

Projekt nr	Projekt namn	Rapport nr	Datum
1224	ACDC Test och Demo för hållbara gjutna komponenter	2017-006_	2017-05-02
Författare			
Åsa Lauenstein			

Organisationsutveckling T&D

Projektet ACDC syftar till att vidareutveckla Swerea SWECASTs Test- och demonstrationsanläggning för utveckling av gjutprocesser och gjutna prototyper och produkter i riktning mot det övergripande målet att strukturen ska utformas så att en långsiktig och hållbar drift av anläggningen kan genomföras.

T&D-anläggningen är en viktig resurs för forsknings- och uppdragsverksamheten på SWECAST. Grunden utgörs av en pågående verksamhet i försöksgjuteriet som tidigare fokuserat på utbildning av gjuterioperatörer och praktiska provgjutningar, men som under en följd av år successivt har breddats till att även inkludera såväl design- och beredningsprocess som efterkontroll av material och komponenter. Verksamheten inkluderar även en 3D-printer för sandformar och kärnor. På sikt är strävan att även inkludera utvärdering av den färdiga komponentens prestanda genom exempelvis utmattningsprovning, korrosionstester och fälttester.

Denna delrapport beskriver det arbete som bedrivits under första halvan av projektet ACDC för att omvandla det tidigare utbildningsgjuteriet till en effektiv och funktionell försöksanläggning, hitta nya samverkansformer internt på Swecast samt ta fram en bärkraftig metodik för framställning av gjutna koncept inom projekt och uppdrag.

Inom projektet ACDC återstår flera viktiga punkter att slutföra under 2017. En konkret vision om långsiktig hållbarhet för T&D-anläggningen ska formuleras. Examensarbetet om virtuella modeller ska slutföras och utvärderas. Slutligen är ambitionen att dessutom utforma en modell för Framtidens Gjuteri.

1 Syfte och mål

Swerea SWECAST förfogar över en test- och demonstrationsanläggning för utveckling av gjutprocesser och gjutna komponenter. Den är en viktig resurs för forsknings- och uppdragsverksamheten vid Swerea SWECAST. Grunden utgörs av en pågående verksamhet i försöksgjuteriet som tidigare fokuserat på utbildning av gjuterioperatörer och praktiska provgjutningar, men som under en följd av år successivt har breddats till att även inkludera såväl design- och beredningsprocess som efterkontroll av material och komponenter. Verksamheten inkluderar nu även en 3D-printer för sandformar och kärnor. På sikt är strävan att även inkludera utvärdering av den färdiga komponentens prestanda under användningsfasen genom exempelvis utmattningsprovning, korrosionstester och fälttester.

(fig. 1.1).

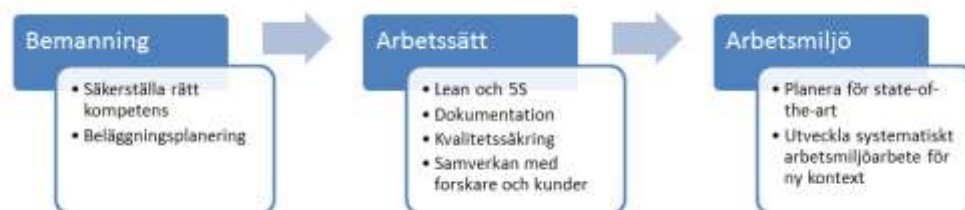


Figur 1.1. Test- och demonstrationsanläggningens grundkoncept

Projektet ACDC syftar till att vidareutveckla T&D-anläggningen i riktning mot det övergripande målet att *Strukturen ska utformas så att en långsiktig och hållbar drift av anläggningen kan genomföras* [1].

Tre viktiga delmål i denna process är

1. Att omvandla ett utbildningsgjuteri till en effektiv och funktionell försöksanläggning (fig. 1.2)
2. Att hitta nya samverkansformer internt på Swerea SWECAST (fig. 1.3)
3. Att säkerställa hållbarhet i alla delar av arbetsprocessen (fig. 1.4)



Figur 1.2. Det tidigare utbildningsgjuteriet ska bli en resurseffektiv och attraktiv försöksanläggning.



Figur 1.3. T&D-anläggningen ska vara en integrerad del av kärnverksamheten på SWEREA SWECAST.



Figur 1.4. Långsiktig hållbarhet ska vara en övergripande målsättning för allt arbete i T&D-anläggningen.

1.1 Verksamheten i T&D-anläggningen på Swerea SWECAST

I samband med omorganisationen på SWECAST i mars 2016 definierades en ny avdelning, *Casting Demonstration Centre*, med tre ansvarsområden: Försöksgjuteriet, Sandlaboratoriet och 3D-printern. I oktober omdefinierades verksamheten och istället talades om verksamhetsområdet *Test & Demonstration Facility* med två enheter, Försöksgjuteriet och 3D-printern (fig. 1.3). Sandlaboratoriets verksamhet nämns därför endast kortfattat i den följande framställningen.



Figur 1.3. Test & Demonstration Facility på SWECAST enligt den organisation som gällde mars-september 2016.

Verksamheten leds sedan oktober 2016 av Manager T&D. Tre tekniker har arbetat med verksamheten under hela året och är i nuvarande organisation direkt knutna till Test & Demonstration Facility. Dessutom är ett antal ingenjörer involverade i verksamheten.

1.1.1 Försöksgjuteriet

Verksamheten i försöksgjuteriet har under året bestått av dels undervisning och dels forsknings- och uppdragsverksamhet.

Totalt gjordes 42 under året, operatörsutbildningen och enklare aluminiumtester undantagna. Detta antal stämmer väl överens med målsättningen för 2016 och är samtidigt nära den maximala kapaciteten med nuvarande bemanning. Knappt en tredjedel ingick i forsknings- och utvecklingsprojekt, en tredjedel utgjorde del av olika kurser och workshops och resten utfördes som externa uppdrag.

1.1.2 3D-printern

3D-printern är lokaliserad på Munksjöområdet och verksamheten bedrevs under hela 2016 i samarbete med ExOne och Karlebo i enlighet med det samarbetsavtal som upprättades 2015. Under året stabiliserades verksamheten vid 3D-printern genom kompetensutveckling av personal, ökad erfarenhet av teknikens möjligheter samt fortlöpande utveckling av samarbetet med ExOne och Karlebo. Efterfrågan på material var hög från Karlebos sida och under stor del av perioden utnyttjades anläggningens fulla kapacitet. Från och med 1 april 2017 har Karlebo övertagit huvudmannskapet för den kommersiella verksamheten i enlighet med nytt avtal mellan Karlebo och Swerea SWECAST.

Munksjöanläggningen har utnyttjats mycket flitigt under året för studiebesök och demonstrationer. Många aktiviteter har skett i nära samarbete med Karlebo och/eller ExOne. En tydlig trend är att besök i anläggningen först lett till konsultuppdrag för SWECAST och i nästa steg till regelbundna kundorder till Karlebo. Även åtskilliga projektideer har fötts i lokalerna. Under årets sista månader inleddes ett par kreativa samarbeten med olika konstnärer.



Figur 1.4. Deltagare i workshop "Prototyp på en dag" arbetar med att producera egna 3D-printade former, som under dagen kommer att gjutas upp.

Fyra workshops har hållits på Munksjö med temat "Prototyp på en dag", där deltagarna fått teoretisk och praktisk kunskap om möjligheterna med 3D-printing i gjuteritillämpningar (fig. 1.4).

2 Genomförande

Denna rapport beskriver det arbete som bedrivits inom ramen för projektet ACDC för två av de mål som beskrivits ovan:

1. Att omvandla ett utbildningsgjuteri till en effektiv och funktionell försöksanläggning
2. Att hitta nya samverkansformer internt på Swecast

Dessutom ska arbetet ske i ett perspektiv mot långsiktig hållbarhet. Denna vision kommer att prägla den fortsatta formuleringen av arbetssätt och strategi i 2017 års projektaktiviteter.

Dessutom har en riktad verksamhetsutveckling skett för att ta fram en bärkraftig metodik för framställning av gjutna konceptmodeller inom projekt och uppdrag.

3 Resultat och diskussion

3.1 Organisation och arbetssätt

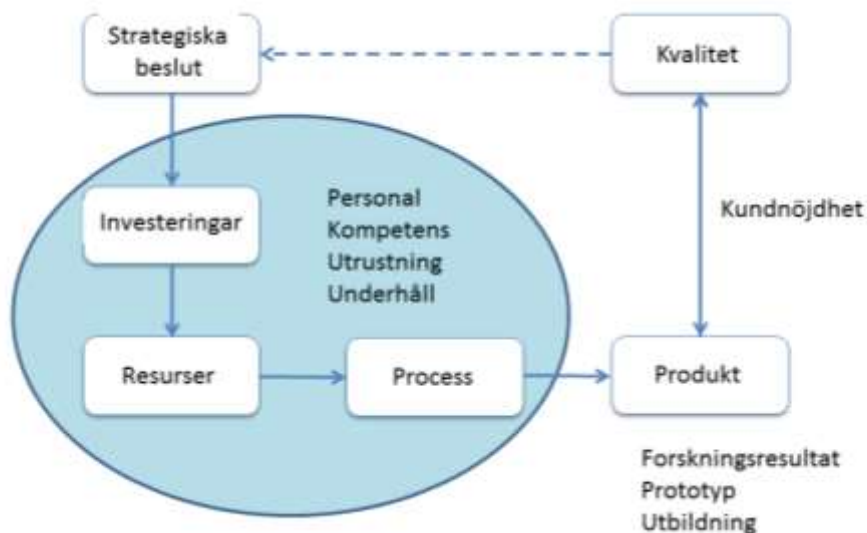
För arbetssättet i vardera försöksgjuteriet och Muksjöanläggningen har konkreta visioner tagits fram. Den senare lyder som följer.

1. Swerea SWECASTs nya anläggning för 3D-printing i sand skall stå som modell för fortsatt arbete inom ToD-anläggningarna på Swerea SWECAST.
2. Som grund för att uppnå ett effektivt produktionssystem för detta pilotobjekt ligger kompetensutveckling av ToD-personalen i området produktionsutveckling.
3. Det pågående arbetet med att nå detta mål skall vara visuellt för alla som besöker anläggningen.
4. Goda idéer och synpunkter ser vi som ytterligare en källa till förbättringar.

Det kan också schematiskt beskrivas med hjälp av Fig. 3.1. T&D-anläggningen förfogar över resurser i form av personal och utrustning där kompetensutveckling och underhåll är väsentliga framgångsfaktorer. De pågående processerna levererar olika produkter, exempelvis forskningsresultat, 3D-printade formar, gjutna komponenter och utbildningsinsatser. Kvaliteten utvärderas i dialog med kund och leder i förlängningen till strategiska beslut om investeringar i ytterligare resurser,

Ett stort antal interna rutiner har definierats och formulerats i syfte att samordna, effektivisera och kvalitetssäkra T&D-verksamheten och göra den mer känd och tillgänglig i den egna organisationen. Några exempel är

- Rutin för intern beställning av uppdrag T&D
- Rutin för intern beställning av 3D-printade formar och kärnor
- Rutiner för gjutförsök - processbeskrivning
- Arbetsgång vid gjutförsök - processbeskrivning
- Flöde för framställning av 3D-printade formar och kärnor
- Intern uthyrning av utrustning



Figur 3.1. Systematiskt arbetssätt i T&D-anläggningen.

Försöksgjuteriet och Munksjöanläggningen drivs i praktiken som två separata produktionsenheter. Produktionsuppföljning sker på veckobasis genom regelbundna möten på vardera enheten. Med hjälp av sammanställningar och nyckeltal synliggjorda på en whiteboard (fig. 3.2) följs föregående veckas arbete upp och nästa veckas aktiviteter planeras. Eftersom den tekniska personalen har flera olika arbetsplatser och dessutom deltar i specifika projekt del av tiden är resursplaneringen central, och ofta kritisk.



Figur 3.2. Whiteboard-tavlan i gjuteriet

Översikter över ängden producerade 3D-formar, mängden uttagna formar till den egna verksamheten, antalet försökssmältor med mera finns tillgängliga. Samtliga försökssmältor planeras, dokumenteras och kvalitetssäkras noggrant enligt särskild rutin. Ett nytt underhållssystem togs i bruk i början av 2017 och kommer fullt genomfört att dokumentera samtliga utrustningar och förbrukningsvaror i de två T&D-anläggningarna.

På SWECAST kännetecknades 2016 bland annat av omstrukturering på flera områden, bland annat organisation, ekonomisystem och personal. I denna kontext är det angeläget att redan från början även ta hänsyn till de särskilda krav som

ställs vid interndebering från T&D-verksamheten till forskningsprojekt, utbildningar och uppdrag. Detta arbete pågår fortlöpande under våren 2017.

Företaget bedriver ett systematiskt arbetsmiljöarbete där navet är Skyddskommittén. Gruppen har under 2016 tagit fram underlag till formulering av arbetsmiljöuppgifter, kompetensmatriser för T&D-anläggningarna samt nya rutiner för tillgänglighet. Framtagningen av arbetsinstruktioner och riskanalyser för samtliga nya arbetsmoment och utrustningar har följts upp. För att synliggöra förekomsten av tillbud och olycksfall inom T&D har whiteboarden i vardera anläggningen kompletterats med Gröna Korset.

3.2 Verksamhetsutveckling

Test & Demonstration är en bred verksamhet med stora möjligheter. I syfte att tydliggöra anläggningens olika kompetenser formulerades under 2016 fyra avgränsade erbjudanden.

1. Försökssmältor och provgjutningar
2. Analys och provning av form- och kärnmaterial
3. 3D-printade kärnor och formar
4. Showroom för gjuteriteknik

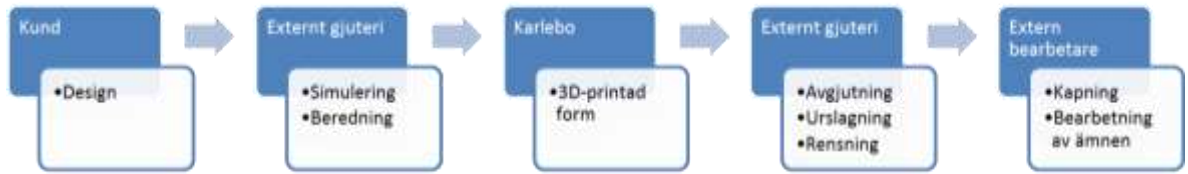
De första två erbjudandena hör till de etablerade på företaget. 3D-printade kärnor och formar har på kort tid blivit ett nytt profilområde. Möjligheten att använda våra anläggningar som showroom är visserligen inte ny men fick ny aktualitet i samband med lanseringen av CDC Partnership i slutet av året, en satsning som kommer att vidareutvecklas inom projektet under 2017.

3.2.1 Stabil process för framtagning av konceptmodeller

I arbetet med att vidareutveckla T&D på SWECAST är en ambition att ta fram en bärkraftig metodik för framställning av gjutna konceptmodeller inom projekt och uppdrag. I och med satsningen på 3D-printer för furanformar finns goda förutsättningar inom området. Försöksgjuteriet klarar idag att producera gråjärn och segjärn av hög kvalitet samt vissa låglegerade stål, kopparbaslegeringar och aluminium. Organisation och bemanning är dock begränsande faktorer och av kostnadsskäl föredrar vi att samordna projekt och uppdrag med mindre gjutvikter till gemensamma tillfällen. Detta leder till ibland långa ledtider vilket i normalfallet inte är något problem i forskningsprojekt, men ofta blir en begränsning vid snabba uppdrag.

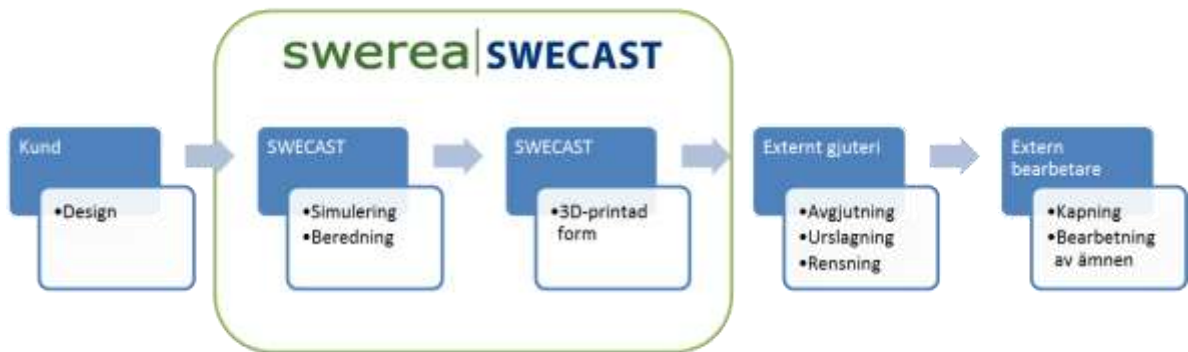
I ett tänkt case vill SWECAST för extern kunds räkning fylla tre stycken 3D-printade furanformar med stål med en gjutvikt på 60 kg per form. I detta uppdrag vidareutvecklas en produkt som tidigare gjutits på lego och det bedöms därför vara fördelaktigt att gjuta upp formarna i samma gjuteri, då den externa kunden har specifikt intresse av att utvärdera små skillnader i det gjutna materialets struktur, hårdhet i särskilda segment av gjutgodset med mera.

Utgångspunkten är en processföljd enligt Fig. 3.3. Kunden designar en konceptmodell och uppdrar åt externt gjuteri att producera den. Gjuteriet beställer 3D-printade formar från Karlebo, gjuter och levererar rensat gjutgod till kund som sedan anlitar extern bearbetare.



Figur 3.3. Framtagning av konceptmodell i kundens egen regi via externt gjuteri. 3D-printade formar beställs från Karlebo.

Fig. 3.4 visar ett ofta förekommande upplägg för uppdrag på SWECAST. Kunden uppdrar åt oss att framställa gjutformor som vi printar i egen regi och levererar dem till av kunden anvisat gjuteri. Urvalet av gjuterier är dock begränsat eftersom det krävs att gjuteriets process är kompatibel med furan. Dessutom kan gjuteriet vara mindre intresserat av att uppfylla leveranskrav på gjutgods från formar man inte själv fått bereda.



Figur 3.4. Kund anlitar SWECAST för framtagning av 3D-printade gjutformor. Här krävs att extern gjutprocess är kompatibel med furan.

Det tredje exemplet, Fig. 3.5, visar en anpassad prototypframtagning med flexibla T&D-moduler. Här ansvarar SWECAST för hela kedjan från gjutsimulering till leverans av rensat gjutgods. Avgjutningen sker dock av en eller annan orsak inte i vårt eget gjuteri utan hos en extern aktör. I det aktuella fallet kan detta gjuteri inte hantera furanbunden sand. Därför returneras hela formarna, med gjutgods och allt, på pall tillbaka till SWECAST som fortsätter hanteringen i egen regi.



Figur 3.5. Anpassad prototypframtagning med flexibla T&D-moduler. SWECAST kontrollerar hela kedjan från simulering till rensat gjutgods, men lejer ut avgjutning då så är fördelaktigt.

3.2.2 Anpassning till forskningsuppdrag

Det beskrivna konceptet med moduler för framtagning av konceptmodeller kan sedan anpassas vidare till uppdrag och projekt av forsknings- och utvecklingskaraktär. Grundtanken är att varje arbetsmoment ska utföras där förutsättningarna är de rätta. Gjutformar kan exempelvis tillverkas för hand, 3D-printas eller köpas in, beroende på tillgång på modell, komplexitet etcetera. Avgjutning kan ske på SWECAST eller på externt gjuteri beroende på legering och processkrav. Det är dock SWECAST som har samordningsansvaret för hela processkedjan och kontrollerar ledtid, kvalitet och slutpris (fig 3.6).



Figur 3.6. Fullt utbyggt arbetssätt för prototypframtagning med flexibla T&D-moduler. SWECAST erbjuder hela kedjan från simulering till utvärderad produkt.

Modellen byggs ut successivt och målet är att hitta effektiva samarbetsformer genom ett standardiserat arbetssätt och enklast möjliga hantering för deltagande gjuterier. Nästa steg blir att börja bygga upp motsvarande nätverk för tilläggstjänster. Här finns idag kontakter för 3D-scanning och tomografi, och exempel på andra tjänster är bearbetning, utmattningsprovning, nötningsprovning och korrosionstester.

Fullt utbyggt kan modellen även inbegripa moduler för

- Riskanalys
- Miljökonsekvensanalys
- Energiberäkningar
- Avancerad processuppföljning under gjutning, exempelvis
 - Termisk analys, ATAS
 - Avsvalningskurvor
 - Emissionsanalys
- Utvidgad dokumentation av processen
- Utbildningsmodul/workshop

3.2.3 Virtuellt T&D

För att utvärdera befintliga eller tänkta processkedjor är en möjlig väg att arbeta med virtuella modeller. Det kan handla om att utvärdera planerade förändringar i en befintlig process eller att bygga ihop flexibla moduler som i exemplet ovan. Konceptet prövas som ett examensarbete inom projektet via en demonstrator kopplad till Holsbyverken.

4 Slutsats och fortsatt arbete

T&D-anläggningen på Swerea SWECAST har alla förutsättningar att spela en viktig roll inte bara som profilering för den interna forsknings- och utbildningsverksamheten utan även inom CIC-samarbetet och den nya satsningen på CDC Partnership.

Inom projektet ACDC återstår flera viktiga punkter att slutföra under 2017. En konkret vision om långsiktig hållbarhet för T&D-anläggningen ska formuleras. Examensarbetet om virtuella modeller ska slutföras och utvärderas. Slutligen är ambitionen att dessutom utforma en modell för Framtidens Gjuteri.

5 Referenser

1. Projektplan för projektet ACDC –Vidareutveckling av internationell test- och demonstrationsanläggning för hållbar framställning av gjutna produkter.