



EXECUTIVE SUMMARY

GJUTERIDAGARNA 2017

9-10 MARS



Fatigue Strength of Thick-Walled AlSi7Mg0.3 Semi-Solid Castings

Influence of Heat Treatment Condition

Projektets mål är ta fram relevant underlag för design och simulering i form av mekaniska egenskaper och utmattningsdata för Semisolidgjutet (SSM) gjutgods. SSM gjutgodset i detta projekt är avsett att användas i lättviktsstrukturer i lastbilar för att öka lastkapacitet och bränsleeffektivitet.

Rheometal™ processen användes för att tillverka 10mm tjocka provstavar. Rheometal™ processen är en SSM process som nyttjar en intern konsumerbar kylkropp för att minska smältans temperatur för att generera en slurry i halvstelnat tillstånd. Rheometal™ processen genererar en slurry med hög fast fraktion bestående av globulära primära α -Al på mycket kort tid. Materialet som användes var aluminium AlSi7Mg0.3 (A356) legering. Proverna tillverkades vid Tekniska Högskolan i Jönköping. SSM gjutgodset testades i tre olika initiala tillstånd, gjutet tillstånd, T5 samt T6 värmebehandlat. Helt reverserad fyrpunktsböjprovning ($R=-1$) användes för att ta fram utmattningsdata på Volvo. Ingen ytbehandlingar eller annan bearbetning utfördes på SSM gjutgodsets yta innan testning.

Sträckgränsen ($R_{p0,2}$) var överlägsen för gjutgods i T6 tillstånd, 223 ± 6 MPa, jämfört med 223 ± 6 MPa, i T5 tillstånd och 136 ± 2 MPa och 99 ± 2 MPa i gjutet tillstånd. Töjningen vid brott var högre i gjutet tillstånd, $8,9 \pm 2,2\%$, medans T6 tillståndet gav $6,2 \pm 2,4\%$ och T5-värmebehandlat gods gav $3,0 \pm 2,8\%$.

Utmattningshållfastheten, definierad som spänningsamplitud vid 2 miljoner lastcykler, var högst hos T6 värmebehandlat gjutgods med 118MPa, medans T5 gav 84 MPa och gjutet tillstånd gav 57MPa. En jämförelse med litteraturdata visade att utmattningshållfasthet SSM gjutgods i detta arbete i T5 tillstånd motsvarar vad som sett i SSM gjutning under samma värmebehandlingstillstånd och för lågtryckspressgjutning i T6 tillstånd.

Det fanns en klar inverkan av värmebehandlingstillståndet för både mekaniska och utmattningsegenskaper. Mekaniska egenskaper var överlägsna i T6 behandlat material jämfört med T5 behandlat material och material i gjutet tillstånd. T6 värmebehandling gav högre utmattningshållfasthet jämfört med T5-behandlat och gjutet material. Resultaten visade att AlSi7Mg0.3 SSM gjutgods i T5 tillstånd i detta arbete är likvärdiga med andra SSM processer i utmattningshållfasthet och traditionella gjutprocesser som lågtryckspressgjutning i T6 tillstånd. T6 behandlat SSM gjutgods var överlägset T6 behandlat lågtryckspressgjutet gods.

Detta arbete var finansierat av VINNOVA under FatSS projektet (Dnr 2014 till 05.096) och stött av Volvo Lastvagnar AB, Fueltech Sweden AB och Comptech AB.

Författare: Jorge Santos¹, Anders E. W. Jarfors¹, Arne k. Dahle¹, Jörgen Andersson², Madeleine Blad², Izerhab Fethi², Anders Olsson², Fredrik Brodén², Matthias Nedfors³, Per Jansson⁴, Johannes Winkhofer⁵

Tribological and Thermo-Mechanical Properties of Lamellar Graphite Iron HELIOS and Cast Design

I det EU-finansierade HELIOS projektet var syftet att få en fördjupad förståelse för sambanden mellan gjutjärnets mikrostruktur och de resulterande mekaniska och tribologiska egenskaperna med särskild fokus på kolvringar-cylinderfoder i dieselmotorer samt hur denna kunskap kan vidare användas i syfte att utveckla material med hög prestanda. De erhållna resultaten indikerar de allvarliga konsekvenserna av matrisdeformationen, som orsakas främst av nötning, på glidyornas texturförändring, som därmed resulterar i stängning av majoriteten av grafitlamellerna och i värsta fall repor. Dessutom har en ny mekanism rörande bidraget av matrisdeformation introducerats, grovt simulerad med hjälp av mikrointryck och mikrorepor, som styr stängning samt det självsmörjande beteendet hos grafit lameller under nötning. Resultaten visar dessutom att både, prestandan av självsmörjandet samt stängningstendensen av grafitlameller inte kan enbart förklaras med metallmatrisbeståndsdelar och lasttillstånd utan snarare är det lamellernas orientering som spelar en viktig roll som bör övervägas för en mer realistisk bedömning av tribologisk prestanda hos lamellärgjutjärn.

Målet med det Vinnovafinansierade projektet CastDesign var att utveckla nya lamellä- och kompaktgratitjärnlegeringar med förbättrade termomekanisk utmattnings (TMF) egenskaper. Från ett tidigare projekt har det visat sig att tillsats av molybden till gjutjärnet ger ett förbättrat motstånd mot termisk cykling. Niob, känd också som ett element som ökar draghållfastheten, användes också för att undersöka den kombinerade effekten av molybden och niob på de termomekaniska utmattningsegenskaperna. Det erhöles ett förhållande mellan de två legeringselementen och antalet cykler till brott (N_f) som visade att inverkan av molybdentillsatsen på utmattningstidslängden är högre än den av niob. Mikrostrukturella undersökningar visade ett förhållande mellan N_f , molybden- och niobinnehåll och den dendritiska austenitfraktionen och det var möjligt att observera att molybden är 35 gånger mer effektiv i att öka TMF än niob. Baserat på resultaten av detta arbete är det tänkt att utveckla en empirisk modell för prediktering av N_f hos lamellärgjutjärn legerat med molybden och niob. Modellen planeras att inkludera metallurgiska (t_s , dT / dt , Mo, Cr, CE och ympning) och mikrostrukturella parametrar (grafit storlek och perlit lamellära mellanrummet).

R. Ghasemi och V-L. Diaconu, Jönköping University

Framtidens släppmedel

Formsläppmedel idag är en nödvändig del i processen pressgjutning. Formsläppmedlet har idag ett antal funktioner. Dels skapa och bilda ”film” eller separeringsfilm på verktygsytan, filmens funktion ger verktyget längre livslängd och är nödvändig för att detaljen ska kunna stötas ut efter varje skott. En annan funktion är att kyla ner verktygsytan. Ytan på verktyget måste kylas ner för att släppmedlet ska kunna få vidhäftning. Vanligtvis används vatten som bärare av själva formsläppmedlet. I Sverige använder i stort sätt alla pressgjuterier vattenbaserade formsläppmedel.

Projektet avser att studera vad som finns idag när det gäller formsläppmedel. Hur jobbar leverantörer med produkten och vad är det senaste teknikerna. Hur utbredd är användningen av elektrostatiskt släppmedel och hög koncentrerade släppmedel idag och hur jobbar man internationellt? Vilka andra effekter för det med sig så som verktygslivslängd och cykeltidsreducering etc.?

Var är vi i Sverige i denna fråga?

Projektet startades hösten 2016 och kommer att avslutas under våren 2017

Deltagande företag är:

IMI Hydronic

Mönsterås Metall

Ankarsrum Die Casting AB

Husqvarna AB

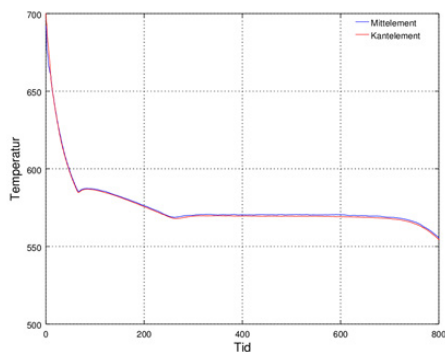
M. Börriesson, Swerea SWECAST

Termisk analys för att prediktera krympporositet

Syftet med detta projekt är att undersöka hur man med hjälp av termisk analys kan prediktera huruvida krympporositet kommer uppstå i det färdiga godset. Detta är en komplex frågeställning och därför har studien karaktären av ett förprojekt.

Termisk analys utförs genom att man håller en liten mängd smälta i en kopp avsedd för ändamålet. Koppen är försedd med termoelement och är kopplad till någon typ av datalogger. Resultatet är att man får fram vilken temperatur smältan håller vid en viss tidpunkt. Genom att analysera dessa kurvor kan man enligt litteraturen få fram en faktor som anger när den interdendritiska matningen börjar, den s.k. ”dendrite coherency point” (DCP) då dendriterna i materialet börjar röra varandra och därmed försvårar matning. I projektet undersöks hur vi kan nyttja denna faktor för att prediktera krympporositet då dessa defekter påverkas av den interdendritiska matningen. Vidare är DCP viktig indata för att på ett säkrare kunna förutsäga krympporositet med simulering.

Inom projektet har provtagning utförts i produktion hos de deltagande företagen. Då man i projektet funnit att det är svårt att hitta denna DCP med endast ett termoelement görs även försök med två termoelement enligt vad man funnit i litteraturen. I projektet har även olika typer av koppar för termisk analys provats. Deltagande företag i projektet är FM Mattsson Mora Group, Mönsterås Metall, Fundo Components och NovaCast Systems AB. Projektet startade under 2015 och har fortsatt under 2016. Slutrapporteras Q1 2017.



Figur 1 Exempel på kurva för termisk analys med två termoelement med temperatur på y-axeln och tid på x-axeln.

Högpresterande gjutna aluminiumkomponenter - HPACC

Användningen av lättmetaller har ökat bl.a. inom transportindustrin. Fördelar är minskad vikt och enkel återanvändning vilket båda ger minskad energianvändning.

Baserat på sina goda kombinationer av mekaniska egenskaper och gjutbarhet, har användningen av Al-Si-gjutlegeringarna ökat inom bil- och flygindustrin. På grund av variationer i egenskaper, speciellt i duktilitet och utmattnings- och begränsade högttemperaturegenskaper, så används aluminiumgjutgods sällan i kritiska tillämpningar. Syftet med arbetet inom HPACC har varit att förbättra duktilitet vid både RT och i värme och att förbättra varmhållfastheten vid 200-250° C. Arbetet har varit inriktat på legeringsutveckling baserat på Al-Si-serien för att producera legeringar som är lämpliga för höga temperaturer.

G-projektet är en fortsättning och avrapportering av 3 års G-projekt inom HPACC.

Arbetet fokuserade initialt på ökad hållfasthet / seghet hos kommersiella Al-Si-legeringar vid förhöjda temperaturer resp. RT. En litt-studie visade hur man genom legeringstillsatser och anpassade legeringar kan nå mycket goda egenskaper. Detta användes också vid Triple-A ansökan.

Målet har varit att åstadkomma bättre egenskaper hos konventionella legeringar, både genom att minimera defekter med förbättrad ingjutsteknik och genom optimerad legering. HPACC har kompletterat Triple-A-projektet.

- Resultaten blev oväntade, då ingjutsystemets utformning inte alls påverkade de mekaniska egenskaperna som förväntat, utan den dominerande faktorn var smältans renhet.
- Den optimerade legeringen med Cr-tillsats uppnådde en hög förlängning, men nådde inte målvärdet för sträckgräns.
- HPACC ledde vidare till Vinnova-projektet Triple-A, där varmhållfastheten undersöktes hos nya och modifierade legeringar.

I ett pågående ex-jobb (VT -17), undersöks kisels inverkan på högttemperaturegenskaper upp till 13-14 % Si, baserat på Al-Si-serien.

En stor nytta med arbetet inom HPACC var att det gav underlag för Triple-A-projektet; ett Vinnova-finansierat projekt med deltagare både från tillverkare och användare. G-projektet har också gett kunskap om renhetens och ingjutsystemets inverkan på egenskaper och gett viss kunskap om effekt av Cr-tillsats i en Al-Si-legering.

Processstyrning i stålgyteriet och renhet hos legeringsämnen (PDA)

PDA/OES är en metod för att snabbt mäta renhet i stål genom att karakterisera de icke-metalliska inneslutningarna. Genom provtagning direkt från smältan och PDA-analys med optisk spektrometer (OES) kan man bestämma renheten 'on-line'. Detta gör det möjligt att justera smältan före avgjutning. PDA-metoden relativa enkelhet gör den också till ett bra verktyg vid processutveckling.

Målet med projektet var att lära oss använda PDA/OES-metoden för att kunna karakterisera och kvantifiera icke-metalliska inneslutningar i stålgytgodts. Ett ytterligare mål var att analysera och utvärdera de prover som togs ut från stålsältor och gjutna stålkomponenter i ett tidigare projekt. Syftet med utvärderingen av gjutproverna var att bedöma om PDA/OES är en användbar metod för olika typer av gjutstål.

Provtagning gjordes hos deltagande stålgyterier: SSG, ÖGAB, Kohlsua, CWP, C-C och Sandvik SRP. Totalt har över 50 st prover utvärderats från låglegerat stål, rostfritt och manganstål. De flesta proverna togs från smälta i ugn, men även från olika delar hos gjutna komponenter.

PDA- provningen gjordes enligt följande:

- Jämförelse av beräknad O-halt med andra mätningar
- Långtidsstabilitet/repeterbarhet
- PDA-mätning av prover från stålgyterier och andra prover.

Målen; metod-kunnande och utvärdering av gjutprover, bedöms vara väl uppfyllda. Efter omfattande provning bedöms också PDA/OES som en mycket lämplig metod för att bedöma renhet i stålsältor och gjutstålkomponenter. Den fungerar bra för låglegerade stål, men kan behöva viss vidareutveckling för rostfria stål och manganstål.

PDA/OES-metoden bedöms vara ett utmärkt redskap för att studera process-varianter, genom att följa relativa förändringar i inneslutningsbilden. Ett fortsättningsprojekt har startats där PDA-metoden kommer att användas för att studera inverkan av legeringsämnenas renhet, inverkan av mängden återgång och en närstudie av desoxidationsprocessen.

L. Sibeck, Swerea SWECAST

Processstyrning i stålgytuterier och renhet i legeringsämnen - del II

Detta är en fortsättning och tillämpning av PDA-metoden, som utvärderades under 2016 i ”Processstyrning i stålgytuterier – del I”. Syftet är att använda PDA-metoden för att följa hur process-varianter påverkar inneslutningsbilden/renhet hos gjutstål. Detta ger möjlighet att förbättra stålets renhet och därmed påverka materialegenskaper. I förlängningen ska det leda till mer kostnadseffektiva produkter med högre kundvärde. Detta görs inte i andra gytuterier, globalt sett, vilket kan ge svenska gytuterier en fördel.

Processförsök och provtagning görs hos deltagande gytuterier och utvärdering och analys görs hos Swerea Swecast. Deltagare stålgytuterier: SRP, SSG, ÖGAB, Laholms Stål och CWP.

Den övergripande frågeställningen är hur inneslutningsbilden i några utvalda gjutstålskvaliteter påverkas av:

1. Tidseffekter i smältprocessen, speciellt tiden för avskiljning av oxid-inneslutningar efter Al-desoxidation,
2. Inverkan av olika kvalitet på tillsatt FeCr,
3. Inverkan av mängd använt återgångsmaterial (internt återanvänt material) på inneslutningsbild/renhet.

Uppdraget startade strax före årsskiftet och slutförs till sep -17. Just nu pågår försök och provtagning hos deltagande stålgytuterier.

L. Sibeck, Swerea SWECAST

“Taste of Sand” - Thermal Analysis and Gas Evolution in Moulding Materials

De senaste åren har tillverkningen av gjutna komponenter i sandformar uppvisat signifikant och kontinuerlig utveckling i produktionsvolym i Sverige. Förväntningarna från kunderna mot järnhaltiga och icke järnhaltiga gjutgods ökar på månadsbasis, även ur ett kvalitetsperspektiv. Dessutom, även om gjutningsprocesserna är väl organiserade i de flesta gjuterier, uppstår tekniska problem fortfarande. Dessa trender tvingar gjuterierna att utveckla passande strategier för att lösa sina dagliga produktionsutmaningar, medan deras leverantörer förväntas hålla en kontinuerlig utveckling av sina befintliga gjuteriprodukter och att hitta nya lösningar. Följaktligen tvingas gjutningsforskningen nå en högre vetenskaplig nivå med en starkare koppling mellan industri och akademien för att generera bästa möjliga teknik och förståelse tillsammans, för att förutsäga och undvika uppkomst av felaktigheter vid gjutning.

Projektet ”Smak av Sand” var en två år lång forskningsaktivitet som genomfördes av Foundry Technology Research Group vid Högskolan i Jönköping, Volvo GTO och Scania CV AB, finansierat av KK-Stiftelsen. Målet var att ta fram en ny typ av vetenskapliga mätningar och idéer som är lämpliga för att kasta nytt ljus över företeelser inom metal-mould interface phenomena och få nya kunskaper om temperaturbeteende hos gjutmaterial. Som de viktigaste resultaten från projektet nådde dessa idéer prototypstatus och de första resultaten genomfördes i simulering av gjutprocessen.

Utvecklingen av själva forskningsidén ägnades åt att kompensera för avbrottet i den befintliga internationella vetenskapliga utvecklingen av bästa möjliga teknik. Ett av de viktigaste målen var möjligheten att studera kylningskapaciteten av formningsmaterial och kinetiken för gasutveckling samtidigt. Dessa två aspekter av processen för termisk nedbrytning har alltid behandlats separat tidigare, med hjälp av flera olika typer av laboratorieinstrument och olika tester. Ett annat viktigt mål var att mätningstekniken skulle återge verkliga gjuteriförhållanden av metal-mould interface under testerna. Detta fastställs genom att använda sfäriska sandprov med storlekar enligt den faktiska gjutformen och vägg tjockleken. Resultaten applicerades sedan för att förfina gjutnings-simuleringsprocesser.

Projektets inverkan på industrin är förmågan att förutsäga huruvida en viss sammansättning av smältan och produktionsparametrar är rätt för att ge gynnsamma kylningstider och på samma gång inte producerar överskott av gasformiga element. Denna kunskap gör det möjligt för gjuterier experter att kunna göra nödvändiga ändringar i produktionen för att minska känsligheten för gasrelaterade gjutdefekter och bristande ytegenskaper eller mekaniska egenskaper. Detta nya sätt att förfina gjutningsprocessen kommer att resultera i lägre materialförluster, minskade extrakostnader och i en mer miljövänlig effektiv produktion.

Processtyrning i stål gjuteriet och renhet hos legeringsämnen (PDA)

Ytbeläggningar behöver vanligtvis användas för de komponenter där ytan exponeras för atmosfären eller för friktion och slitage.

JTH fokuserar sin forskning på specifika beläggningsprocesser för gjutna material, ett exempel är: Rheocal och Procets projekt.

Den industriella effekten av dessa två projekt är att förbättra ytbehandlings kvalitét, så att gjutna komponenter kan behandlas effektivt och med optimerad process.

Anodisering är en kostnadseffektiv och enkel ytbehandling, som är vanligt på Al och dess legeringar. Anodisering skapar ett hårt oxidskikt vilket ger en skyddande barriär mot den aggressiva miljön för applikationer där hög korrosionsbeständighet och/eller nötningsbeständighet är viktiga. Anodisering av gjutna aluminiumlegeringar har begränsningar på grund av hög kiselhalt. För förbättrad anodisering är det viktigt att identifiera mekanismen för hur kiselnivån och morfologin påverkar anodisering processen och slutliga egenskaper. Målet är därför att identifiera de hindrande faktorerna och föreslå lösningar för en bra anodisering av gjuten Al. Rheocal projektet visar hur intermetalliska Si-flingor är den största orsaken till defekter och sprickor i oxidskiktet, vilket minskar anodiseringens prestanda. Projektet visar också effektiviteten av Si-modifiering, det förbättrar oxidlagrets egenskaper och har en skyddande defektfri anodisering.

Elektrodeposition på gjutna komponenter är en vanlig process för att ge komponenterna en slitstark och korrosionsskyddande yta. Med de nya EU-begränsningarna för användning av Cr deposition behöver nya slitstarka beläggningar utvecklas och skalas upp. Ytbeläggningar i form av kompositer är en mycket bra kandidat till erhållna högt presterande ytor.

Elektrodeposition av nano-kompositer är ett nytt ytbeläggningalternativ för att skräddarsy ytan och ge komponenter nya förbättrade egenskaper. Genom att addera hårda keramiska nano-partiklar i ytbelägningen, kan hårdare beläggningar tas fram och ersätta Cr. PROCETS projektet utvecklade Ni-baserade ytbeläggningar med olika nano-partiklar för en förbättrad mikrohårdhet och slitstyrka. Hårdheten ökade med 40% med hjälp av tillskottet av partiklar. Värmebehandlade Ni legeringar ytbeläggningar visade en exceptionell hårdhet för metalliska ytbeläggningar, ännu större att den som gavs av Cr.

Caterina Zanella, Jönköping University, School of Engineering

Robust Råsand

För att klara morgondagens krav på processtabilitet samt kvalitets- och dimensionskrav på gjutgodset med råsandsgjutning är det nödvändigt att förstå vilka av de egenskaper som mäts och följs upp idag som är relevanta för formens och den gjutna komponentens kvalitet.

Idag mäts ofta råsandens kvalitet på två ställen: dels i blandaren, där olika slags analys- och styrningssystem ser till att råsandens komposition blir rätt. Genom att mäta temperatur och fukthalt i sandblandaren, kan vattentillsatsen styras så att formsandens egenskaper blir som de önskade. Genom att mäta hållfasthet i den blandade sanden kan mängden bentonit som tillsätts styras för önskad hållfasthet. Extra säkerhet får gjuteriet i och med att ett laboratorium tar ut ett prov från den blandade sanden, pressar provkroppar och testar dessa med avseende på hållfasthet, gasgenomtränglighet och innehåll.

De tester som görs idag utförs dock alltid på sanden. När gjutformen tillverkats, sker inte längre någon mätning eller övervakning – och där finns risken att någonting går fel och att formen brister.

I den här förstudien undersöks ett antal variabler som inte mäts vid råsandsformning idag. Det långsiktiga syftet är att utveckla mätutrustning(ar) som på ett icke förstörande sätt kan mäta formstyrkan och förhindra att formar som har ”tveksam kvalitet” används.

Hållfastheten och formsandens motstånd mot deformation mäts i olika hårt packad formsand och i förhöjda temperaturer – i det sistnämnda fallet både med fuktig och torr sand.

Utöver detta mäts formsandens kornstorleksfördelning med modern bildanalysteknik. Idag används en metod där man tvättar sanden ren från slampartiklar, torkar den tvättade sanden, siktar den med en 11 siktars siktats och ritas siktkurvan baserat på vikten av de olika fraktionerna. Med bildanalysmetoden ritas siktkurvan istället upp, direkt som sandkornens volym och utan föregående sandtvätt – alltså precis så som sanden ser ut när den används. Samtidigt som kornfördelningen bestäms, ser man också sandkornens former.

Det är viktigt att veta vilka mätbara parametrar som inte mäts idag, hur de kan mätas och hur de påverkar formnings- och gjutprocesserna. Råsand överges ofta till förmån för gjutning med kemiskt bundna massor vid stora krav på gjutgodset, främst på grund av att kunskapen om dessa bindemedelssystem är större och att systemen upplevs som mer robusta.

Vidareutveckling av internationell test- och demonstrationsanläggning mot hållbara gjutna komponenter

Swerea SWECAST, Skeppshults Gjuteri, Holsbyverken och Svenska Gjuteriföreningen utvecklar med medel från Vinnova en modern test- och demonstrationsmiljö (ToD). Målet är att ToD ska vara ett effektivt stöd för gjuteriindustrins specifika behov av snabbare och mer kostnadseffektiv utveckling och tillverkning av hållbara[2] gjutna produkter och komponenter. Projektet är en del i planeringen för en större satsning på ToD på SWECAST och ingår också i RISE nätverk för ToD.

ToD-anläggningar gynnar snabb teknikutveckling och är ett av fyra prioriterade områden i regeringens strategi för att behålla och stärka konkurrenskraften hos svensk industri. Potentialen för teknikutveckling av svenska gjutna komponenter är enorm samtidigt som industrin har stor potential att stärka konkurrenskraften internationellt. Anläggningen ska fungera som en neutral arena för industrin som beslutsstöd vid investeringar i ny teknik och som tekniktestare och demonstrator för att accelerera industrins innovationer och produktionsmetoder. Maskininvesteringar finansieras genom olika konstellationer mellan SWECAST, Svenska Gjuteriföreningen och internationella utrustningsleverantörer och beräknas uppgå till ett värde av 100 MSEK inom 10 år. Under de senaste 14 åren har produktionsvolymerna stått stilla i Sverige samtidigt som den globala gjuteriindustrins årliga producerade volym ökat från 68 000 000 ton till över 100 000 000 ton. Kundens och samhällets krav på mer miljö- och samhällsmässigt hållbara produkter ökar ständigt och i allt snabbare takt. Utveckling av klimatsmarta lösningar, lättvikt, digitalisering och tjänstefiering som ersättning eller komplement till produkten samt resurseffektivare produktion är exempel på områden där ToD –anläggningen kan vara användbar. Projektets mål är därför att skapa en ToD-miljö där industrin kan inspireras samt laborera och utvärdera olika lösningar, tekniker och metoder utan att det stör pågående produktion.

J. Dahlström, Swerea SWECAST