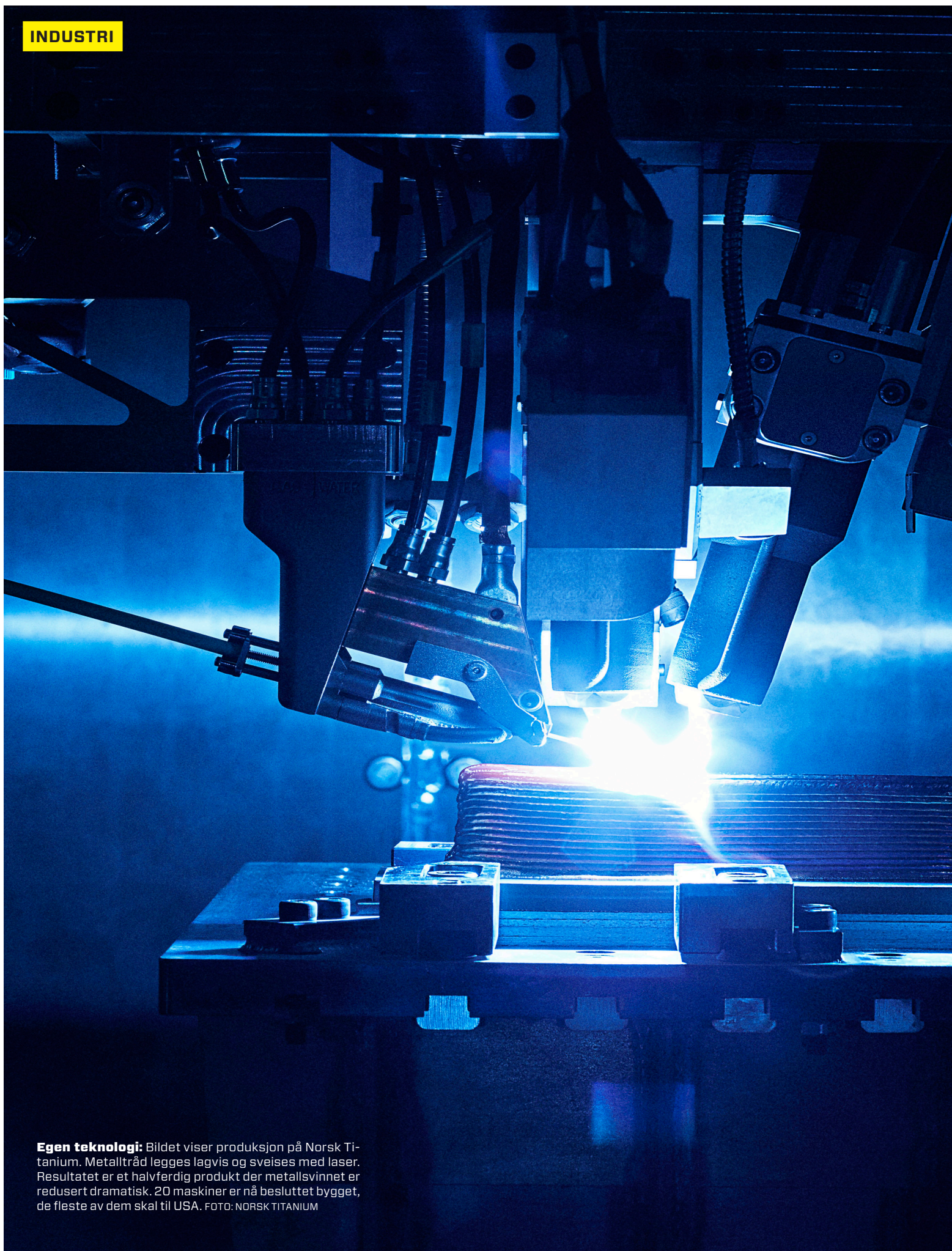




Egen teknologi: Bildet viser produksjon på Norsk Titanium. Metalltråd legges lagvis og sveises med laser. Resultatet er et halvferdig produkt der metallsvinn er redusert dramatisk. 20 maskiner er nå besluttet bygget, de fleste av dem skal til USA. FOTO: NORSK TITANIUM

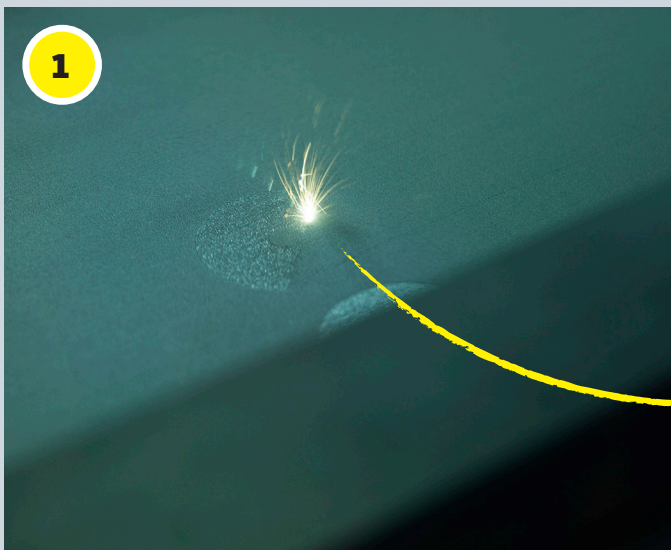


Gjennombrudd for

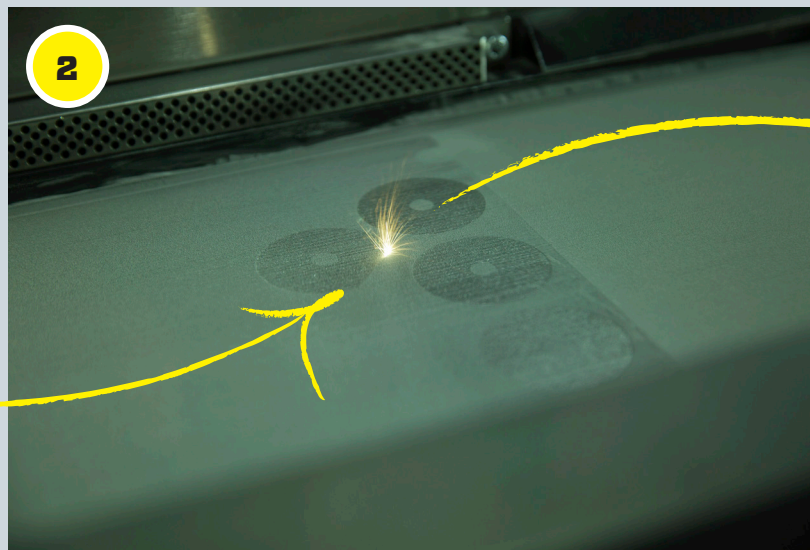
3D I SERIEPRODUKSJON

En svensk kvinne har en underkjeve som er 3D-printet i titan på Eggemoen. Nå brukes samme printer også til offshoredeler, samt deler til Forsvaret og jegere.

SLIK FOREGÅR 3D-PRINTING



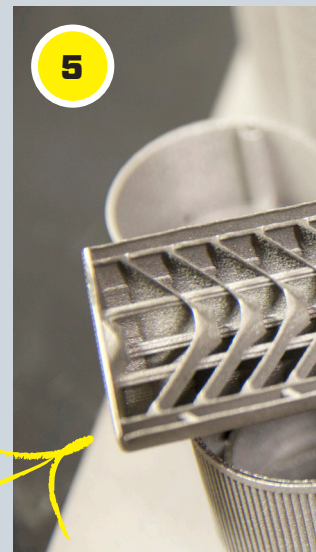
1
Tynne lag: På en plan bunnplate strykes et tynt lag titanpulver ut, tykkelsen kan varieres fra 6/100 mm og ned til 3/100 mm for presisjonsstøp. FOTO: SVERRE CHRISTIAN JARILD



2
Laser: Varmen fra laserlyset, styrt fra tegningen som er matet inn i maskinen, smelter metallet så det går fra pulver til fast metall. FOTO: SVERRE CHRISTIAN JARILD



4
Støvsuger: Når hele prosessen er ferdig, er produktet neddykket i metallpulver. Dette støvsuges for å få det ferdige sluttproduktet frem. Det pulveret som ikke er lasersveiset blir siktet, renset og brukt igjen. FOTO: SVERRE CHRISTIAN JARILD



5

TEKST
JOACHIM SEEHUSEN
joachim.seehusen@tu.no



Tronrud Engineering installerte allerede i 2011 en printer som kan håndtere forskjellige stålqualiteter, aluminium og titan. De har serieproduksjon, og bruker printerne til en rekke kompo-

nenter til maskiner de produserer for norske industribedrifter.

Nå tror de markedet er klart, og nok en maskin ble montert tidlig i april.

– For plast har det tatt av, spesielt for prototyper. For metall er det fortsatt mange som ikke er klar over hvor gode deler det gir, sier Morten Mo, produksjonsdirektør hos Tronrud.

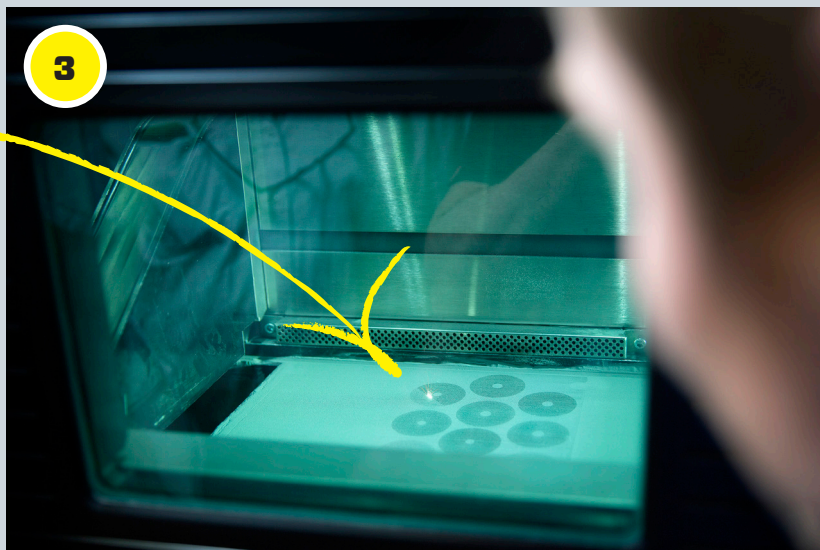
At samme maskin kan lage et spesialtilpasset kjeveben og masseproduksjon sier mye om

hvor stort spennet er for additiv tilvirkning, eller 3D-print. Det var en svensk tannlege som tok kontakt med Tronrud og fikk dem til å lage kjeven nevnt innledningsvis.

Mo trekker frem komplekse produkter som skal lages i lave antall som spesielt velegnet for slik produksjon. I mange tilfeller kan de tas i bruk rett fra produksjonen uten noen form for etterbearbeiding.

– Der vi før måtte lage fire eller fem deler som

3



Nytt sjikt: Deretter senkes platen noen brøkdeler av en millimeter før nok et tynt sjikt pulver strykes ut, og laseren utfører nok en runde varmebehandling. Prosessen gjentas lag for lag til produktene er ferdig sveiset. FOTO: SVERRE CHRISTIAN JARILD



Sluttproduktet: Ferdige lyddempere, men en gjennomskåret demo-versjon lagt på toppen. Der kan man se de fine innvendige strukturene. FOTO: SVERRE CHRISTIAN JARILD

så skulle skrus sammen og monteres kan vi nå printe det ut som én del.

Da Teknisk Ukeblad besøkte bedriften, jobbet de med en serie lyddempere tilpasset våpnene til en større britisk våpenprodusent. De er designet fra grunnen av applikasjonsingeniør Didrik Sørli, som er ansvarlig for 3D-printingen.

– Vi vet ennå ikke om vi vinner den kontrakten, men vi håper det. Det er grunn til

å tro at vår demper blir både tynnere og lettere enn de som er produsert på tradisjonell måte, sier Sørli.

VIL ARRANGERE KURS

Han forteller at bare man skjønner de grunnleggende prinsippene kan enhver ingeniør som designer produkter for støp, fres eller annen tradisjonell produksjon, også designe for 3D-print. En av ►►►

HISTORIE

- Lagvis produksjon, eller 3D-print, har sine røtter tilbake til 1890-årene. Først ute var den amerikanske kartografen Joseph E. Blather som i 1892 fikk patent på en metode for å lage relieffkart. Han tok utgangspunkt i kotene på et tradisjonelt kart, og skar ut voksplater som han så la lagvis før de ble jevnet ut. Han laget to versjoner, en negativ og en positiv. Etter noe forbehandling av voksen ble en papirplate lagt i press mellom formene, og ut kom et relieffkart.
- Den første som klarte å bruke 3D-print til å lage metalleder var den franske oppfinneren Pierre Ciraud. Han eksperimenterte gjennom 1960-årene og tok i 1971 ut patent på en løsning der et pulver ble spredd ut over en flate. Deretter brukte han en laserstråle til å smelte pulveret, før et nytt lag ble lagt på. Ciraud hadde dermed vist at alt som kunne smeltes, inklusive metall, kunne brukes til produksjon på denne måten.
- Midt på 80-tallet kom studenten Carl Deckard og hans professor, Dr. Joe Beaman ved University of Texas med selective laser sintering. De to var med på å stifte selskapet DTM som var først ute med kommersialisering av lagvis produksjon med metall. DTM ble senere kjøpt av konkurrenten 3D Systems.

DE VANLIGSTE TEKNOLOGIENE

- Det finnes en rekke forskjellige måter å utføre 3D-print på. Om vi utelukker alt som ikke er metall faller antallet.
- Det vanligste er å bruke en kombinasjon av metallpulver og en energikilde som smelter pulveret. De to vanligste er å bruke laser eller en elektronstråle i vakuum. Pulveret blir spredd ut på en plate i lag som normalt ligger i spennet 20 til 100 μm , deretter kommer laserstrålen/elektronstrålen og smelter metallpulveret i rett form, lest fra DAK-filen som brukes. Så senkes platen og et nytt lag pulver blir lagt på, og prosessen gjentas lag på lag til produktet er ferdig.
- Laser egner seg godt for pene overflater og tynne innvendige kanaler. Elektronstråle gir raskere produksjon av store massive deler og gir også mindre spenninger i den ferdige delen enn med laser. Elektronstråle gir høyere svinn av metallpulveret.
- En annen metode, ofte kalt laser cladding, er å påføre pulveret gjennom en dyse, og smelte det med laser.
- En tredje metode er å bruke metalltråd som legges lagvis, og som smeltes i en plasma eller ved hjelp av laser. Da får man et produkt som må bearbeides, men materialbruken blir betydelig lavere enn om man skulle frest ut fra ett stykke.
- Det ideelle pulveret har partikler med sfærisk geometri, vanligvis 10 – 50 μm tykke. Den mest brukte metoden er å føre en smelte inn i et kammer der den blir utsatt for vann eller gass under høyt trykk som splitter smelten i mindre sfæriske partikler. Når disse har størknet, blir de siktet og sortert etter størrelse.



Det er så mange produkter der lagvis produksjon med fordel kan brukes, og vi tror at mange ikke er klar over hvordan norsk industri kan dra nytte av teknologien.

MORTEN MO, PRODUKSJONSDIREKTØR, TRONRUD ENGINEERING

de ytterst få begrensningene ligger i geometrien. Vinkler bør være større enn 45° fra horisontalplanet, ellers blir det vanskelig å få en god forbindelse. Om det ikke er mulig å unngå, må det tegnes inn en støttestruktur.

Morten Mo sier Tronrud Engineering i dag har brukt lagvis produksjon til kunder i en rekke

forskjellige bransjer, blant dem oljesektoren, luft- og romfartsindustrien, støperier og havbruk. Samtidig viser han til historier om 3D-printede produkter som verserer på nettet, for eksempel printing av hele hus.

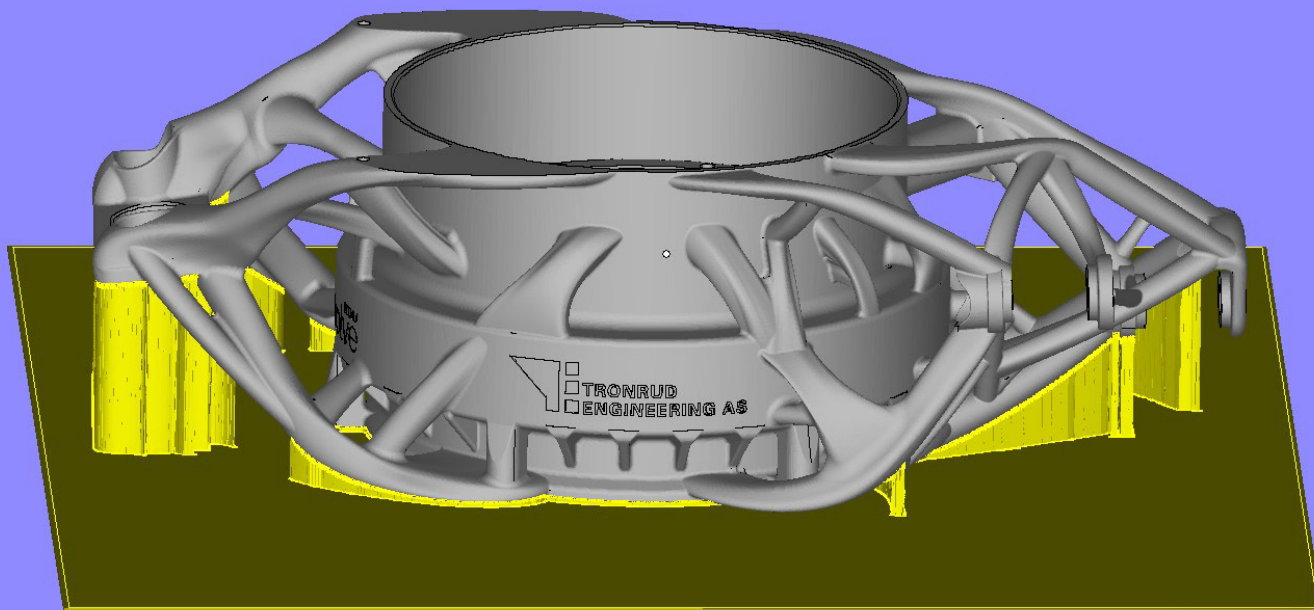
– Vi ønsker å holde kurs for forskjellige næringer. Det er så mange produkter der lagvis

produksjon med fordel kan brukes, og vi tror at mange ikke tenker på det eller er klar over hvordan norsk industri kan dra nytte av teknologien. Mange tror nok også at det blir veldig kostbart.

Mo bruker midlertidige deler som et eksempel på en anvendelse mange kunder ikke er kjent med. Om en del ryker og det er lang le- ►►►



Manuelt arbeid: I dag skjer støvsugingen manuelt. Det er naturlig å tro at det ikke tar veldig lang tid før det blir en automatisert prosess. Didrik Sørli støvsuger, og hever platen ettersom det blir mindre og mindre pulver igjen og den nesten ferdige lyddemperne kommer frem.



Støttestruktur: En skjermdump viser hvordan enkelte former krever en støttestruktur. De gule partiene representerer støttestruktur. De har ingen annen funksjon enn at de må være der for at produksjonen skal kunne fungere, med et antall tynne sjikt pulver som legges på. Foto: Tronrud Engineering



Jeg vil sammenligne dagens utstyr med da mobiltelefonen kom. Fasttelefonen er fortsatt ikke utkonkurrert.

ODD MYKLEBUST, PROSJEKTDIREKTØR, SINTEF MANUFACTURING

veringstid, kan det blir fryktelig kostbart om hele produksjonen stanser.

– Det hender at en midlertidig del, for eksempel i plast, kan settes inn mens man venter på den originale reservedelen. Slikt kan vi normalt levere dagen etter bestilling. Vi kan også lage en ordinær og holdbar del i metall, også det kan bli rimeligere for kunden enn å ha mye nedetid.

PRISENE SKAL NED

Lagvis produksjon er ennå så lite utbredt at entusiastene hos Tronrud er usikre på hvilke hindre som må overvinnes og hvilke behov de kan fylle.

– De som har et kjølebehov er en åpenbar kundegruppe. Vi kan 3D-printe støpeformer med kjølekanaler. Lego gjør det, printer sine støpeformer med kjølekanaler, sier Mo.

Tronrud Engineering har investert opp mot 25 millioner i lagvis produksjon, men er usikre på hvilke kunder de kan få. Umiddelbart kan det virke som et sjansespill, men det vil ikke Mo være med på.

– Vi har valgt å satse på dette fordi Tronrud Engineering skal være fremst på teknologi. Det er hele bedriften vår tuftet på. Vi kan mer enn bare å lage maskiner og deler, vi kan bidra til å finne bedre løsninger for norsk industri. Vi øn-

sker industri i Norge, og ser gjerne at dette feltet får fotfeste, sier Mo.

Prosjektdirektør Odd Myklebust ved Sintef Manufacturing på Raufoss har jobbet lenge med 3D-print. Han sier at Tronrud Engineering er tidlig ute med å ta teknologien i bruk.

– Både kvalitet og hastighet må opp før det blir en etablert industriell prosess. Jeg vil sammenligne dagens utstyr med da mobiltelefonen kom. Fasttelefonen – i form av tradisjonelle produksjonsmetoder – er fortsatt ikke utkonkurrert, sier Myklebust.

Den utviklingen Myklebust etterlyser, er ventet. Didrik Sørli sier selv at om fire eller fem år



Reservedeler: Denne komponenten er et godt eksempel på hvordan lagvis produksjon kan brukes til å lage reservedeler. En kunde meldte seg med en ødelagt del fra motoren på en veteranbil, til venstre i bildet. Tronrud scannet delen, og printet en funksjonsdyktig ny del, til høyre. Kunden måtte ut med 6500 kroner for den jobben. FOTO: SVERRE CHRISTIAN JARILD



Laser cladding: Svein Hjelmtveit ved Institutt for vareproduksjon og byggteknikk på NTNU med en dykkerhjelm som er laget med laser cladding på et universitet i New Zealand, for anledningen med en hodeskalle på innsiden. Denne dykkerhelmen reduserte vekten med rundt 90 prosent i forhold til en tradisjonell hjelm.



Simonsen: Sammenlignet med en moderne smarttelefon er dagens utstyr for lagvis produksjon å sammenligne med telefonen på bildet. Da Roald Aarset i Simonsen elektro presenterte den i 1983 var fortsatt ikke fasttelefonen utkonkurrert. FOTO: TOMA. KOLSTAD.

vil de maskinene Tronrud Engineering har i dag være utdatert.

– Utviklingen blir nok omtrent som for datamaskiner. Hastigheten skal mangedobles og prisene skal ned.

TITAN FOR FLY OG ROMFART

Norsk Titanium, som ligger rett over gaten for Tronrud Engineering har valgt en helt annen innfallsvinkel – selv om det er Tronrud som har bygget mye av Merke IV-maskinene, etter spesifikasjoner fra Norsk Titanium.

I stedet for pulver bruker Norsk Titanium en teknikk de har utviklet selv, og patentert verden

rundt. Den er kalt Rapid Plasma Deposition. En tråd av titan blir smeltet i en plasma, og lag på lag bygges opp – men kun der det er behov. Når prosessen er ferdig, har man en nesten ferdig form som må maskineres. Dette er mer effektivt enn med støp eller fresing fra blokk.

– Med tradisjonell maskinering fra blokk blir over 80 og opp mot 90 prosent til spon. For flyindustrien er det ikke akseptabelt med gjenbruk, så det er tapt materiale. Med vår produksjon har vi snudd tallene på hodet og vi kommer 80 – 90 prosent nær endelig form når første trinn er gjort, sier Knut Struksnes, produksjonssjef hos Norsk Titanium (NT).

NT har nå fått kontrakt med Boeing om leveranser av braketter til Boeing 787 Dreamliner.

– Vi er svært nær produksjon. Titan er ettertraktet i fly- og romfartsindustrien på grunn av vekten. Derfor har vi tatt det omfattende arbeidet med å bli sertifisert for denne bransjen. Da vil vi nesten automatisk være sertifisert for alt annet. Vi er nå helt i slutfasen av sertifiseringen.

Så god tro har selskapets ledelse på suksess for å bruke lagvis produksjon at 20 maskiner skal monteres på et anlegg i USA. Den første er montert, to andre er på vei og de resterende 17 kommer så snart de er ferdige. I tillegg har de tre maskiner på Eggemoen. ▶▶▶



IMG_2220: Til venstre en brakett til flyindustrien slik den kommer ut fra 3D-printeren hos Norsk Titanium, til høyre den ferdige braketten. Før bedriften tok 3D-print i bruk måtte brakettene freses ut av et stykke. Det ga stort svinn, da sponet ikke kunne gjenbrukes.



IMG_2216: Produksjonssjef Knut Struksnes ved Norsk Titanium med en ferdig brakett i venstre hånd (høyre på bildet) og slik den kommer ut fra 3D-printeren i høyre hånd (venstre i bildet). Kostnadene til materialer går ned da svinnet blir betydelig redusert.

– Vi opplever at kundene er opptatt av denne teknologien og veldig interesserte. Vi har lyktes med å kutte ledetid, kostnader og vekt. Våre studier viser at det er flyindustrien som har størst potensial nå. Men vi har også registrert at for pulverteknologien har det vært en rekke oppkjøp. Det virker som om mange ser det som et satsingsområde, sier Struksnes.

SUBSEA VALLEY GÅR 3D-VEIEN

På årets Subsea Valley var det satt av utstillingsplass til lagvis produksjon, men det er foreløpig få utstillere. De fleste tilbyr produkter og tjenester i plast. Kun Sintef, NTNU og Tronrud Engineering viste produksjon av metallprodukter. Svein A. Hjelmtveit leder NTNUs Addlab på Gjøvik. Han sier interessen er sterkt økende.

– Men det er en utfordring å ta steget fra å tenke på det til å faktisk gjennomføre. Det forutsetter helt ny tenkning.

Hjelmtveit sier at selv om en dyktig ingeniør kan designe produkter for lagvis produksjon, er det likevel store forskjeller fra tradisjonell produksjon.

– Det krever mer matematikk og analyse. Vi har lyst til å arrangere kurs for små designteam. Det er en overgang fra å lage produkter til å lage materialer. Kvaliteten på sluttproduktet avhenger av hvordan alt håndteres underveis, sier Hjelmtveit.

Han legger til at kompetansemangel hos sluttkundene kan bidra til at bruken av lagvis produksjon ikke øker raskere.

Også Preben Strøm, administrerende direktør i klyngen Subsea Valley, forteller om økende interesse for lagvis produksjon hos medlemmene.

– Det vi trenger nå er ikke først og fremst flere maskiner, vi trenger kompetanse. Additiv tilvirkning er for smalt for kun subsea, så vi har tatt strategiske grep for å øke nedslagsfeltet i klyngen, sier Strøm. ●



Det er en overgang fra å lage produkter til å lage materialer. Det krever mer matematikk og analyse.

SVEIN A. HJELMTVEIT, LEDER, NTNU ADDLAB

FORSKER-INTERESSE

Norges Forskningsråd har nå fire prosjekter løpende knyttet til lagvis produksjon.

«New manufacturing route for die tooling» er et BIA-prosjekt som har fått 8,5 millioner kroner. Prosjektet startet i 2016 og avsluttes i 2019. Delta-kere er Sapa Precision Tubing og Tronrud Engineering

Neste generasjon formverktøy for konkurransekraftig produksjon har Bentler Automotive i Farsund og Tronrud Engineering som deltakere. Prosjektet har fått 9 millioner, startet i 2014 og avsluttes i år.

Senter for additiv produksjon går hos FMC Kongsberg Subsea fra 2016 til 18 og har mottatt 1,4 millioner i støtte.

Sintef har fått 12 millioner for prosjektet «Material knowledge for robust additive manufacturing» og løper fra 2015 til 2019.

SFI Manufacturing som består av 14 bedrifter i samarbeid med NTNU og Sintef har mottatt 96 millioner fra Forskningsrådet og deler av aktiviteten går til additiv produksjon.

“Flowmåling uten
sensorelement i røret!
Er det i det hele tatt mulig?”

Så klart, med FLOWave fra Bürkert.
FLOWave flowålere bruker patentert SAW teknologi –
uten noen sensorelementer eller trykkfall i målerøret.
Det er så hygienisk som det får blitt. Resultat: Ikke noe
behov for vedlikehold og en problemfri rengjørings-
prosess. FLOWave er liten, lett og er synlig i enhver
montert posisjon. En flowmåler som leverer presise og
pålitelige målinger, uavhengig av væskens konduktivi-
tet, flowretning og flowmengde.
Ideell for hygieniske applikasjoner i farmasøytiske og
bioteknologiske industrier.

Det er hvordan flowmåling fungerer i dag –
når hygiene teller.



INSPIRING ANSWERS

Bürkert Fluid Control Systems
Hvamstubben 17
2013 Skjetten
Tlf.: 63 84 44 10
info@burkert.no · www.burkert.no