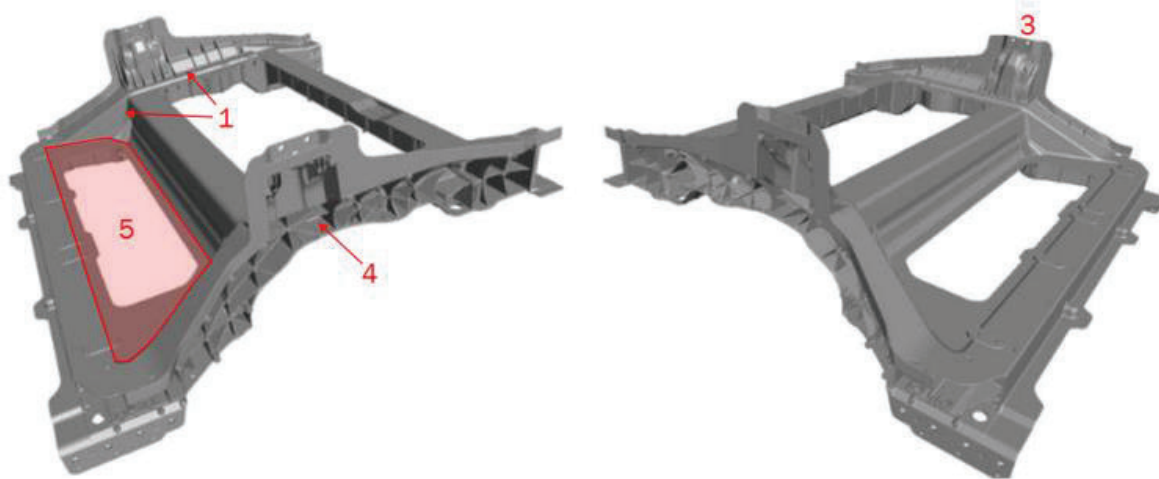


AluCAD II - Aluminium Cast Alloy Development II

Diariennr 2023-02630



Weight: 40,5 kg
Material: Alcoa CMSET C611

Författare: Paul Jonason
Datum: 240930
Projekt inom FFI Cirkularitet

24w25 Uppdatera från sid 9 Slutsatser och Fortsatt...

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

Innehållsförteckning

	Sid
1. Sammanfattning	4
2. Bakgrund	5
3. Syfte, forskningsfrågor och metod	5
4. Mål	6
5. Resultat och måluppfyllelse	7
6. Spridning och publicering	9
7. Slutsatser och fortsatt forskning	9
8. Deltagande parter och kontaktpersoner	10
9. Budget och ekonomiskt utfall	11

1. Sammanfattning

Projektet är en andra Förstudie inom Cirkularitet för utveckling av strukturellt aluminiumgjutgods med hög gjutbarhet och hög hållfasthet utan särskild värmebehandling baserat på återvunnet material, bl a för s k Megacastings inom fordonsindustrin och gjutna strukturer inom övriga tillämpliga branscher. Effektiva konstruktioner och produktionsprocesser är en förutsättning för att transport - och produktionsindustrin skall klara ökande krav avseende cirkularitet, klimatneutralitet och kostnadseffektivitet. Med integrerade gjutna aluminiumstrukturer kan både fordonsvikt och investeringar reduceras och kvaliteten förbättras.

Strukturellt funktionsintegrerat aluminiumgjutgods möjliggör hög commonality mellan modeller och plattformar, och därmed kostnadseffektiv produktion relativt sammansatta plåtkonstruktioner

För detta krävs utveckling av skrotbaserade legeringar med god gjutbarhet, hög och stabil hållfasthet i gjuttillstånd genom rätt härdmekanismer i materialet.

Projektet skall generera kunskap för utveckling av skrotbaserade gjutlegeringar med hög och stabil hållfasthet utan särskild värmebehandling. Potentialen är ca 10 % ökad gjutbarhet, 50% ökad hållfasthet i gjuttillstånd och reduktion av CO2 emissioner med upp till 500 kTon / år och per biltillverkare beroende på produktionsvolym och aktuell andel primärmaterial.

Litteraturen saknar information om effektiva legeringskombinationer för höga egenskaper i gjuttillstånd för återvunnet material.

Projektet består av 6 partners inkl Industri och Institut och är indelat i 5 arbetspaket inklusive Status, Legeringsval, Provmaterial, Utvärdering och Slutsatser med en total budget på 1000 000 kr under 10 månader.

1 Executive summary in English

The project will be a Feasability study for the development of cast aluminum alloys for complex large structures (Megacastings) with high castability and high strength without special heat treatment based on recycled material.

The project will generate knowledge for the development of scrap-based casting alloys with high and ageing stable strength without special heat treatment for the automotive industry and other applicable industries for cast structures. The potential is about 10% increased castability, 50% increased strength without special heat treatment and reduction of CO2 emissions by up to 500 kTon / year and per car manufacturer depending on production volume and current share of primary material.

Benchmark Structural aluminum castings have been developed into integrated larger structures for cost-effective production relatively complex sheet metal constructions but literature lacks information on efficient alloy combinations for high property recycled material.

Plan. The project consists of 6 partners including Industry and Institutes and is divided into 5 work packages including Status, Alloy selection, Sample material, Evaluation and Conclusions with a total budget of SEK 1006,000 for 8 months.

2 Bakgrund

Genom funktionsintegrerade gjutna aluminiumstrukturer i bl a s k Megacastings blir produktionen av elektrifierade fordon mer rationell och flexibel.

För effektiv gjutdesign krävs utveckling av skrotbaserade legeringar med god gjutbarhet, hög ledningsförmåga, hög och stabil hållfasthet / duktilitet i gjuttillstånd genom rätt härdmekanismer i materialet, samtidigt som behovet av effektiv CAE data ökar. En övergång från primär - till skrotbaserad materialframställning innebär en CO2 besparing på 500 kTon / år och biltillverkare Kommersiellt tillgängliga aluminiumgjutlegeringar är ej utvecklade för EV strukturer och saknar nödvändig kombination av styrka / seghet utan särskild värmebehandling.

Industriellt behov

Effektiv strukturutveckling innebär krav på

- Hög kommonalitet mellan fordonsmodeller och – projekt
- Designflexibilitet för hög commonalitet med hög funktionsintegration och minimerad sammansättning
- Hög CAE noggrannhet för effektiv produktutveckling

Detta kan uppnås med funktionsintegrerade gjutna aluminiumstrukturer s k Megacastings, vilket kräver

- legeringar med hög gjutbarhet, ledningsförmåga och högre åldringsstabil hållfasthet än kommersiellt tillgängliga material
- generering av materialdata för effektiv datorstödd CAE konstruktion

3 Syfte, forskningsfrågor och metod

Syfte

Att med samlad kunskap, materialprov och utvärdering på mikronivå generera ökad teoretisk och fysisk kunskap för utveckling av skrotbaserad i gjuttillstånd härdande och åldringsstabil aluminiumlegering med hög gjutbarhet. Legeringen skall således med rätt kemisk sammansättning baserat på återvunnet skrot innehålla god flytbarhet och ge god stabil hållfasthet utan särskild värmebehandling – för totalt ökad cirkularitet och bidrag till nollutsläpp inom produktutveckling och industriell produktion både inom fordonsindustrin och övriga tillämpliga branscher för gjutna strukturer

Metod

Genom studier av state of art, val av legeringselement, provgjutningar och utvärdering av hållfasthet och mikrostruktur skall kunskapen öka om möjlig och effektiv härdning av gjutlegeringar utan särskild värmebehandling och lämpliga legeringselement väljas för en senare kvantitativ definiering av en effektiv legering. Mikroanalyserna skall kartlägga inverkan av enskilda legeringselement på struktur och egenskaper, inklusive tillsatta ämnen och föroreningar.

Utvärderingsmetoderna inkluderar

- Fraktografi
- Optisk mikroskopi
- SEM med EDX– svepelektronmikroskopi för visuell och kvantitativ analys av intermetalliska fasernas morfologi och kemiska beståndsdelar
- STEM med XRD – sveptransektronmikroskopi för visuell och kvantitativ analys av inlösta och utskiljda fasers morfologi och kemiska sammansättning

Arbetspaketen skall identifiera enskilda och kombinerade legeringselementens inverkan på struktur och egenskaper samt ge rekommendation på effektiv och cirkulär huvudsakligen lösningshärdande eller stabil utskiljningshärdande legeringsmix

4 Mål

Att generera ökad kunskap för utveckling av skrotbaserad i gjuttillstånd härdande och åldringsstabil aluminiumlegering med hög gjutbarhet.

Att öka hållfastheten i gjuttillstånd med 50% med min 10% brottförlängning med stabila värden även efter naturlig åldring, relativt tillgängliga legeringar.

Projektet skall genom kompetensökning för utveckling av strukturella gjutlegeringar ge bättre förutsättningar för

- **Cirkularitet** genom att möjliggöra ökad andel skrotbaserat material.
- **Effektiva EV strukturer** genom skrotbaserade material med hög kvalitet och hög åldringsstabil hållfasthet utan särskild värmebehandling

Avsedd Innovation

- **Ny kunskap för utveckling av skrotbaserade aluminiumlegeringar** med hög gjutbarhet och 50% högre och stabil hållfasthet utan särskild värmebehandling rel state of art ej värmebehandlade AlSi legeringar. Strategin är att med rätt legeringsmix öka lösningshärdning i gjuttillstånd och minska delen instabil utskiljningshärdning. Utskiljningshärdning blir aktuellt i gjuttillstånd och är åldringsstabil, dvs materialets egenskaper förändras ej i komponent över tid. Kunskapen blir tillämplig på gjutna material generellt, men med särskilda legeringsvarianter för olika gjutprocesser – som för t ex press – resp rheogjutning
- **Sekundärbaserad aluminiumgjutlegering med ökad hållfasthet utan särskild värmebehandling** och hög duktilitet, kombinerat med hög flytbarhet - genom rätt kombination och nivå av legeringselement inklusive sekundära föroreningar

5 Resultat och måluppfyllelse

Hållfasthet urval resultat Måluppfyllnad 50 %

Loop	Legering	Fe fr-till	Process	Tillstånd	Hållf		Anm
					Rp %	A5 %	
1b	5E.AISi4MnFeVZr	0.25-0.5	Rheo	F	+30	+20	Rp o A5 ökar trots höjd Fe halt
2	C AISi4Mn	0.27-0.6	Rheo	F	+20	+ 9	
3	D AISi8FeMnVZr	0.5- 0.7	HPDC	Åldrat	+14	+ 50	Rp o A5 ökar efter åldring trots höjd Fe halt
4	C. AISi8FeMnVZr	0.27-0.8	HPDC	Åldrat	+ 20	-28	A5 minskar e åldring men fortsatt hög nivå
4	B AISi8FeMn	0.27-0.8	Rheo	F	+ 5	+ 20	Mn ökar Rp A5 något trots höjd Fe halt

- **I gjuttillstånd** eller efter åldring erhålls 5 – 30% högre Rp och 5 – 50% högre A5 med upplegering trots ökad Fe halt. Det innebär att sekundärlegeringar bör kunna nå primäregenskaper i gjuttillstånd, och sannolikt högre sträckgräns.
- **Upplegering** i kombination med smältrening kan öka sekundäregenskaperna till över primärlegeringsegenskaper utan värmebehandling
- **Rp** ca 35% för lågt rel mål, **A5 enl mål**, dock med spridning i utfall, p g a gjutkvalitet, för låg halt legeringsämnen rel plan eller ej optimerad kombination legeringselement och ineffektiv härdning
- Genom upplegering för härdning i gjuttillstånd kan hög hållfasthet och duktilitet erhållas i gjutna aluminiumstrukturer utan särskild värmebehandling

Hållfasthet och Åldring

- Naturlig åldring måste minimeras genom kemisk sammansättning– kan tex driva färre legeringselement och i rätt nivå beroende på resultat från mikroanalyser och beräkningar

Legeringselement och hållfasthet

- Valda legeringselement bidrar till bättre hållfasthet – både direkt genom viss lösningshärdning och utskiljningshärdning och indirekt genom reduktion av intermetaller eller reducering av deras brottanvisande morfologi
- **Bästa egenskaper:** i gjuttillstånd med Mn V Zr el enbart Mn Zr; åldrat med Mn V Zr

Med smältrening och upplegering är den totala potentialen för en sekundärlegering bedömd till

- ca 30% högre hållfasthet än motsvarande primärlegering
- ca 75% av hållfastheten men ca 20% högre duktilitet än motsv *särskilt härdade* primärlegering

Kompetensuppbyggnad legeringsutveckling

måluppfyllnad

60%

- Utskiljningars sammansättning identifierade
- Legeringselementens mikrostrukturbildning identifierade
- Legeringselementens fysikaliska egenskaper och enskilda härdpotential identifierade (sigma)
- Möjliga lösningshärdare bestämda men ej identifierade
- Legeringselementens kvantitativa härdpotential bestämda
- **Beräkningsinstrument bör utvecklas ytterligare med legeringsdata och för icke jämviktstillstånd**

CO2 besparing

Upplegerad Sekundäraluminium kan ge en årlig nettoreducering av CO2 emissioner på 500 kTon för en biltillverkare med strukturellt aluminiumgjutgods

Måluppfyllnad *sammanfattning*

Tema Se Projektansökan	Måluppfylln	Återstår
Kompetens legeringsutveckling		
Potentiella legeringselement utvärderade	60 %	Utvärdera ytterligare möjliga leg element o kombinationer ex Mo
Beräkningsinstrument för jvkt tillämpade	80 %	Utveckla beräkningsinstrument för effektiv härdn o underkylning
Implementering sekundärlegering		Projektets huvudmål i o m Cirkularitet
Kemi: Fe + 2.5x ger opåverkade egensk	80%	Legera upp primärlegering med Fe Mn etc
Smältrening: tekniker provade	30 %	Industriell implementering
Mek Egenskaper i F + 50 % rel Ref		Dvs jämförbara med primär Tx
Rp +15 % med oför duktilitet	30%	Utvärdera ytterligare möjliga leg element och kombinationer
Rp + 50% med 40 % lägre duktilitet	60%	Utvärdera ytterligare möjliga leg kombinationer + Smältrening
Utmattning, fogning	Na	I industrialiseringsprojekt
Medel	55 %	

6 Spridning och publicering

6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Kunskapsuppbyggnaden i projektet ökar förståelsen för rätt sammansättning av gjutlegeringar och har möjliggjort val av effektiva legeringskombinationer.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	Ett fortsatt industrialiseringsprojekt planeras för att kvantitativt definiera en effektiv legering för komplexa gjutstrukturer och utvärdera egenskaper i applikation. Möjligt informationsutbyte mellan teknikprojekt pga olika konsortium begränsar tekniköverföringen till andra projekt
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	Industrialiseringsprojekt planeras inklusive process och komponentprov förutsatt intresse från slutanvändare. Möjligt informationsutbyte mellan teknikprojekt pga olika konsortium begränsar tekniköverföringen till andra projekt
Introduceras på marknaden	X	Plan efter industrialiseringsprojekt som möjliggörare för reducerad CO2 o ökad cirkularitet
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut		

Kopplingar till övriga FFI Cirkularitetsprojekt bla InReAl och KlirAl inom cirkularitet för aluminium finns delvis via Rise, Comptech och Stena Aluminium, där ev informationsutbyte kan be ökat genomslag förutsatt att respektive konsortium är beredda att dela genererad information. Olika konsortium och därmed begränsat informationsutbyte mellan projekten innebär dock att ett industrialiseringsprojekt huvudsakligen endast kan baseras på resultat från förstudierna inom AluCAD.

Mer detaljerad slutrapport finns bilagd i Vinnova:s hemsida under aktuellt projekt

Provresultat från hållfasthetsprov och mikroanalyser finns tillgängliga vid intresse

6.2 Publikationer

Ingen publikation f n, resultat inkl ökad hållf – och kopplade mikroanalyser får betraktas som publiceringsunderlag förutsatt projektkonsortiets medgivande

7 Slutsatser och fortsatt forskning

Resultat anses vara så pass intressanta att en fortsatt industrialisering anses befogad, i form av detaljerade legeringsanalyser på kristallnivå för legeringsoptimering och industriellt relaterad utvärdering inklusive fogning och utmattnings med utökat konsortium, tidsram och budget. Förslagsvis identifieras 1 eller 2 legeringsvarianter med sammansättning baserad på förstudierna, för utvärdering av hållfasthet och fogbarhet. Potentiella smältrenstekniker inkl bl a filtrering,ultraljud undersöks för möjlig implementering .

Industriell implementering bör inkludera

- Egenskapsberäkningar i icke jämvikt baserat på elementens fysikaliska egenskaper, av lämpliga kombinationer av valda legeringselement för effektiv lösnings – och utskiljningshårdning

- Hållfasthetsprov av material med valda lösnings och utskiljningshårdare i beräknade kombinationer o nivåer
- Mikroanalyser av hållf provat material för identifiering av elementens strukurbildande funktion
- Processprov inkl pressgjutning och rheogjutning
- Utveckling och implementering av smältrening

Se separat projektplan

8 Deltagande parter och kontaktpersoner

Företag	Kontakt	Verksamhet	Projekttroll
Stena Aluminium Org nr 556039-3075	Tony.lidberg@stenaaluminium.com Benjamin.brash@stenaaluminium.com Tel 010-4459533 Häradsgatan 1, 343 36 Älmhult	Återvinning och produktion aluminiumlegeringar	Teknisk expert aluminium Skrotbaserad leg sammansättning. Provmaterial
Comptech Org nr 556292-0099	Per.jansson@comptech.se Tel 076-1735459 Fabriksgatan 49 568 21 Skillingaryd	Utveckling och leverans av gjututrustning	Teknisk expert gjutning Provmaterial labprov
CEVT / Zeekrtech Org nr 556922-7639	christopher.berghoff@cevt.se christopher.berghoff@zeekrtech.eu tel 031-3097570 Pumpgatan 1, 417 55 Göteborg	Fordonstillverkare	Expert material- och konstruktionskrav Global legeringsstrategi
Rise Org nr 556464-6874	Torsten.sjogren@ri.se 070-3825249 Brinellgatan 4, 504 62 Borås Box 857 50115 Borås	Forskningsinstitut bl a gjutna material	Materialanalys Hållfasthetsprov
Luleå Tekniska Universitet Org nr 202100-2841	Marta-Lena.Antti@ltu.se farid.akhtar@ltu.se 092-491793 Laboratorievägen 14 971 87 Luleå	Teknisk Högskola och Forskningsinstitut bla metalliska material	Materialanalys Mikrostruktur SEM STEM
MD Material Design AB Org nr 559278 - 5504	Paul.jonason1@gmail.com Krokens väg 26b 44275 Lycke	Materialval och design	Teknisk expert metalliska material Projektkoordinering

9. Budget och ekonomiskt utfall

AluCAD II Förstudie II

Arbetspaket AP	Budget	h	per	part			Tot budget
2023 - 2024	Stena AI	Comptech	Rise*	Luleå TU*	CEVT	Mtrl Design	
AP & Budget h se ppt s 107	950 sek/h	950 sek/h	1384 sek/h	1235 sek/h	950 sek/h	950 sek/h	
1 Legeringsoptimering				20h	20h		40h
2 Legeringsprov	110h	170h					280
3 Hållfasthet			110h				110
4 Mikrostruktur				130h			130
5 Rheo HPDC	30h	55h					85
6. Beräkning			10h	25h			35
7. Koordinering						220h	220
Tot Budget /part tim	140h	225h	120h	175h	20h	220h	900h
Personalkostnader kr	133 000	213 750	114 097	166 416	19 000	209 000	855 263
Indirekta kostnader kr*	0	0	51 983	49709	0	0	101 692
Resor kr	5000	5000	5000	5000	5000	5000	30 000 kr
Totalt kr	138 000	218 750	171 080	221 125	24 000	214 000	986 955 kr
Sökt FFI bidrag tot %	0	0	100	100	0	50	0 - 100
Sökt FFI bidrag tot kr	0	0	171 080	221 125	0	107 000	499 205
Beviljat FFI bdrag tot kr							
Utfall 24w40							
Personalkostnader kr	147 000	280 800	136 916	122 927	26 000	351 500	
Indirekta kostnader kr*	0	0	62 380	50 400	0	0	
Övirgt inkl Resor kr	0	0	5000	119 821	0	12 492	
Totalt kr	147 000	280 800	204 296	293 148	26 000	363 992	1 315 236
			1.2xbudget				

Instruktioner

- *Instruktioner är skrivna med brun kursiv text – all sådan text tas bort innan redovisning sker.*
- *Ingen begräsning finns för antalet sidor*
- *Infoga inte dokument eller objekt som måste öppnas för att läsas eller ses. Det fungerar inte då slutrapporten omvandlas till en PDF-fil när den laddas upp i portalen.*
- *Denna rapport är publik vilket innebär att rapporten är tillgänglig för alla utan att någon sekretessgranskning kommer att göras. Rapporten läggs ut på FFI:s hemsida.*

