een tandwiel (met overmaat) te herplaatsen (additief) en (nauwkeurig) na te bewerken (subtractief). Ook onze Koninklijke Marine experimenteert sinds kort met dit concept. Veel toepassingen betreffen metalen delen, maar er is meer. In Oe-

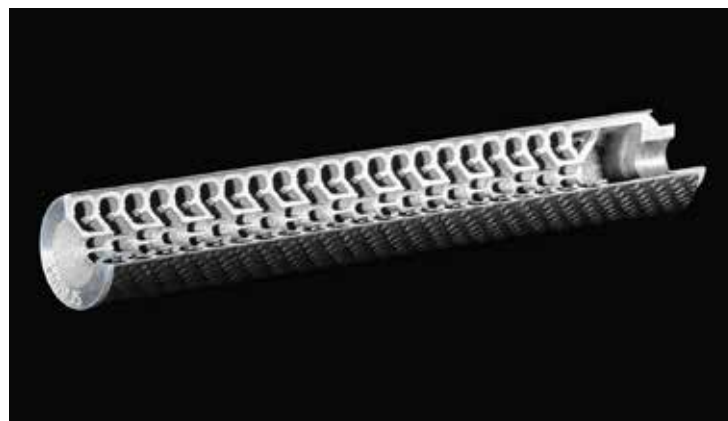
kraïne en in Polen, nabij de Oekraïense grens, zijn al onnoemelijk veel kunststof delen geprint, met name onderdelen van vliegende en varende drones.

Regulier onderhoud en verder

Het is van groot belang onderscheid te maken op grond van de toepassing tussen reservedelen benodigd in het kader van regulier onderhoud, *battle damage repair* en nieuwe 'materialen' (metamaterialen).

De grootste behoefte betreft regulier onderhoud en is niet anders dan bijvoorbeeld op en langs het spoor (railinfra), waar een trein (langdurig) stil kan komen te staan bij een defect in combinatie met het ontbreken van het reservedeel. Behalve >

Opengewerkte versie van een geprinte geluidsdemper, afkomstig van het Duitse FBT. (Foto: Steiner Foto & Video)





3D-printen zijn enkele andere zaken van doorslaggevende betekenis, zoals intellectueel eigendom, aansprakelijkheid en regelgeving. En als eerder een onderdeel in aanzienlijke aantallen gegoten is, dan ligt het gieten van een enkel exemplaar niet per se voor de hand.

‘AM Twin’

Bij het ‘kopiëren’ van het werkstuk middels een printtechniek ook (‘additive manufacturing’) komt veel meer om de hoek kijken. In dit verband wordt steeds vaker de term *AM Twin* gebezigd, als variant op de ‘digital twin’, een digitale representatie van (een deel van) een voorwerp. Bij de ‘AM Twin’ is de van oorsprong ‘conventionele’ vorm (bijvoorbeeld om te vermenigvuldigen middels gieten of te vervaardigen door te verspanen) aangepast omwille van het dupliceren ervan op basis van AM.

Dat is overigens verre van simpel en vereist dat de krachten en vervormingen waar het oorspronkelijke deel weerstand tegen kan bieden moeten worden herleid, informatie die doorgaans niet voor het op-rapen ligt. Heel anders is dat bij toekomstige ‘assets’, waarbij een producent nu onderdelen ontwerpt om in eerste instantie met conventionele vervaardigingstechnieken tot stand te brengen en daarnaast voor later in de ‘productlevenscyclus’ een digitale, printbare variant meeleverd. Dit staat bijvoorbeeld nu in de belangstelling bij de NS, samen met de Spaanse bouwer van treinen en metro’s CAF, waar er in Nederland al heel wat van rondrijden.

‘Battle damage repair’

Battle damage repair is van een andere orde. Voorop staat een systeem nabij het front bij schade zo snel mogelijk weer inzetbaar te maken. Daarbij zijn de reparaties er van tijdelijke aard: voor de resterende duur van de missie. Omdat 3D-printen van voor-

Voorbeeld van een bewerkingscentrum van Haas Automation met een Meltio-printkop. Verschillende van deze hybride gereedschapmachines staan op schepen van de Amerikaanse marine. (Foto: Meltio)



werpen niet bijzonder snel gaat (veelal vele uren tot dagen), ligt het voor de hand dat op enige afstand van het front uit te voeren. Improvisatie voert de boventoon. Toch lijkt het nuttig om al bij de ontwikkeling van een dergelijk systeem na te gaan denken over wat er kapot kan gaan, bijvoorbeeld ten gevolge van een kogelinslag of een inslag van granaatscherven, daarin te clusteren en per cluster een herstelconcept te bedenken. Daarbij zou een DED-oplossing (Direct Energy Deposition) geschikt kunnen zijn, al dan niet met enkele vooraf gerealiseerde, op locatie te verenigen ‘basisvormen’ om de printduur te beperken. Overigens, in de offshore bijvoorbeeld bestaat een vergelijkbare behoefte.



Andere wind

De Nederlandse krijgsmacht verkent al jaren 3D-printen, voornamelijk *bottom-up*, waarbij meerdere eenheden filamentprinters op eigen initiatief hebben verworven. Ze maken er praktische zaken mee, zoals indertijd beugels voor aan de portieren van Nederlandse verkenningvoertuigen in Mali, bedoeld om een geweer in te hangen. Binnen Defensie zijn er eenheden die zich nadrukkelijk op 3D-printen richten, bij de Marine (Den Helder), de Landmacht (Leusden/Soesterberg) en de Luchtmacht (Woensdrecht). Tevens verrichten in opdracht van het ministerie zowel TNO als NLR op dit vlak onderzoek, waarvan vooral NLR zich op

In Doornik brachten Oekraïense militairen ruim zeventig 'use cases' in. Hier een onderdeel dat op meerdere plaatsen is doorboord door kogels. Er was ook aandacht voor het 3D-scannen van dergelijke voorwerpen.

3D-printen in metalen en composieten richt. Ook zijn door Defensie contracten gesloten met toeleveranciers op dit terrein, waaronder K3D. De belangstelling groeit, maar Defensie is een groot apparaat, met alle beperkingen van dien. Daar komt bij dat bepaalde toepassingsgebieden ook te maken hebben met (strengere) regelgeving, die vooral bij de Koninklijke Luchtmacht opspeelt.

Onder invloed van de veranderende krachtsverhoudingen in de wereld, onder meer door de Russische inval in Oekraïne en de recente veranderingen in de Verenigde Staten, is een echter andere wind gaan waaien voor wat betreft de doelen die Defensie zichzelf erbij stelt. De belangstelling voor AM is toegenomen en de budgetten evenzeer.

Voorzichtige stappen

De voorzichtige stappen die Defensie zet zijn (ook relatief) echter nog matig te noemen ten opzichte van wat de Amerikanen op dit vlak ontplooiën, gezien de vele berichten over investeringen op dit terrein ter grootte van miljoenen dollars. De Europese Commissie heeft omwille van haar defensieapparaat ooit het Europees defensieagentschap (EDA – European Defence Agency) in het leven geroepen. Onder leiding van Martin Huber, die zich al in de jaren '90 bij Siemens bezig hield met 3D-printen, voorziet EDA niet alleen in fondsen, maar organiseert het ook ieder jaar twee evenementen: de European Military Additive Manufacturing Symposium in Bonn (D) in samenwerking met het Deutschen Gesellschaft für Wehrtechnik, Studiengesellschaft [DWT-SGW]) en AM Village, de voorgaande jaren in Ede en Doornik (B).

De belangstelling neemt dus toe, zonder meer. De organisatie is echter groot en 'dus' op dit terrein weinig flexibel. Extra obstakels worden gevormd door specifieke regels, zoals bij de Koninklijke Luchtmacht, waar heel veel is gehouden en certificeringsregels. En ook aanbestedingsregels remmen de voortgang wat af.

Metamaterialen

De evenementen verschillen sterk van elkaar. Bij het meerdaagse symposium voert wetenschap de boventoon. Bijvoorbeeld onderzoek naar de eerder genoemde metamaterialen: geprinte (micro-)roosters die zich door hun specifieke opbouw anders gedragen dan de massieve variant. Er werd bijvoorbeeld getoond dat een dergelijk materiaal een inslag beter aankan dan een massief volume met eenzelfde



Voormalig Belgisch minister van Defensie Ludivine Dedonder (links) bij enkele metaalprints, zoals waaronder het frame van de FN EVOLYS, nog inclusief (rechtopstaand) 'support structures'. (Foto: FN Herstal)(rechtopstaand))

gewicht (*Energy absorption properties of the additively manufactured AlSi10Mg aluminum structures subjected to a blast wave*).

De onderzoeker, Teresa Fras, als expert op het gebied van bescherming tegen explosieve ladingen verbonden aan de Frans-Duitse onderzoeksinstituut Saint-Louis (ISL) vertelde erover. Verschillende roosters werden door haar onderworpen aan een inslag, waarbij de distributie van de 'impact' over de tijd leidend was. Hoe beter die is verdeeld, hoe lager de piek is die zich binnen de inslag voordoet. Ook werd in Bonn getoond dat harde, geprinte keramische delen zeer geschikt zijn om als tegels te verwerken in kogelwerende vesten. Het printen van mini-radars, het verwerken van meerdere metalen in een print – de onderwerpen waren zeer divers, met bijdragen van enkele universiteiten en instituten, waaronder het Fraunhofer Gesellschaft en KU Leuven. Het behoeft geen betoog dat in de offshore, koopvaardij en bij Defensie overeenkomstige problemen voorkomen, waarvoor AM een deel van de oplossing

kan zijn. Kenmerkend is een beperkte beschikbaarheid van reservedelen en grote nadelige gevolgen verbonden aan stilstand (beperkte inzetbaarheid), iets dat bijvoorbeeld ook aan de orde is op het spoor en bij de overslag in Europort. Een bedrijf dat op dit vlak actief is, is bijvoorbeeld RAMLAB in Rotterdam.

Praktisch

Anders dan in Bonn was het karakter van het evenement in Doornik vooral praktisch. Ongeveer 400 deelnemers uit de EU, het Verenigd Koninkrijk, de Verenigde Staten en Oekraïne, waarvan het overgrote deel militair, kwamen er samen om een week lang aan de hand van *use-cases* en ervaringen van elkaar te leren en samen te proberen aan de hand van in de Oekraïne door kogels doorboorde radiatoren, door granaatscherven opengereten carterpannen en zo meer in 3D-printen een antwoord te vinden dat meerwaarde biedt.

Vanuit Nederland participeerden onder meer de samenwerkende hogescholen verenigd in IAMM (met enkele partners, waaronder MX3D), de opvolger van brancheorganisatie Flam3D: IAM3D (met enkele leden, waaronder FN Herstal via Melotte, Valcun en Xerion) en nadrukkelijk IAMM partner KU Leuven.

De praktijk stond voorop en dus waren het vooral de 'doeners' die er aan de slag gingen met de aangeleverde stukken. Ook de Belgische minister van Defensie Ludivine Dedonder was een dagdeel aanwezig en liet zich door de deelnemers uitgebreid informeren. Er werden oplossingen bedacht en geprint op de er voor de duur van het evenement ondergebrachte systemen van onder meer Meltio, GROB, Spee3D, Titomic en Xerion. Tevens draaide er een helaas niet al te goed bezocht lezingenprogramma. Wellicht lag dat vooral aan het primair op de praktijk gerichte karakter van het evenement.

Conclusie

Ook de krijgsmachten ontdekken 3D-printen, waarbij vereenvoudiging van de logistiek bij reservedelen voorop staat. Stukken kunnen afwijkend worden geprint als ze hierdoor beter voldoen in een specifieke gebruikssituatie. Dit kan het 'adaptief vermogen' van een krijgsmacht verhogen. Ook reparatie van gevechtsschade nabij het front staat in de belangstelling. De actuele mondiale veiligheidssituatie heeft voor grotere budgetten en meer belangstelling gezorgd. Het is van groot belang dat nu stappen worden gezet, door onze krijgsmacht, samen met instituten in onderzoek en onderwijs en het bedrijfsleven. ◉

Rein van der Mast schrijft sinds 2000 over 3D-printen. Hij is onderzoeksleider 3D-Printen in Metalen bij Fontys in Eindhoven (Brainport Industries Campus) en is als promovendus verbonden aan de KU Leuven.