

INDUSTRIELLE PROCESSEER

ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER



PROJEKT 342-050

Forbedring af efterførderteknologier til energibesparelse i jernstøberier

Nyudviklede punktefterfødere skaber nye metoder til effektiv efterførdning af komplekse komponenter i sejt støbejern med lavere materiale- og energiforbrug.

MÅLSÆTNING:

Efter ELFORSK-projekt 336-007 "Reduceret energiforbrug til smeltning i støberier", der vandt ELFORSK-Prisen i 2008 for sin effektive optimering af indløbs-design ved brug af nye optimerede metoder, ønskede DTU Mekanik med dette nye ELFORSK-projekt at tage et yderligere skridt mod minimering af materia-

le- og energiforbrug i jernstøberier ved også at anvende avanceret teknologi til optimering af efterføderdesign.

Opgaven i projektet, der har udgjort rammen om endnu et ph.d.-studie, gik ud på at optimere kendte metoder til efterføding og at

vise nye veje ved at udvikle metoder, der ikke hidtil har været brugt i industrien. Dermed kan støberiet gennemføre produktionen med brug af mindre metal, mindre sand og mindre energi.

MÅLGRUPPE:

Den danske støberibranche har gennem sit samarbejde med DTU Mekanik udviklet sig til en af Europas mest innovative og konkurrencedygtige. Vald. Birn A/S er blevet Nord-europas førende jernstøberi, Disa Industries A/S har opbygget en position som en af verdens førende producenter af procesudstyr til støberier, og DTU Mekanik har skabt et af verdens mest innovative forsknings- og uddannelsescentre inden for støberiprocesser.

Det danske videncenter har på det grundlag opbygget et stærkt internationalt netværk, der er velegnet til hurtigt at implementere projektets resultater på globalt niveau. Den primære målgruppe er den danske støberibranche, der gennem sin direkte deltagelse i projektet og den viden, der opbygges på DTU Mekanik, kan optimere både produktionsudstyr og selve produktionen. Gennem partnernes aktive deltagelse i den internatio-

nale støberibranches faglige konferencer og gennem videnskabelige bidrag til branchens faglige tidsskrifter vil resultaterne også blive spredt globalt og dermed bidrage til at skærpe interessen for det effektive danske produktionsudstyr.

PROJEKTET HAR RESULTERET I ET FORBEDRET LAYOUT AF EFTERFØDERE, DER BIDRAGER TIL MINDRE BRUG AF STØBEJERNSSMELTE TIL EFTERFØDNING OG DERAFF FØLGENDE ELBESPARELSER.

PROCESSEN:

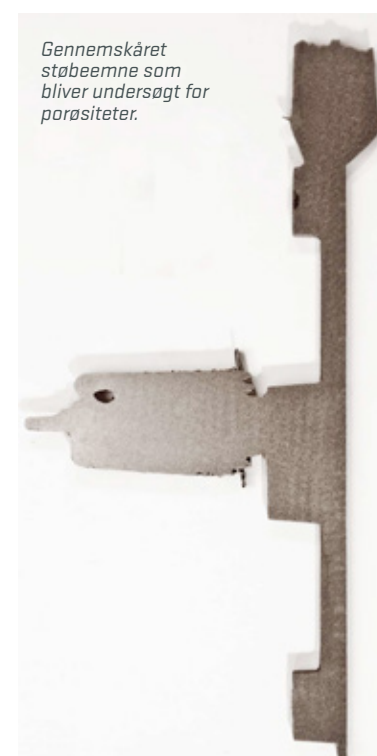
Projektet er gennemført i et samarbejde mellem DTU Mekanik, Vald. Birn A/S, Disa Industries A/S, det tyske firma Magma GmbH og Foseco Plc. (et britisk datterselskab af Vesuvius). Ph.d.-studerende Nikolaj Vedel-Smith har været projektets omdrejningspunkt med lektor Niels Skat Tiedje som projektleder og supervisor. Vald. Birn har været vært for de industrielle forsøgsserier, mens Foseco og Disa Industries har fremstillet prototypeudstyr, der ikke kun blev benyttet til forsøgsserierne, men som også indeholdt måleudstyr til de videnskabelige analyser. De udenlandske partnere har bl.a. bidraget med testemner, materialer til forsøg og procesmodelleringssoftware samt viden om efterfødningsmetoder og modellering.

Projektgruppens indledende modelforsøg og procesmodellering gjorde det muligt at nå frem til optimerede støbelayouts inden den store forsøgsserie i det kontrollerede produktionsmiljø hos Vald. Birn. Gennem disse indledende forsøg blev der arbejdet med at afklare, hvordan man kan efterføde vanskeligt tilgængelige områder på komplekse geometrier uden at anvende mere materiale end højst nødvendigt.

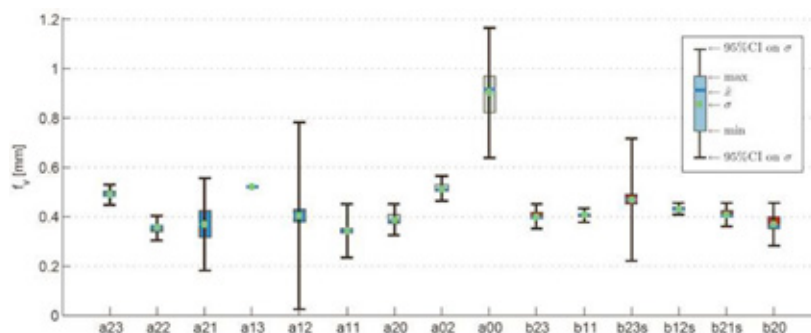
Afprøvningen af teknologien i produktion hos Vald. Birn muliggjorde et studie hos DTU, der målte alle støbte emner på en koordinatmålemaskine, så der kunne laves en statistisk sammenligning fordelt på efterføderkonfiguration og legering, hvorved teknologiens effekt kunne påvises.

Det gav den nødvendige viden til projektets anden del, hvor der blev gennemført endnu en stor forsøgsserie hos Vald. Birn med test af forskellige efterfødere på emner med forskellige termiske moduler. Til udviklingen af den nye og mere avanceret forsøgsmodel er DTU Mekaniks nye faciliteter til 3D print blevet introduceret til brug i støberiet. Herved var det muligt hurtigt at lave flere udviklingstrin og herigennem opnå en bedre og mere præcis forsøgsmodel. Arbejdet med 3D print i projektet har nu ført til, at de studerende på DTU Mekanik undervises i at bruge 3D print til udvikling og optimering af støberimodeller. Den avancerede forsøgsmodel er også blevet støbt i produktionen hos Vald. Birn, og det er blevet påvist, at teknologien ikke kun kan erstatte traditionelle efterfødere, men også kan benyttes på helt nye måder, hvor efterføding

mod tyngdekraften bliver mulig pga. ændringen af varmekraftene i støbegodset.



Gennemskåret støbeemne som bliver undersøgt for parasiteter.



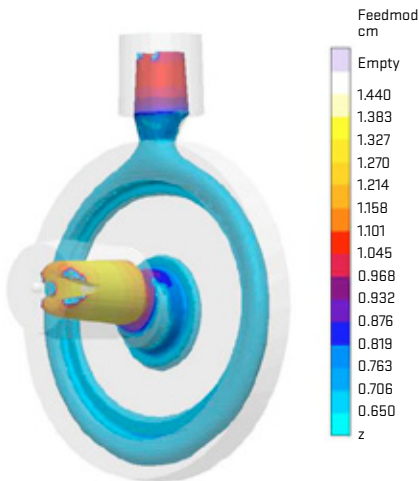
Deformation på et støbeemne, her fordelt efter hvilke typer efterfødere der er benyttet.

RESULTATER:

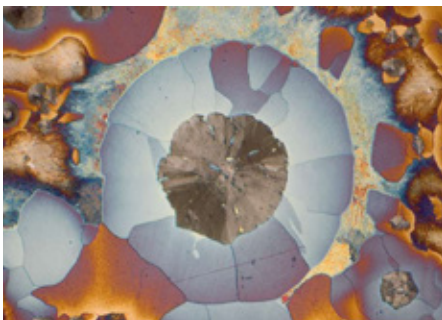
De indledende produktionsforsøg hos Vald. Birn viste, at punktefterfødere er særdeles effektive, man kan bruge betydeligt mindre efterfødere end tidligere antaget, og teknologien er relativt let at anvende. Der blev opnået en maksimal besparelse på 1,63 kWh pr. produceret emne. En nærmere analyse af de støbte emner viste, at de støbte skiver deformeres forskelligt afhængig af efterføderens størrelse og den anvendte legering. Den perlitiske legering er således meget mere følsom over for ændringer i støbelayout end den rent ferritiske legering.

Termisk deformation er en del af grundvilkårene ved støbningsprocesser, og der

Det ses, hvordan størkningen forløber. De blå farver størkner først og de røde/gule sidst. Det ønskes, at emnet størkner før efterføderen.



Farvætsning af mikrostrukturen i støbejern.



komponeres herfor ved at dimensionere det bearbejdningsstillæg, der lægges på støbemnerne. Hvis støbeprocessen gøres mere præcis, f.eks. gennem optimeret efterføderdesign, spares materialer til støbning, ligesom den efterfølgende bearbejdning kan reduceres.

På grundlag af forsøgsserien hos Vald. Birn har DTU Mekanik opstillet forbedrede retningslinjer for, hvordan man bedst dimensionerer efterfødere til de mest anvendte typer moderne højkvalitets støbejern samt til de nye og mere krævende legeringer med højt Si-indhold. Desuden er der i projektet arbejdet med at udvikle en metode, hvorved der på

Disamatic formmaskiner kan benyttes punkt-efterfødere uden brug af forbrugsmaterialer og uden behov for manuel håndtering og montering af efterføderne. Udviklingen har ført til konstruktionen af en prototype, som er testet i laboratoriet med godt resultat. Blandt de videnskabelige artikler, som projektgruppen har produceret, fik Nikolaj Vedel-Smiths artikel om ELFORSK-projektets resultater til det amerikanske støberiselskab AFS's årsmøde i 2013 prisen for den bedste artikel inden for støbejern, og det har skabt stor opmærksomhed om de nye danske kompetencer.

Ultralysanalyse af støbegods. Apparatet udsender ultralyd, som reflekteres på bagsiden af støbegodset og derefter registreres af apparatet. Ultralyd kan bruges til at finde defekter og porøsiteter i godset, men kan også påvise, om godset er gråt- eller sejjern.



GENNEM PROJEKTET ER DET PÅVIST, HVORLEDES FORSKELLIGE LEGERINGER OG FORSKELLIGE EFTERFØDERE PÅVIRKER STØBEGODSETS DIMENSIONER, HVORVED BEARBEJDSNINGSTILLÆGGET PÅ GODSET KAN REDUCERES MED ENERGIBESPARELSER TIL FØLGE.

EFFEKT:

Jernstøberier hører til de mest energiintensive industribrancher. Det koster i gennemsnit ca. 1,12 kWh for de europæiske jernstøberier at smelte 1 kg støbejern. Med en årlig produktion på ca. 13 mio. tons færdigt støbejern, skal der smeltes op til 26 mio. tons metal. Det kræver et elforbrug på ca. 29.000 GWh. Der er derfor et stort elbesparelspotentiale, hvis jernstøberierne kan forbedre deres produktivitet med bare 1 procent i kraft af et optimeret efterføderdesign. Projekt-

gruppen har beregnet potentialet for Europa til at ligge på op mod 300 GWh/år. Et case-studie med brug af et beregningsværktøj fra Foseco på det svenske Arvika Gjuteri viser, at det optimerede efterføderdesign årligt kan spare smeltning af ca. 4.000 tons støbejern, svarende til 2,7 GWh.

For Vald. Birn forventes den relative besparelse at blive noget mindre, da virksamheden i forvejen hører til de mest energi-

effektive i verden. Men en forbedring på 1 procent vil give virksomheden en besparelse på ca. 2,2 GWh/år alene til smeltning af metal, hvortil kommer besparelser på energi til varmholdning, til formemaskiner, tilberedning af sand, godrensning og efterfølgende bearbejdning. Endelig kan støberierne regne med store besparelser på sandforbruget. Der bruges 5-7 gange så meget sand som metal i processen.



Støbeforsøg i forsøgstøberiet på DTU Mekanik.

Projektledelse:

Niels Skat Tiedje
DTU Mekanik
Bygning 427, lokale 306 b
2800 Lyngby

E-mail: nsti@mek.dtu.dk
Telefon: 51 41 87 85
Web: www.mek.dtu.dk

Projekt:

Titel: Forbedring af efterføderteknologier til energibesparelse i jernstøberier
Nr. 342-050
PSO Program 2010
Budget i alt: 3.885.428 kr.,
hvoraf 1.168.058 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.04.2010-31.03.2014

Program-koordinator:

Forskningskoordinator Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Rosenørns Allé 9
1970 Frederiksberg C.

E-mail: bjb@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk

HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Projektets resultater kan få stor betydning for jernstøberiernes bestræbelser på at øge deres produktivitet. Udgiften til metal og energi udgør ifølge beregninger fra Disa Industries næsten to tredjedele af de gennemsnitlige produktionsomkostninger, mens arbejdslønnen kun udgør ca. 10 procent. Der er derfor gode muligheder for, at de europæiske jernstøberier kan fastholde eller udbygge deres produktionsarbejdspladser, hvis de bruger projektets resultater til at reducere udgifter til metal og energi. Det gælder også Vald. Birn, der er Nordeuropas største jernstøberi med en årlig produktion på ca. 200.000 tons støbegods.

Den nye viden, som Vald. Birn har opnået i projektet, har givet virksomheden et teknologisk forspring og et forstærket fokus på omkostningsbesparelser. I projektet har partnerne udvekslet erfaringer og opbygget kompetencer i at anvende procesmodelleringssoftware i optimering af produktionsprocessen. Disa Industries og Foseco har fået et mere kvalificeret grundlag til at rådgive deres kunder blandt jernstøberierne om produktionsoptimering.

Projektets nye viden har også udgjort en vigtig forudsætning for, at DTU Mekanik, Vald. Birn og Disa Industries sammen med Vestas og Zebicon i 2013 fik en projektbevilling fra Højteknolo-

gifonden, hvor partnerne bl.a. gennem brug af optisk scanning og måling vil arbejde videre med ELFORSK-projektets analyser af deformation.

Magma, Disa Industries og DTU Mekanik arbejder også med at forbedre et særligt beregningsmodul til Disamatic støberimaskiner, så støberierne kan optimere udnyttelsen af smelte og formsand. Endelig arbejder DTU Mekanik sammen med Disa Industries og Foseco på i fællesskab at udvikle et automatiseret system til montering af de ram-up sleeves, der blev analyseret i ELFORSK-projektet, på formmaskinens modelplade.



Støbning af forsøgsemner hos Vald. Birn A/S i Holstebro.