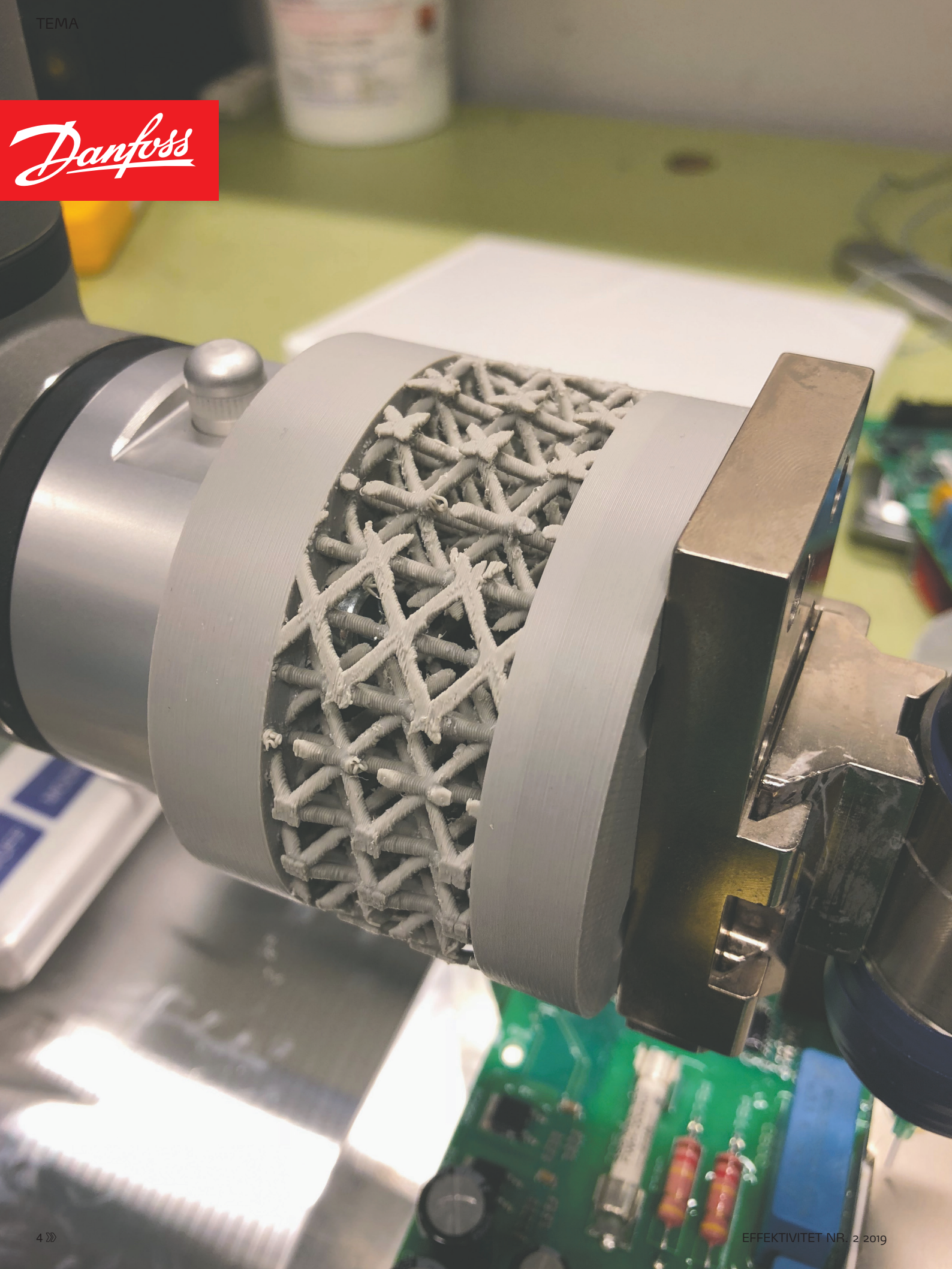


3D print kan ændre aktiviteter i et produkts livscyklus markant – erfaringer fra Danfoss Drives

Steffen H. Schmidt, Senior Specialist, Additive Design & Manufacturing, Danfoss Drives A/S, steffen@danfoss.com

Disruption er ofte et ord, som høres i samtaler om konsekvenser af Industri 4.0. Det er oftest små startups, som forbindes med disruption, hvor de kommer ind med noget nyt på eksisterende markeder, og nogle gange lykkes det at disrupte eksisterende markeder, omdefinere dem eller skabe nye. I nogle tilfælde bliver startup'en så den store og dominerende spiller, som det f.eks. er sket for Amazon.

På eksisterende markeder kan disruption, jf. Clayton Christensen ("What is disruptive innovation", Harvard Business Review. December 2015) ske ved, at små startups kan levere noget til kunder i mindre attraktive segmenter i et eksisterende marked, som i dag ikke serviceres af de store etablerede virksomheder. Det kaldes *disruption from the bottom*. For at lykkes med det anvendes ofte nye distruptive teknologier, hørende under Industri 4.0 paraplyen.

Danfoss Drives, et segment i Danfoss, er en af de store etablerede virksomheder, som arbejder med Industri 4.0. Selvom vi ikke disrupter os selv, så skaber vi på forskellig vis store ændringer i de måder, vi arbejder på gennem hele produktlivscyklen. Denne artikel vil beskrive nogle af disse ændringer.

Danfoss Drives

Danfoss Drives har i mere end 50 år udviklet og produceret løsninger inden for variabel hastighedsstyring af elektriske motorer. Virksomheden har mere end 4700 medarbejdere og er tilstede i mere end 100 lande. Danfoss Drives har et meget stort fokus på udvikling, hvilket bl.a. kan ses af, at der er ansat mere end 1000 R&D ingeniører, hvor en del af af disse ingeniører arbejder med forskellige aspekter af Industri 4.0. Herunder 3D print, hvor ca. 11 arbejder som specialister, og yderligere ca. 100 medarbejdere bruger 3D print som naturlig del af deres arbejde.

3D print er interessant for Danfoss Drives fordi:

- *Vi kan verificere design og form, fit and function på et meget tidligt stadie.*
- *Det er en initiator til integreret produktudvikling med udvalgte kunder.*
- *Vi kan lave nyt produktionsudstyr og meget hurtigt ændre på det eksisterende.*
- *Vi kan dele designs og udstyr globalt uden at sende fysiske ting.*
- *Vi kan lave løsninger helt uden bindinger til traditionel fremstillingsteknologi.*

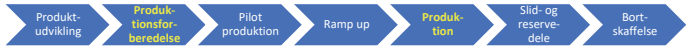
Danfoss Drives har interesseret sig for 3D print i rigtig mange år, men et skift skete i 2010, hvor vi selv investerede i de første store 3D printmaskiner. I dag anvendes 3D print i såvel udvikling som produktion, men det er stadig mest på de indre linier, at vi har lavet ændringer. Vi er således endnu ikke så langt, at vi har disrupted markeder eller omkalfatret hele End2End processer med 3D print.

Hvorfor går Danfoss Drives ind i 3D print – hvad vil vi konkret opnå?

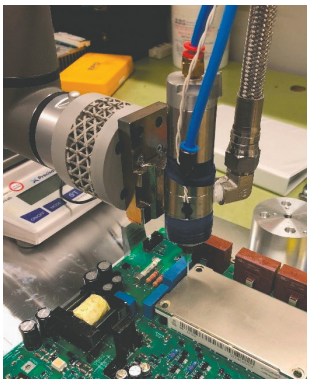
De væsentligste årsager til at Danfoss Drives har valgt at investere kraftigt i 3D print:

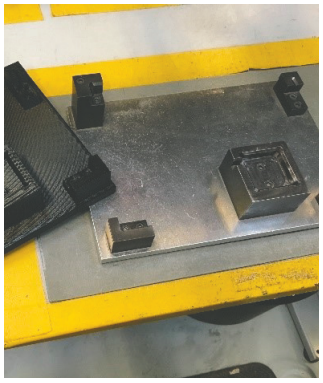
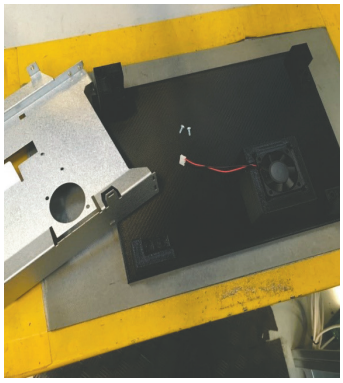
- Forkorte Time-to-market radikalt.
- Opbygge additiv know-how in-house.
- Sikre korte leveringstider fra CAD model til fysisk model.
- Opnå større tilgængelighed til 3D print for medarbejderne.
- Opnå økonomiske besparelser ved at 3D printe selv ifht. at købe eksternt.

Meget af arbejdet hidtil har bidraget til at bygge erfaringer op i den generiske produktlivscyklus (se figur 1) via en lang række projekter. I nedenstående afsnit beskrives eksempler på brug af 3D print i praksis (dvs. i det kunderettede arbejde) i hhv. Produktionsforberedelsen og i Produktionen.



Figur 1: Forsimplet udgave af en produktlivscyklus.



3D print i praksis

Allerede nu har vi haft stor gavn af 3D print. I det følgende beskrives tre konkrete eksempler for at indikere bredden i anvendelsen af 3D.

Fremstilling af hjælpeværktøjer og fiksturer

Hvad har vi konkret gjort?

Den primære erkendelse er, at 3D printede plastkomponenter har vist sig stærke nok til at kunne anvendes som robotgribere og adaptere. Ved at kunne anvende 3D print har vi kunne skabe nogle nye konstruktioner, som er optimeret i forhold til styrke, varmeledning og vægt.

Hvad har vi fået ud af det?

Robotten i dette setup kan løfte i alt 1 kg. inklusiv eventuelle hjælpeværktøjer og fixturer. Da plast er lettere end aluminium, som typisk har været brugt hidtil, har det været muligt at fjerne op mod ¾ af hjælpeværktøjernes masse (se fotos). Det betyder, at robotten kan køre stærkere og mere præcist, eller også kan der løftes større materialemasser.

Hvad skulle vi have gjort, hvis det ikke var blevet en 3D løsning?

Så ville den eksisterende løsning skulle udvides med aktiv køling eller en mere kompleks løsning med flere forskellige isolerende materialer. Eller en anden, større og væsentligt dyrere automatiseret løsning skulle have været udviklet.

Erstatning af traditionelt fremstillede montagefiksturer

Hvad har vi konkret gjort?

Her har vi brugt de eksisterende CAD modeller, der traditionelt set ville være blevet sendt til en underleverandør, der så skulle programmere sin CNC-maskine efter modellerne for derefter at fremstille dem ved spåntagende bearbejdning. I stedet har vi sendt dem uændrede til 3D printeren.

Der er således printet fixturer, som normalt ville bestå af en samling af flere dele, skruer mv., ud som én sammenhængende del i antistatisk plast.

Hvad har vi fået ud af det?

Meget hurtig leveringstid, timer i stedet for uger! Og i øvrigt kostede det 1/5 at printe emnerne i plast, sammenlignet med at få dem fremstillet i aluminium på traditionel vis.

Det 3D printede emne er i sagens natur vældig meget lettere end det i metal, hvilket har reduceret belastningen på medarbejderne ved flytning og opstilling med fiksturet.

Hvad skulle vi have gjort, hvis det ikke var blevet en 3D løsning?

Fuldstændig som vi plejede, ventet længere og betalt mere for samme funktionalitet.

Specielle produktvarianter i små styktal

Hvad har vi konkret gjort?

Vi har designet en ekstra komponent, der, når den monteres i en standard VLT-frekvensomformer, giver produktet en bedre modstandsdygtighed over for vibrationer.

Denne ekstra komponent produceres i så lavt et styktal, at en investering i et plaststøbeværktøj, ville få prisen på hver enkelt del til at blive væsentligt højere end ved 3D print, selv når vi medtager investeringen i værktøjet i emneprisen. I øvrigt kan 3D print af emnerne ske lige der, hvor emnerne skal bruges, og ikke som traditionelt i Fjernøsten, hvor transport ville komme oveni. Det ville både belaste emne prisen yderligere og i øvrigt heller ikke ville være super bæredygtigt.

Hvad har vi fået ud af det?

En glad kunde, der så køber flere af vores andre produkter. Desuden har vi nu et produkt, der ikke findes hos vores konkurrenter, og dermed har vi 3D printet os til en konkurrencefordel.

Hvad skulle vi have gjort, hvis det ikke var blevet en 3D løsning?

Fortalt kunden, at vi ikke kunne opfylde deres ønske, eller løst opgaven på traditionel facon med tab til følge.

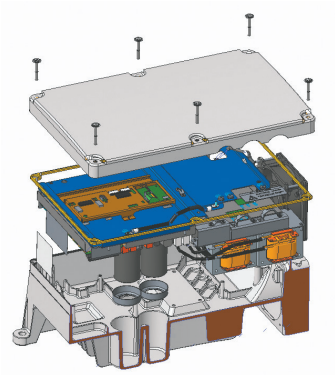
Et eksempel på disruption from the bottom?

Der skal nok mere til, før man kan tale om egentlig disruption i den almindelige definition, men i det konkrete eksempel er vi lykkedes med at tilbyde noget til en kunde, som havde ønsker, der lå uden for det felt, som Danfoss Drives opererede på. Primært på grund af, at det ikke var rentabelt at arbejde med så små voluminer. Der ville ikke have været meget til hinder for, at en lille startup kunne have leveret en tilsvarende løsning til kunden. Nu gjorde vi det først, og har derved skabt en favorabel situation i forhold til den konkrete kunde.

De væsentligste læringer ved brug af 3D print indtil videre

3D print er ofte godt nok

Man har, mens 3D print var mere umodent, let kunne komme til at læne sig tilbage og sige, at eksisterende løsninger er gode nok, og at der ikke er grund til at risikere at prøve noget nyt i de kundevendte



Produktlivscyklusfase	Muligheder for Danfoss Drives i forhold til 3D Print
Produktudvikling	Prototyper, kundeinteraktion, salg
Produktionsforberedelse	Opspændingsværktøjer, emner til test
Pilotproduktion	0-serie emner, 3D printede produktions værktøjer
Ramp up	Tidligere iterationer, værktøjstilretninger
Produktion	Ved leverandørsvigt, ved produktændringer
Slid- og reservedele	Reduktion af lagerbindinger, lokal produktion
Bortskaffelse	Genbrug af plastaffald til 3D print råvarer

Tabel 1: Eksempler på brug af 3D print i produktlivscyklusfaserne.

opgaver. Men via de vigtige interne projekter og eksperimenter med 3D print har det vist sig, at 3D print faktisk er godt nok i de fleste tilfælde. 3D print er utrolig universelt i sine anvendelsesmuligheder, og vi kan erstatte traditionelle løsninger på en meget nem og direkte måde. Man har mulighed for at optimere processer via bedre værktøjer mv. med en god ydelse, fremstillingstid og -pris.

3D print kræver ny viden

Det har vist sig, at det kun er få konstruktører, som har nemt ved at skifte fra at konstruere traditionelle emner til at konstruere emner, der skal 3D printes. Det er ny viden, som man typisk ikke har i virksomheden, så denne viden skal bygges op. Heldigvis udvikles løbende automatiseret software til vægt- og styrkeberegninger, og til at overføre data til simuleringsværktøjerne. 3D printerne bliver også nemmere og nemmere at betjene. Desuden modnes teknologierne, og der kommer stadig større procesvinduer. Kort sagt, teknologierne bliver stadig mere stabile og tilgængelige.

Hvordan styrker vi kulturen omkring 3D print i udviklingsfunktionerne?

Først og fremmest handler det om at have tid og ressourcer til at vende produktudviklingsprocessen på hovedet. Traditionelt konstrueres med udgangspunkt i en given valgt fremstillingsteknologi, med de regler og begrænsninger der er. 3D print kræver faktisk det modsatte. Her konstruerer vi ud fra, hvad emnet skal opfylde af funktion, og dernæst finder vi den 3D printteknologi, der kan opfylde kravene. Det er sværere, end det umiddelbart lyder, da mere eller mindre alt kan lade sig gøre. Konstruktøren skal lige pludselig løse konstruktionsopgaven med en holistisk tilgang i stedet for en fremstillingsteknisk tilgang, Derfor kan man sige, at processen skal vendes på hovedet. Det kræver accept og støtte fra ledelsen og fra de forskellige projektledere.

Danfoss Drives har valgt at opbygge kompetencen internt hos de eksisterende medarbejdere via træning og læring i jobbet. Skal man tillære sig noget nyt, så skal man øve sig, og man må eksperimentere. Det tager tid – kalendertid. De første gange man gør noget nyt, så går det jo sjældent hurtigere og er sjældent billigere end at gøre tingene på den konventionelle måde. Så udviklingsopgaver kan let komme til at tage længere tid i starten med 3D print.

Det med pres på udviklingstiden er måske et af stederne, hvor de etablerede virksomheder har et anderledes og stærkere pres end de nye startups. For de er typisk ikke underlagt tidsfaktoren på samme måde, idet det som udvikles, ikke skal overtage noget andet på et bestemt tidspunkt, og der er sjældent samme konkurrence i det marked som en startup forsøger at skabe, når der kommer med noget nyt, spændende og banebrydende.

Er der endnu flere anvendelsesområder for 3D print i produktionsforberedelsen?

3D print kan anvendes mange steder, og noget af det næste, som Danfoss Drives ser af anvendelsesmuligheder, er 3D print af elektroniske kredsløb. Det udestår dog stadig at finde ud af, hvornår dette egentlig kan give fordele i forhold til nuværende metoder. Derudover kan 3D print af mere fleksible og bløde materialer vinde indpas, f.eks. pakninger, tastaturer og lignende.

3D print kan anvendes bredt i hele produktlivscyklen

I tabel 1 er givet eksempler på, hvordan Danfoss Drives enten anvender eller påtænker at anvende 3D print i alle led af produktlivscyklen.

Hvordan kan 3D print komme til at disrupte markeder og hele E2E proceskæder i fremtiden?

Marked og produkter

Med 3D print har Danfoss Drives i højere grad mulighed for at levere det, som kunden ønsker (og ikke det, som er gjort muligt af Danfoss Drives ingeniører i en konfigureringsafkrydsningstabel). Målet er, at vi i samarbejde med kunderne kan tilbyde udvikling og levering af specielle løsninger – i små styktal – hvor vi kan skabe ny værdi ved at løse specifikke kunderelevante ønsker, som kun denne ene kunde har.

Et eksempel fra forbrugermarkedet er muligheden for i dag at købe 3D printede løbesko, som er tilpasset den enkelte kundes vægt og løbestil.

For Danfoss Drives kan dette oversættes til, at nuværende produkter skal have andet udseende, montageform, andre former for stik, anderledes hjælpeværktøjer til formontage mv. Ligeledes skal tilbehørslisten designes i samarbejde med kunden. Herved kan vi integrere kunderne mere i udviklingen, så de kan få ydelser, som de ikke kan få andre steder. Det skal gerne føre til, at kunderne vil være mere loyale over for Danfoss Drives end over for konkurrenterne.

End2End værdikæder

Allerede i dag er produktionen delt op på mange steder i verden for at være nær ved kunderne og for at skåne miljøet for unødig transport. Dagens bæredygtighedsfokus betyder, at vi tænker endnu mere i decentral produktion, og her er 3D print en stor hjælp. Danfoss Drives har allerede 3D printere i alle fabrikker. Indtil nu med det formål at få adgang og er-

faring med teknologien. På sigt ønsker vi at kunne printe slutbrugervarer lokalt. Det kan være på egne 3D printere eller via lokal partner. Det vigtige er at have viden og at udvikle den digitale udgave af produktet (selve det at printe 3D ses ikke som en kernekompetence – her kan vi let købe kapacitet i dag over hele verden).

Ved at printe slutbrugervarer lokalt, så opnås foruden en potentielt markant reduceret leveringstid også en mindre lagerbinding, idet vi kan lagre råvarer (plastruller) frem for færdigvarer. Herved bliver også kassation og ukurans reduceret markant. Modsat er råvarerne i form af 3D plast dog for nærværende dyrere end f.eks. granulat til plaststøbning.

Disruptionen ligger primært i volumen

Evnen til at skabe en god forretning på et noget lavere styktal, og muligheden for at lave kundespecifikke løsninger i tæt samspil med kunden, vil være det primære potentiale for at disrupte dele af markedet for Danfoss Drives, dvs. "disruption from the bottom". En tæt og integreret udvikling sammen med kunden vil følgelig ændre End2End processerne betragteligt, men hvordan det konkret vil tage sig ud, er for tidligt at sige. Et spørgsmål er, om det vil lykkes at bringe 3D print fra at levere tilpasninger, som svært kan lade sig gøre i dag, til at 3D print gradvis overtager stadig større dele af det etablerede marked grundet de fordele, som 3D har?

Hvad er tidshorisonten for at 3D print for alvor ses i Danfoss Drives kundevendte værdikæder?

Det første 3D printede produkt er leveret, så det er ved at ske. Danfoss Drives har ikke aktuelle planer om at lave hundredetusindevis af produkter i en serie, som er 3D printede, og ej heller hele produkter, som er 3D printede. Men inden for mere nicheprægede områder vil tilpasninger mv. vinde frem. Netop for at kunne tilbyde kunderne individualitet i produkterne. Det vil ikke være sådan, at kunder om 3 år får en app, hvor man kan lave sine egne Danfoss Drives i 3D print, men vi kommer til at tilbyde væsentlig større fleksibilitet og variation i produktudbuddet. Det vil kunne realiseres uden at have problemer med lager og leveringstider, idet lokalt print vil være muligt.

Konsekvensen for kompetencer og kapabiliteter

Danfoss Drives har rigtig mange specialister rundt omkring i organisationen allerede i dag. Vejen frem i forhold til 3D print er derfor ikke at ansætte 2 – 3 ekstra specialister. Når de meget specialiserede krav opstår, kan vi lige så godt købe konsulenter. I stedet handler det om at give viden til rigtig mange og så træne nogle få i specialviden inden for forskellige materialer (f.eks. print i titanium) for at lære de forskellige materialers spilleregler.

Det betyder, at vi allerede nu bruger ekstremt mange ressourcer og penge på uddannelse internt, bl.a. ved at tage eksterne undervisere ind, og der gennemføres ambitiøse undervisningsprogrammer lige nu. Der satses grundlæggende på at bygge oven på eksisterende medarbejderes etablerede kompetencer. Samtidig er vi dog også opmærksomme på nye kompetencekrav, når vi ansætter nye folk, f.eks. konstruktører.

Imidlertid er det vigtigt, at det ikke kun er konstruktører og udviklingsfolk, som kender til 3D print. Indkøbere skal have en grundlæggende forståelse for at kunne købe de rette råvarer, salgs- og marketingsfolk skal kunne kommunikere, hvad der er muligt og vide, hvad der ikke kan lade sig gøre med 3D print.

Afslutning

I en stor virksomhed som Danfoss Drives er disruption ikke bare noget, som sker overnight. Ikke desto mindre illustrerer 3D print ganske godt de potentielt store omvæltninger og muligheder, som teknologier og metoder under Industri 4.0 kan have, hvis man vil kaste sig ud i det, og hvis man investerer det fornødne i teknologi, udviklingsprojekter og mennesker.

Forfatter: Steffen H. Schmidt

Steffen har arbejdet med 3D print i mere end 20 år, både som bruger, konstruktør og som global ansvarlig for 3D print på Danfoss. Han er derudover selvstændig konsulent indenfor 3D print, for små og mellemstore danske og udenlandske virksomheder, med fokus på både konstruktion og hvordan 3D print som teknologi skal integreres i en virksomhed. Siden 2017 har han også fungeret som 3D print mentor for Dansk Industris AM-hub/AM-inspire tiltag, hvor små og mellemstore virksomheder får sparring og inspiration om opstart inden for 3D print fra mentorer med en bred erfaring. Steffens tilgang til 3D print er meget holistisk, og rummer mange flere aspekter end de rent teknologiske, og han repræsenterer ofte Danfoss på seminarer og events for at formidle og dele erfaringer.