

RISE

MATERIAL OCH
PRODUKTION
KOMPONENTGJUTNING



GRETA – Fallstudie återvunnen aluminium

Anton Bjurenstedt

RISE Rapport :

GRETA – Fallstudie återvunnen aluminium

Anton Bjurenstedt

Abstract

GRETA – a case study on die-cast secondary aluminium

In ongoing production at AGES in Kulltorp, die-cast components of a secondary aluminum alloy have been continuously taken out for mechanical testing and microstructure investigations. The aim has been to increase the understanding of whether properties vary and, if so, why. In an industrial and well-controlled process, the properties and performance of the obtained material has been analysed for comparison with the original secondary alloy and its specification to see how the material varies during production.

The results showed a uniform quality of the produced castings. The hardness test also showed very even results for each component. No statistical difference between the samples could be demonstrated. This means that even if some data collected from the castings were on the edge of the desired range, the properties have not been significantly affected. In other words, there is a higher potential in recycled alloys than that reported in the standard SS-EN 1706:2021. Solidification rate, possible heat treatment and the amount of defects play a decisive role in the final properties of a cast part. By optimizing these, properties that exceed the standard can be obtained.

Key words: secondary aluminium, die-casting

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport :

ISBN:

Innehåll

Abstract	1
Innehåll	2
Förord	3
Sammanfattning	4
1 Bakgrund	5
2 Syfte och mål	5
3 Metod	5
4 Resultat och diskussion	7
4.1 Hårdhetsprovning.....	7
4.1.1 Komponent A	7
4.1.2 Komponent B.....	8
4.2 Dragprovning.....	8
4.3 Analys av mikrostruktur	10
4.3.1 Komponent A.....	11
4.3.2 Komponent B.....	12
5 Slutsats	14

Förord

Denna fallstudie är en del av det större projektet GRETA - Gjutna produkter med REsurseffektiva Tillverkningsprocesser och Affärsmodeller. Fallstudien är en del av arbetspaket 2 – Materialflöden.

Sammanfattning

I löpande produktion hos AGES i Kulltorp har pressgjutna komponenter av en sekundär aluminiumlegering kontinuerligt tagits ut för mekanisk provning och mikrostrukturundersökningar. Detta syftar till att öka förståelsen för om egenskaper varierar och i så fall varför. Undersökningen syftar till att i en industriell och välkontrollerad process analysera egenskaper och prestanda hos det erhållna materialet för jämförelse med den ursprungliga sekundära legeringen och dess specifikation för att se hur materialet varierar under produktion.

Resultaten av gjorda mätningar visar på en jämn kvalitet på det producerade gjutgodset. Även hårdhetsprovningen visade på mycket jämna resultat för respektive komponent. Ingen statistisk skillnad mellan proverna har kunnat påvisas. Detta betyder att även om några data insamlad från gjuttillfället varit i utkanten av önskat intervall så har egenskaperna inte signifikant påverkats. Det finns med andra ord en högre potential i återvunna legeringar än den som redovisas i standarden SS-EN 1706:2021. Stelningshastighet, eventuell värmebehandling och mängden defekter spelar en avgörande roll för slutegenskaperna hos en gjuten detalj. Vid optimering av dessa kan man erhålla egenskaper som överträffar standarden.

1 Bakgrund

I löpande produktion hos AGES i Kulltorp har komponenter kontinuerligt tagits ut för mekanisk provning och mikrostrukturundersökningar. Detta syftar till att öka förståelsen för om egenskaper varierar och i så fall varför. Produktionen dokumenteras kontinuerligt under ett antal dagar och skift. Under varje skift tas prover ut vid förutbestämda och väl dokumenterade tillfällen. Piloten syftar till att i en industriell och välkontrollerad process kunna analysera egenskaper och prestanda hos det erhållna materialet för jämförelse med den ursprungliga sekundära legeringen och dess specifikation för att se hur materialet varierar under produktion.

På längre sikt är målet att kunna ersätta primära legeringar med sekundära då energiåtgång och utsläpp är avsevärt mycket lägre när sekundära legeringar används. Genom att förstå hur föroreningar, som inverkar negativt på de sekundära legeringarnas hållfasthet, varierar i en industriell process kan kunskap byggas som leder till möjlighet att ersätta de primära legeringarna med förfinade sekundära legeringar med förbättrade prestanda. För högt belastade fordonsdetaljer krävs små, förutsägbara variationer i materialet.

2 Syfte och mål

Piloten syftar till att i en industriell och välkontrollerad process kunna analysera egenskaper och prestanda hos det erhållna materialet för jämförelse med den ursprungliga sekundära legeringen och dess specifikation för att se om, och i så fall hur, materialet varierar under produktion.

3 Metod

Två olika komponenter har undersökt i denna studie. Komponenterna visas i Figur 1 och de har benämnts A respektive B. Legeringen i komponent A är EN AC-46000 och legeringen i B är EN AC-43400. Totalt mottogs 19 A komponenter och 12 B komponenter. För varje komponent medföljde data från gjutprocessen, se Tabell 1 för information om vilken typ av data som medföljde. Med några få undantag låg medföljande data inom AGES egna toleranser.

Tabell 1 visar på data som medföljde varje komponent.

Datum	Vakuumtryck (mbar)	Smälttemperatur (°C)	Maskintryck (bar)	Pucktjocklek (mm)	Luftryck ute (hPa)
-------	--------------------	----------------------	-------------------	-------------------	--------------------



(a)



(b)

Figur 1. I (a) visas komponent A, storleken på komponenten är cirka 30 × 22 cm, den röda rutan visar området där samtliga prover togs, i (b) visas komponent B vars storlek är cirka 11 × 11 cm. Den röda sträckande linjen indikerar placering av snitt för mikrostrukturundersökning.

En matris över utförd provning visas i Tabell 2 nedan. Komponenterna har av RISE givits ett ID bestående av respektive benämning samt ett löpnummer som följer tillverkningsdatum, lägst nummer = tidigast tillverkningsdatum.

Tabell 2 visar en matris över utförd provning.

ID	Hårdhetsmätning	Dragprovning	Analys av mikrostruktur
A1	X		
A2	X	X	X
A3	X		
A4	X		
A5	X	X	X
A6	X		
A7	X		
A8	X		
A9	X		
A10	X		
A11	X		
A12	X	X	X
A13	X		
A14	X		
A15	X	X	X
A16	X	X	X
A17	X		
A18	X		
A19	X		
B1	X		X
B2	X		
B3	X		X

ID	Hårdhetsmätning	Dragprovning	Analys av mikrostruktur
B4	X		
B5	X		
B6	X		X
B7	X		X
B8	X		
B9	X		
B10	X		X
B11	X		
B12	X		X

4 Resultat och diskussion

I detta kapitel redovisas resultaten från utförd provning samt diskussion kring resultaten. Resultaten från provningen har analyserats i syfte att finna eventuella variationer kopplade till den data (se Tabell 1) som samlats in i samband med gjutningen av den enskilda komponenten.

4.1 Hårdhetsprovning

Provning utfördes på samtliga komponenter. Hårdhetsprovning utfördes enligt Brinell med en 2,5 mm kula och 62,5 kg last. Resultat av provningen redovisas i Tabell 3 och Tabell 4. Skillnaderna mellan medelvärdena för respektive komponent ser små ut och vid en ANOVA analys av resultaten för komponent A kan ingen statistisk skillnad ses då lägsta och högsta medelvärdena exkluderas (p -värde $> 0,05$). Man kan med andra ord inte säga att medelvärdena skulle komma från olika populationer. ANOVA analys av resultat av samtliga prover av komponent B gav samma resultat, ingen statistisk skillnad.

4.1.1 Komponent A

Tabell 3 visar enskilda intryck och medelvärdet för de hårdhetsprovade komponenterna.

Komponent ID	HB	HB	HB	Medelvärde
A1	109,9	109,9	109,9	110
A2	108,7	108	111	109
A3	111,8	111,8	109	111
A4	111,3	115,4	115,2	114
A5	111,1	106,9	111,8	110
A6	111,5	111,1	109,7	111
A7	102,4	106,5	105,2	105
A8	109	107,1	110,8	109
A9	106,9	105,2	108	107

A10	109,7	109,2	109	109
A11	109	107,8	105,8	108
A12	109,9	108,5	104,9	108
A13	109	107,4	108	108
A14	110,1	109,4	109,2	110
A15	104,5	107,1	111	108
A16	109,7	108,7	111,3	110
A17	108,5	107,1	109,2	108
A18	110,8	110,4	106,5	109
A19	112,7	110,4	111,1	111

4.1.2 Komponent B

Tabell 4 visar enskilda intryck och medelvärdet för de hårdhetsprovade komponenterna.

Komponent ID	HB	HB	HB	Medelvärde
B1	108,7	106,9	107,8	108
B2	106,7	110,6	108,5	109
B3	111,4	109	105,6	109
B4	108,3	104,5	106	106
B5	108,3	110,4	100,1	106
B6	103,6	103,6	104,3	104
B7	106	108,3	106,7	107
B8	106,5	109	110,8	109
B9	101,1	103,6	104,7	103
B10	100,7	105,2	104,9	104
B11	108,7	101,5	100,4	104
B12	101,5	103	106,5	104

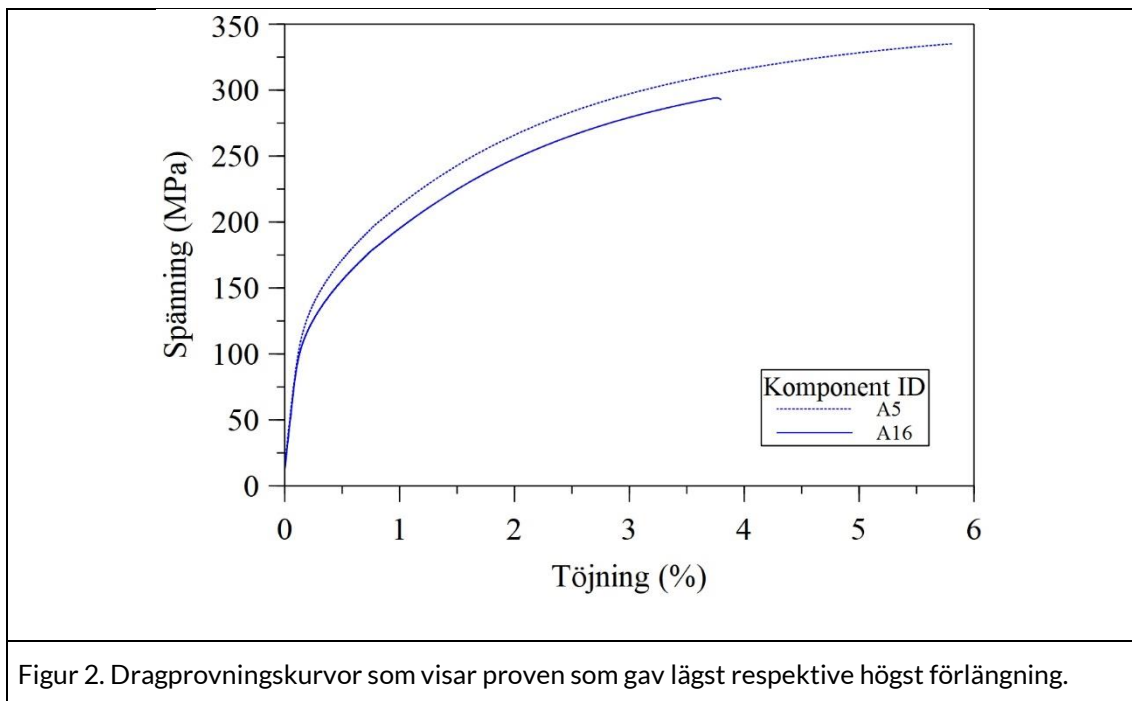
4.2 Dragprovning

Dragprovning utfördes på fem provstavar utkapade från komponent A. I Tabell 5 visas samtliga dragprovningresultat samt minimumvärden för legeringen EN 46000 från *Table A.1* i SS-EN 1706. *Table A.1* visar minimumvärden som kan förväntas från separatgjutna pressgjutna prover med 20 cm² snittyta och 2,0 mm väggtjocklek, värdena i tabellen är endast för information. Dragprovningsskurvor som visar proven som gav lägst (3,5 %) respektive högst (5,4 %) förlängning visas i Figur 2. Dessa förlängningsvärden är betydligt högre än de minimumvärden (som dock endast är för information) på < 1 % som anges i *Table A.1* för EN 46000. I Figur 3 jämförs stäck-, brottgräns och förlängning med de olika data som registrerades vid gjutprocessen. Det finns inte någon tydlig koppling mellan de variationer som noterats i de mekaniska egenskaperna och registrerade data från gjutprocessen. Detta beror troligtvis på en relativt stabil gjutprocess som visar på små variationer i de data som uppmätts.

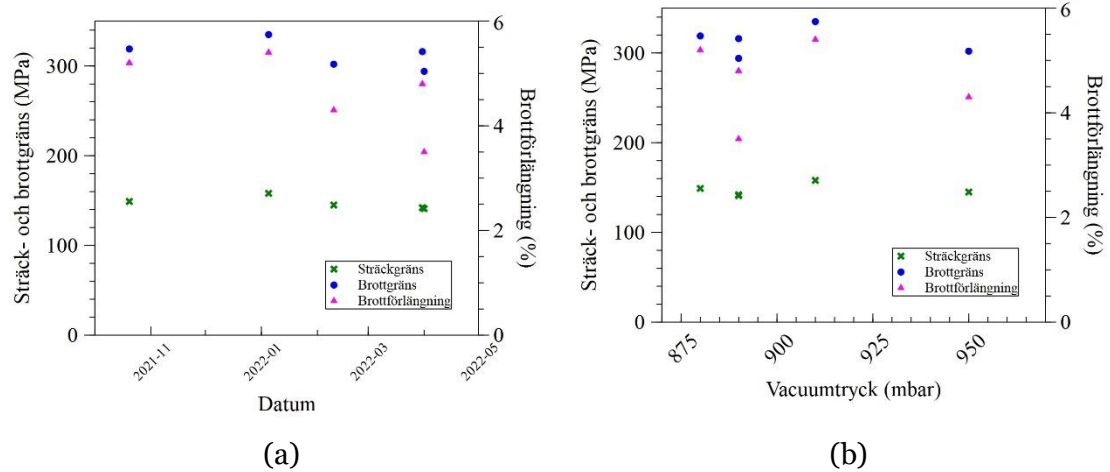
Tabell 5 visar samtliga dragprovningresultat.

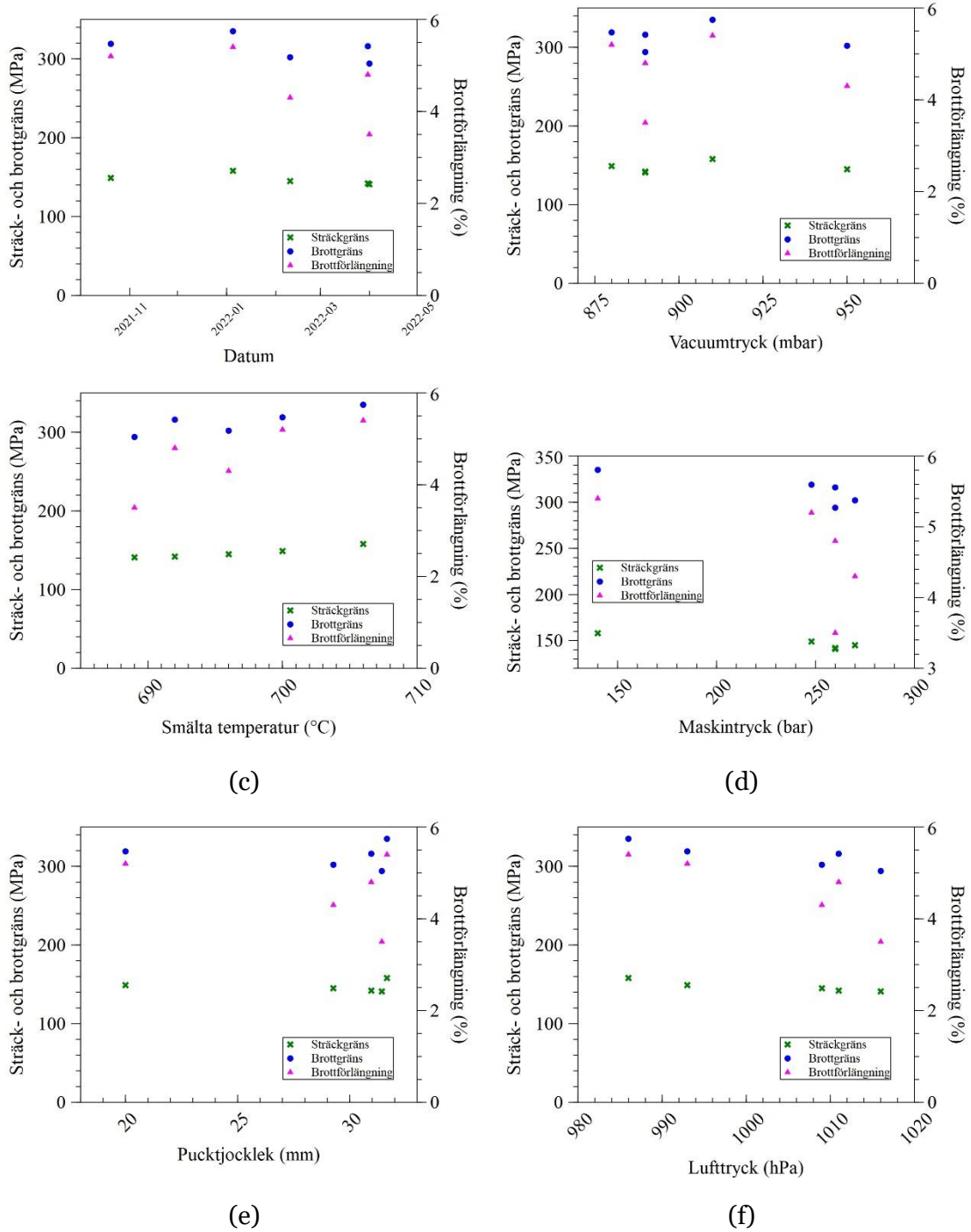
Komponent ID	R_m (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A (%)
EN 46000*	240*	140*	< 1*
A2	319	149	5,2
A5	335	158	5,4
A12	302	145	4,3
A15	316	142	4,8
A16	294	141	3,5

*värden från Table A.1 i SS-EN 1706 2020.



Figur 2. Dragprovningsskurvor som visar proven som gav lägst respektive högst förlängning.





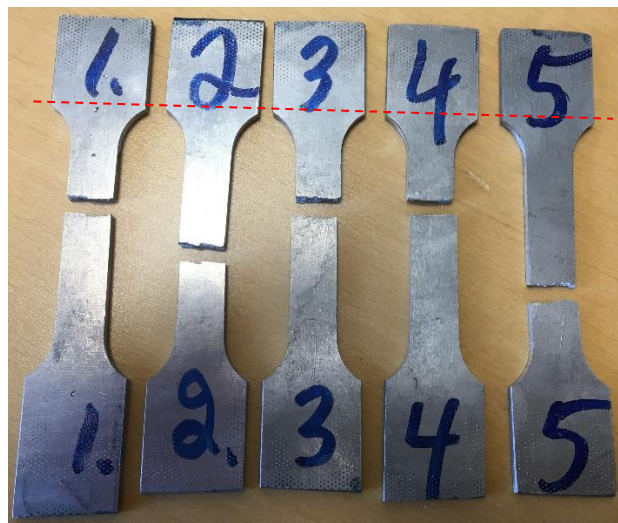
Figur 3 visar resultat från dragprovning i förhållande till mätdata insamlad vid gjutningen.

4.3 Analys av mikrostruktur

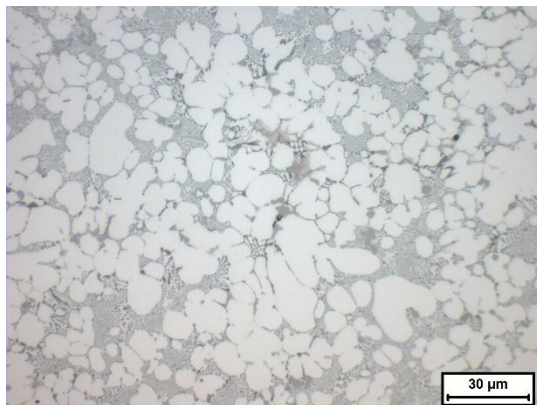
Mikrostrukturundersökning har utförts på prover från komponent A och komponent B i syfte att utvärdera eventuella skillnader. Bedömningarna bygger på okulärundersökning endast.

4.3.1 Komponent A

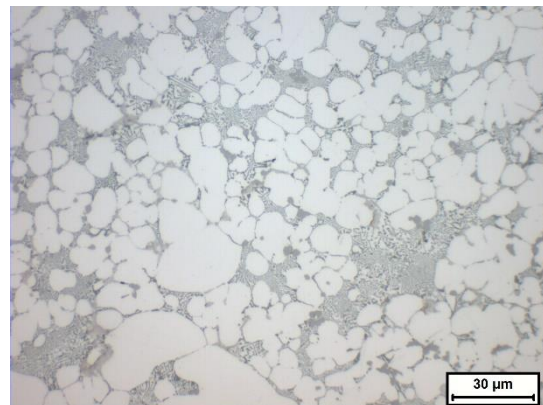
Snitt för mikrostrukturundersökning gjordes i dragprovstavarnas huvuden, se Figur 4. Mikrostrukturen består i huvudsak av primärt stelnat aluminium (ljusa områden), den omgivande matrisen består av eutektisk stelnat aluminium och kisel. Den största andelen av järnrika faser finns i form av kompakta kantiga faser (α -Fe), en mindre mängd försprödande β -fas observerades också. Järnrika faser i form av flagor (β -fas) har en större negativ inverkan på duktilitet jämfört med järnrika faser i form av mer kompakta faser (α -Fe). Koppar-rika faser har observerats, dessa kan ses som kopparfärgade faser i mikrostrukturen. Ingen signifikant skillnad i mikrostruktur mellan de fem undersökta proverna har observerats.



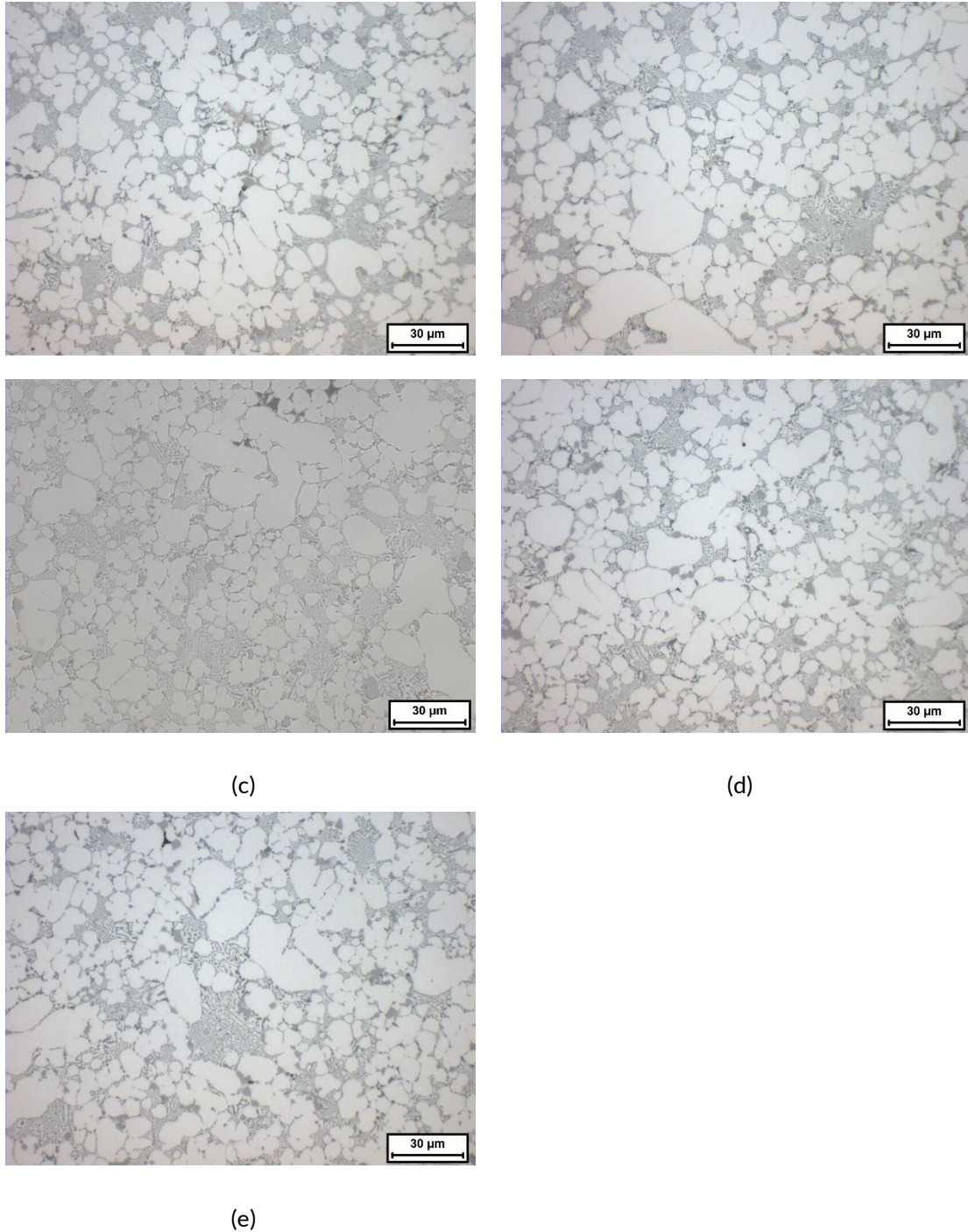
Figur 4 visar dragprover ur vilka prov för mikroundersökning kapades ut. Den röda sträckande linjen indikerar placering av snitt för mikrostrukturundersökning.



(a)



(b)

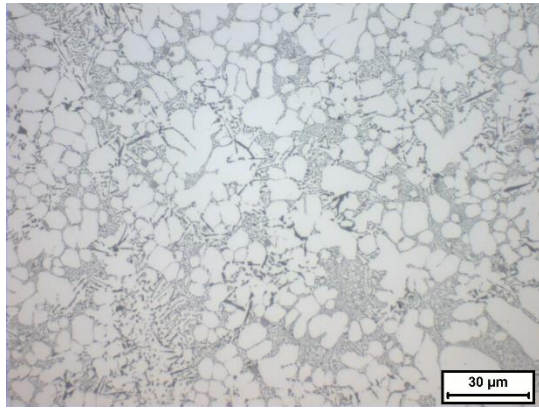


Figur 5. Mikrostrukturbilder från komponent A där (a) visar A2, (b) A5, (c) A12, (d) A15 och (e) A16.

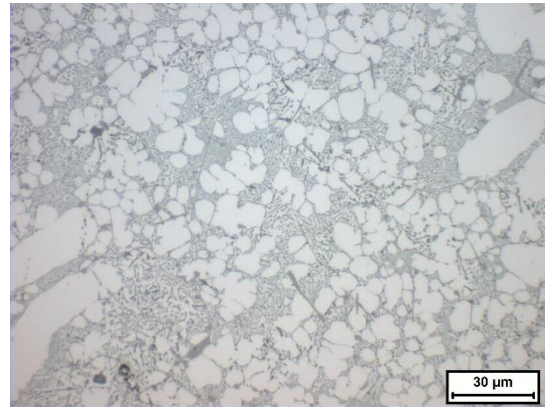
4.3.2 Komponent B

I Figur 1 (b) visas var snitt för mikrostrukturundersökning gjordes i komponent B. Mikrostrukturen består i huvudsak av primärt stelnat aluminium (ljusa områden), den omgivande matrisen består av eutektisk stelnat aluminium och kisel. Kiselstrukturen består av områden med finare struktur och områden med något grövre struktur. Järnriska faser i form av flagor, så kallad β -fas, har observerats. I 2D ser dessa faser ut som nålar.

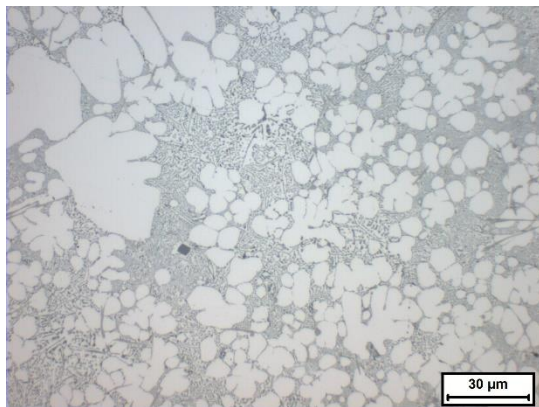
Ingen signifikant skillnad i mikrostruktur mellan de fem undersökta proverna har observerats.



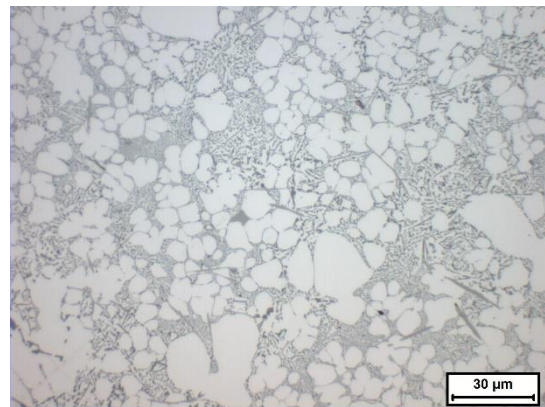
(a)



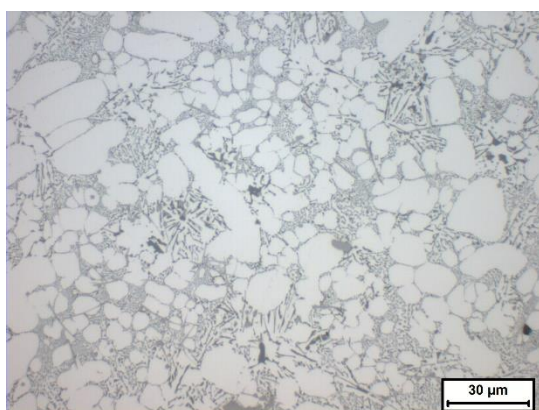
(b)



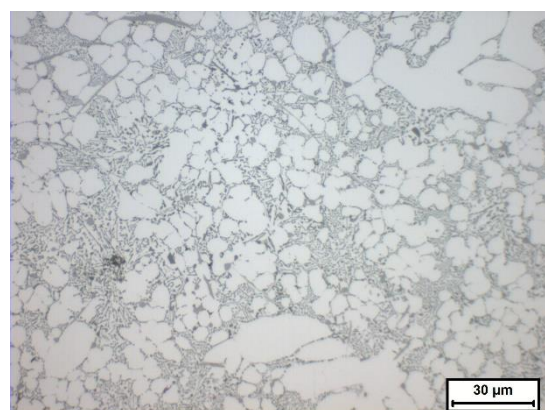
(c)



(d)



(e)



(f)

Figur 6. Mikrostrukturbilder från komponent B där (a) visar B1, (b) B3, (c) B6, (d) B7 och (e) B10, (f) B12.

5 Slutsats

Resultaten av gjorda mätningar visar på en jämn kvalitet på det producerade gjutgodset. Resultaten från hårdhetsprovningen visade på mycket jämna resultat för respektive komponent. Ingen statistisk skillnad mellan proverna har kunnat påvisas. Detta betyder att även om några data insamlad från gjuttillfället varit i utkanten av önskat intervall så har hårdheten inte signifikant påverkats.

Dragprovning av den pressgjutna kåpan, komponent A, visar förlängningsvärden och brottgränsvärden som är avsevärt högre än de informativa minimivärden som på värden som redovisas i standarden SS-EN 1706:2021 för pressgjuten EN AC-46000, som kåpan är tillverkad av. Värdet för sträckgräns ligger i linje med minimumvärden, dock har aluminium oftast inte en tydlig sträckgräns vilket kan göra det svårt att mäta. Det finns en teknisk rapport utgiven av SIS, SIS-CEN/TR 16748:2014 *Aluminium aluminiumlegeringar – Möjliga mekaniska egenskaper hos Al-Si gjutlegeringar för pressgjutning, lågtrycksgjutning och kokillgjutning*. I vilken sparade pressgjutna provstavar har provats, provning av tio stycken 3 mm tjocka provstavar resulterade i $3,6 \pm 0,3$ % förlängning, vilket är paritet med minvärdet av de fem proverna i denna rapport. Detta sammantaget visar att det finns en högre potential i återvunna legeringar än den som redovisas i standarden SS-EN 1706:2021. Stelningshastighet, eventuell värmebehandling och mängden defekter spelar en avgörande roll för slutegenskaperna hos en gjuten detalj. Vid optimering av dessa kan man erhålla egenskaper som överträffar de i standarden.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Komponentgjutning
RISE Rapport :
ISBN: