



NTNU

Karakterisering av en ekstrudert
hurtigstørknet AA 8009 legering
Duktilitetsforskjell mellom ulike strekkretninger

Characterization of Extruded Rapid
Solidified AA 8009 alloy
Difference in ductility between different tensile directions

Prosjektnummer: IMA-B-12-2019

Innleveringsdato: 20.05.2019

Gradering: Åpen

Forfattere: Markus Bjørnvold Heggheim og Olav Andreas Strandjord

Internveileder: Hans Jørgen Roven, NTNU

Oppdragsgiver: NTNU, i samarbeid med RSP Technology

Kontaktperson: Roger Senden

Markus Bjørnvold Heggheim

Olav Andreas Strandjord

Markus B. Heggheim

Olav A. Strandjord

Dato: 20.05.2019

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet ved Institutt for materialteknologi ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, avd Trondheim. Vi vil takke vår veileder Hans-Jørgen Roven for å gitt oss innsikt og veiledning i løpet av prosjektet. Vi vil også takke RSP Technology i Nederland for prøver, samt takke institutt for materialteknologi for bruk av utstyr og 3 år med utdanning.

Sammendrag

I denne bacheloroppgaven var hensikten å finne årsaken til at den hurtigstørknende aluminiumslegeringen RSA AA 8009 hadde ulik bruddforlengelse på langs enn på tvers av ekstruderingsretningen. For å finne mulige årsaker til dette ble det sett på prøver i lysmikroskop og SEM både på langs og på tvers. Det som kom av bildene både fra lysmikroskop og SEM var at det var for det meste en fin struktur, men at det lå lange mørke faser i langsretningen, mens i tversretningen var det små mørke prikker. For å finne ut hva disse mørke områdene bestod av ble det brukt EDAX, som viste at det var rent aluminium. Områdene rundt bestod av aluminium pluss legeringselementene til denne legeringen. Det var altså rene aluminiumsfaser som lå i langsretningen. Det ble da kjørt strekktester, med prøver tatt både på langs og på tvers av ekstruderingsretningen. Her viste det seg at prøvene tatt på tvers, ga sprø brudd med omtrent 5% forlengelse, mens prøvene på langs ga duktile brudd med omtrent 12% forlengelse.

Da rent aluminium vil være mer duktile enn fasene rundt det oppstå problemer. Kravet til kompatibilitet vil da føre til at det dannes defekter i grensesjiktet rundt aluminiumsfasene, og dette vil gjøre grensesjiktet sprøtt. Da det er større volumfraksjon av rent aluminium på langs av ekstruderingsretningen vil det bety større områder som blir sprø. Når en prøve tatt på tvers av ekstruderingsretningen vil bruddflaten bli på langs av ekstruderingsretningen. Her vil det bli store nok områder som blir sprø, og prøven vil gå til ett sprøtt brudd. For prøver tatt på langs vil det være såpass små områder som blir sprø, og det vil ikke være nok til at bruddet blir sprøtt. Her vil det da bli duktile brudd.

Bruddoverflaten til de sprø bruddflatene ble på skrå, omtrent 45° og ikke 90° på tversretningen. Dette forekommer av at avstanden mellom de rene aluminiumsfasene er kortere 45° på enn 90° på tversretningen. Bruddet vil forløpe seg ved at det "hopper" til nærmeste aluminiumsfase, og dermed bli omtrent 45° .

Summary

In this bachelor's thesis, the purpose was to find the reason why the rapidly solidified aluminum alloy RSA AA 8009 had different elongation along than across the extrusion direction. In order to find possible causes for this, samples were studied in light microscope and SEM, both along and across the extrusion direction. The pictures from both the light microscope and the SEM showed that it was mostly a fine structure, but that there were long dark phases in the longitudinal direction, while in the transverse direction there were small dark dots. To find out what these dark areas consisted of, EDAX was used, which showed that it was pure aluminum. The surrounding areas consisted of aluminum plus the alloying elements of this alloy. Tensile tests were then run, with samples taken both longitudinally and across the direction of extrusion. The results was brittle fracture for samples across the direction of extrusion with approximately 5% elongation, while samples along the direction of extrusion gave ductile fractures with approximately 12% elongation.

Since pure aluminum will be more ductile than the phases around, problems will arise. The compatibility requirement will then cause defects in the boundary layer around the aluminum phases, and this will make the boundary layer brittle. Since there is a larger volume fraction of pure aluminum along the direction of extrusion, it will mean larger areas that become brittle. When a sample taken across the direction of extrusion, the fracture surface will be along the length of the extrusion direction. Here, there will be large enough areas that become brittle, and the sample will go to a brittle fracture. For samples taken alongside, there will be so small areas that become brittle, and it will not be enough for the fracture to become brittle. Here there will then be ductile fracture.

The fracture surface of the brittle fracture surfaces was approximately 45° and not 90° in the transverse direction. This occurs because the distance between the pure aluminum phases is shorter 45° than 90° in the transverse direction. The fracture will occur as it "jumps" to the nearest aluminum phase, and thus becomes about 45° .

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	3
Summary	4
1 Innledning	6
2 Teori	7
2.1 Meltspinning	7
2.2 Ekstrudering	9
2.3 Sprøtt/duktilt brudd	11
2.3.1 Duktilt brudd	11
2.3.2 Sprøtt brudd	11
2.4 Mekaniske egenskaper	12
2.4.1 Strekktest	12
2.4.2 Hardhetsmåling	12
3 Materialer og Metoder	13
3.1 Fremgangsmåte	13
4 Resultater	15
4.1 Lysmikroskop	15
4.2 Hardhet	23
4.3 Mikrostruktur	24
4.4 EDAX	34
4.5 Strekktest	43
4.6 Bruddflate	48
5 Diskusjon	54
6 Konklusjon	58
7 Referanser	59
8 Vedlegg	i

1 Innledning

Hurtigstørkende aluminiumslegeringen RSA AA 8009 har egenskaper med høy styrke og høy temperaturmotstand som består av aluminium legert med jern, silisium og vanadium. Oppgaven tar for seg bruddforlengelse forskjeller i to kommersielle aluminiumsprofiler av RSA AA 8009 gitt av RSP-technologies. Bruddforlengelse forskjellen mellom tvers-og langs-retningen gir lite duktilitet i tverrsretningen. Forskjellene i duktilitet i materialet testes ved å se på mikrostruktur og ta strekttester av aluminiumsprofilene. Denne oppgaven er skrevet som en populærvitenskapelig artikkel, som ligger i vedlegg 10.

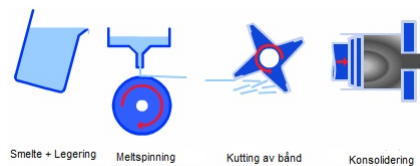
2 Teori

2.1 Meltspinning

Hurtigstørkende metoder benytter seg av høy avkjølingsrate, på rundt 10^5 til $10^6 \text{ }^\circ\text{C s}^{-1}$. Prosesene danner metastabile faser og materialer som gir gode mekaniske og fysiske egenskaper. Hurtigstørkende prosesser er delt i tre kategorier; dråper, overflatesmelting og spinning. [1]

Dråpemetoden benytter seg gassatomisering av en metallsmelte til en aerosol, finfordelte dråper, ved hjelp dyser med høyt trykk. Dette gir kontrollerte partikkelstørrelser i form av dråpeformer. Under gassatomiseringsprosessen blir inertgass benyttet slik at metallegeringen dannes i form av fine metalldråper gjennom et fall i atomiseringstårn. Dette gir sfæriske metallpartikler med jevne overflater med høy renhet. Denne metoden benyttes for å lage glasslegeringer. [2]

Meltspinning blir brukt for lage amorfe og glass-legeringer i form av tynne bånd. I prosessen benyttes en metallsmelte med konsentrasjon av ønsket legering som blir utsatt for en høy avkjølingsrate med hastighet på 10^5 til 10^6 C s^{-1} . I en typisk metallspinning prosess blir ønsket legering smeltet i en beholder omringet av induksjonsspole, hvor spenning varmer opp spolen, metallet smelter og legeringselementer tilsettes smelten. Påfølgende blir legeringsmelten sprayet ut av en dyse på et raskt roterende kobberhjul der smelten stivner med en gang den treffer kobberhjulet. Avkjølingsraten på kobberhjulet er en kontrollerbar parameter som kan varieres med hastigheten på hjulet. Smelten stivner til et bånd med solid amorf struktur lik som smeltefasen, båndets størrelse er konstant, som gjør at denne metoden er veldig reproducerbar. Båndet blir deretter kuttet i små biter som kan benyttes videre i en ekstruderingsprosess til en profil, se figur 1.



Figur 1: Meltspinning prosessen fra legering til ekstrudering.[5]

Avkjølingsraten kan bestemmes ut i fra det roterende hjulets egenskaper, overflateforhold, materialets strømningshastighet, hastighet på bånd/hjul, vinkel som smelten treffer hjulet med, smeltens overflatespenning, smeltedigelens diameter, smeltens komposisjon og temperatur og forhold i atmosfæren rundt støpningen.[3]

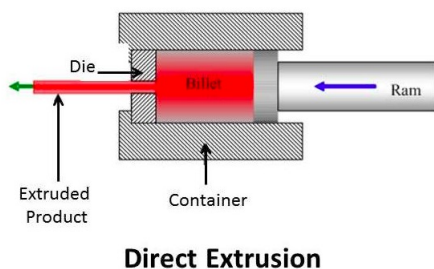
Meltspinning-prosessen er den mest kostnadseffektive hurtigstørkende prosessen, den oppnår den høyeste avkjølingsraten og er en kontinuerlig metode for å lage hurtigstørknede amorfe og mikrokrySTALLINE materialer, der gassatomisering og overflate smelting er partimetoder.

Prosessen har gitt bedre forutsetninger for å lage aluminium med høy styrke som er sammenlignbar med titan, men med mye lavere pris. Meltspinning metoden gir materialer med høyere løslighet av legering i smelten og med større kontroll over kornstørrelse og mikrostruktur. Metoden har gitt materialer som har gitt forbedret slitasje- og korrosjons-motstand, høyere termisk stabilitet og høyere mekaniske egenskaper som stivhet, duktilitet, tetthet og styrke, ved å samtidig beholde egenskaper som utmattelse, bruddseighet, oksidasjonsresistansen og siging.[4]

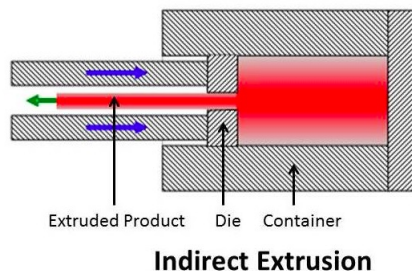
2.2 Ekstrudering

Ekstrudering er en formeprosess for metaller og polymere. Prosessen går ut på at metall eller polymer plastisk deformeres til ønsket form ved at materialet blir presset gjennom en dyse. Produkter som typisk lages ved ekstrudering er bolter/sylindre, rør og profiler. Materialet som skal ekstruderes kan deles inn i kaldt eller varmt, og inn i direkte eller indirekte. Selve ”ekstruderingsmaskinen” består hovedsakelig av en beholder/container, ett stempel og en dyse.

For metaller kan man ekstrudere direkte eller indirekte. Ved direkte ekstrudering vil materialet bli presset gjennom en dyse som er på motsatt side av hvor stempelet kommer inn, mens ved indirekte vil materialet bli presset tilbake samme retning hvor stempelet kommer inn. Det må da ha ønsket åpning i midten av stempelet. Indirekte ekstrudering har en fordel ved at det trengs mindre trykk for å ekstrudere enn ved direkte ekstrudering, da det blir mindre friksjon mellom materialet og beholderen/containeren. Ulempen ved indirekte ekstrudering er at produktet som kommer ut ikke blir lengre enn hva selve beholderen med material er. Utstyret for indirekte ekstrudering er også noe mer komplisert enn for direkte. Dette gjør at direkte ekstrudering er den mest utbredte metoden.



Figur 2: Direkte ekstrudering.[6]



Figur 3: Indirekte ekstrudering.[7]

For varm ekstrudering vil temperaturen ligge på omtrent 50-75% av smeltepunktet til metallet. Presset kan ligge på alt fra 35–700MPa alt etter material. Under ekstruderingen vil høy temperatur og høyt trykk slite på materialene, og det er derfor viktig med gode smøremidler. Smøremidler som brukes da er grafittolje eller glasspulver. Fordelen med varm ekstrudering er at materialet blir mye enklere å presse gjennom dysen.

Kald ekstrudering foregår ved romtemperatur. Fordeler med dette er at det ikke skjer rekrystallasjon materialet eller oksidasjon under ekstrudering, det får en finere overflatefinish og blir sterkere grunnet cold working.[8]

2.3 Sprøtt/duktilt brudd

2.3.1 Duktilt brudd

I de fleste metaller ved brudd, vil det oppstå et duktilt brudd. Det vil si at det har skjedd en plastisk deformasjon i materialet før det gikk til brudd. Etter at det er dannet en sprekk i materialet vil det oppstå plastisk deformasjon ved sprekkspissen, som gjør at bruddforplantingen skjer relativt langsomt. Sprekkspissen vil bli avrundet av spenningen som påføres, som gjør at det kreves mer energi før det går til brudd. Duktile brudd kalles stabile brudd og kan oppdages før prøven går til brudd.

For et duktilt materiale som blir strekt vil det først skje en innsnevring i tverrsnittet. Så vil det dannes små porer i materialet, som vil vokse sammen og bli større. Når det har blitt dannet en stor nok sprekk vil spenningen øker ytterst, som vil føre til brudd 45° på prøven hvor skjærspenningen er størst. Så vil prøven gå til brudd. Man kan tydelig se at prøven tydelig er plastisk deformert. Bruddoverflaten vil typisk være fibrig, man vil kunne se "kratere" i prøven. Disse kratrene er dimpler, som kommer fra porene som ble dannet tidlig.[9]

2.3.2 Sprøtt brudd

For sprø brudd vil det være svært liten eller ingen plastisk deformasjon ved sprekkspissen som gjør at bruddet forplanter seg raskt. Bruddflaten vil se veldig flat ut og det vil ikke være noen innsnevring slik som for duktile brudd. Man kan ofte se på bruddflaten hvor bruddet har startet og hvor det har forplantet seg. [10]

2.4 Mekaniske egenskaper

2.4.1 Strekktest

En stav av materialet strekkes i en spesiell maskin, og under forsøket registreres flytegrensen (øvre spenning for elastisk strekk), strekkfastheten (maksimal spenning ved brudd basert på stavens opprinnelige tverrsnitt) og bruddforlengelsen i prosent av stavlengden.[12]

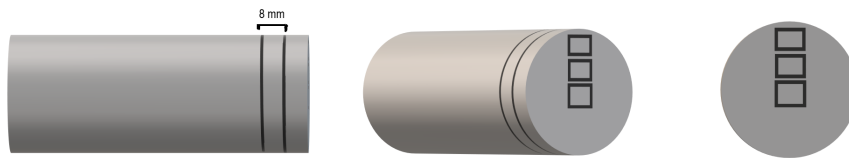
2.4.2 Hardhetsmåling

Ved hardhetsprøving presses en stålkule eller en pyramideformet diamant inn i materialet med en gitt kraft. Hardheten i Brinell (kule) eller Vickers (pyramide) er forholdet mellom kraften i kp og inntrykksflaten i mm^2 i materialet, den siste måles med mikroskop etter avlastning.[13]

3 Materialer og Metoder

3.1 Fremgangsmåte

To aluminiumsprofiler fra RSP-technology ble testet, forskjellen på aluminiumsprofilene var diameter på tverrsnittet den ene profilen 16079-1-AE med diameter på Ø84mm, den andre profilen 16080-3-AE med diameter Ø60mm. Aluminiumsprofilene ble sendt til finmekanisk verksted ved NTNU for kutting av prøver. Det ble kuttet seks prøver fra hver aluminiumsprofil, to Ytterst, to i midten og to innerst se figur 4. Prøvene ble støpt i epofix med langs og tversretningen som overflate, og lagret over natten. Sliping og polering av prøver til 1μ . Prøvene ble delt inn i kategorier og fikk navn etter hvor prøven kommer fra i fra på aluminiumsprofilen og hvor prøven kommer fra på langs og tvers gitt i tabell 1. Prøvene ble så sett på i lysmikroskop og i SEM og EDAX.



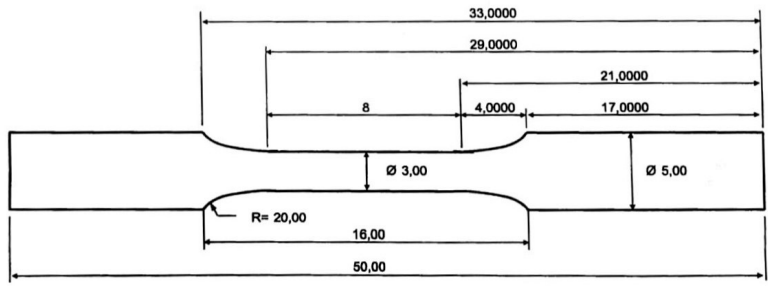
Figur 4: Kutting av prøvene fra aluminiumsprofil

Tabell 1: Navn på prøver etter hvor i aluminiumsprofilene prøven kommer fra.

	Tvers Ø60mm	Langs Ø60mm	Tvers Ø84mm	Langs Ø84mm
Innerst i prøven	ILT	ILL	IST	ISL
Midt i prøven	MLT	MLL	MST	MSL
Ytterst i prøven	YLT	YLL	YST	YSL

Aluminiumsprofilene ble sendt til finmekanisk verksted på NTNU og ble kuttet ut i fra plantegninger i vedlegg 8.1 til prøvestaver, i tversretning og langsretningen med dimensjoner lik Figur østavfig:prøvestav Det ble gjort strekktest på prøvestavene. Deretter ble en 16080-3-AE strekkstav fra tversretningen polert i 45° for å se på mikrostrukturen i SEM.

Fire prøver ble varmebehandlet, én prøve av hver, aluminiumsprofil i både tvers- og langsretningen i saltbad ved 600°C i 90 sekunder og bråkjølt i vann. Deretter ble det kjørt strekktest på prøvestavene. Fire av prøvene ble varmebehandlet ved 600°C i 5 min, deretter testet ved strekktest. Strekkprøvene på langs tålte mer enn maskinen kunne gjennomføre og strekktestene ble avbrutt. Bruddflatene etter gjennomførte strekktester ble sett på i SEM.

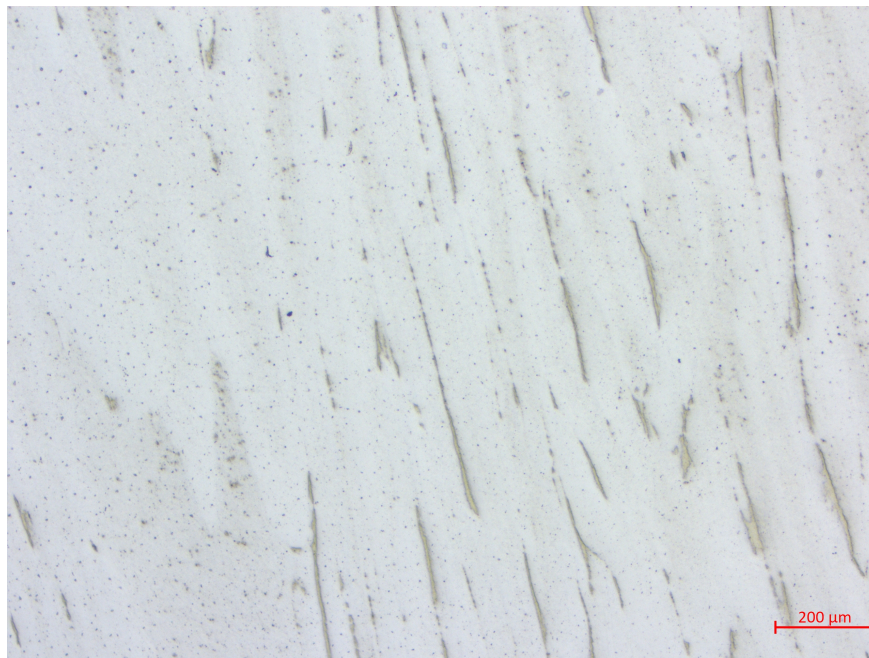


Figur 5: Dimensjoner av prøvestaver kuttet fra Aluminiumsprofiler

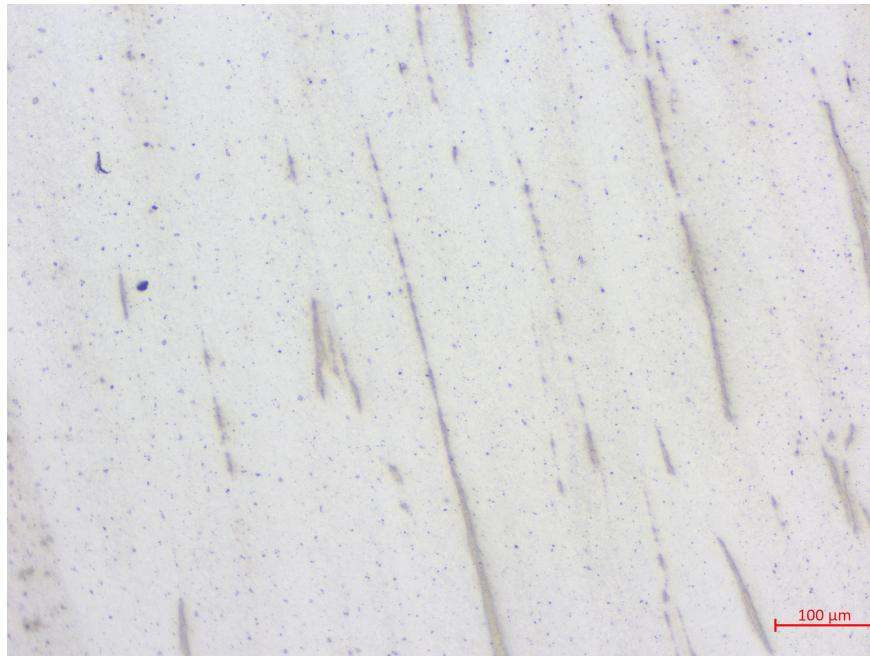
4 Resultater

4.1 Lysmikroskop

Ut fra lysmikroskopbildene kommer frem en tydelig forskjell på prøvene på langs og på tvers av ekstruderingsretningen. Figur 6-11 viser prøver tatt på langs av ekstruderingsretningen, fra innerst til ytterst i bolt. Her ser man tydelig at det er lange mørke striper i materialet. På figur 12-19 ser man bilder av prøver tatt på tvers av ekstruderingsretningen. Her er det ikke lange mørke striper, men små mørke prikker i materialet.



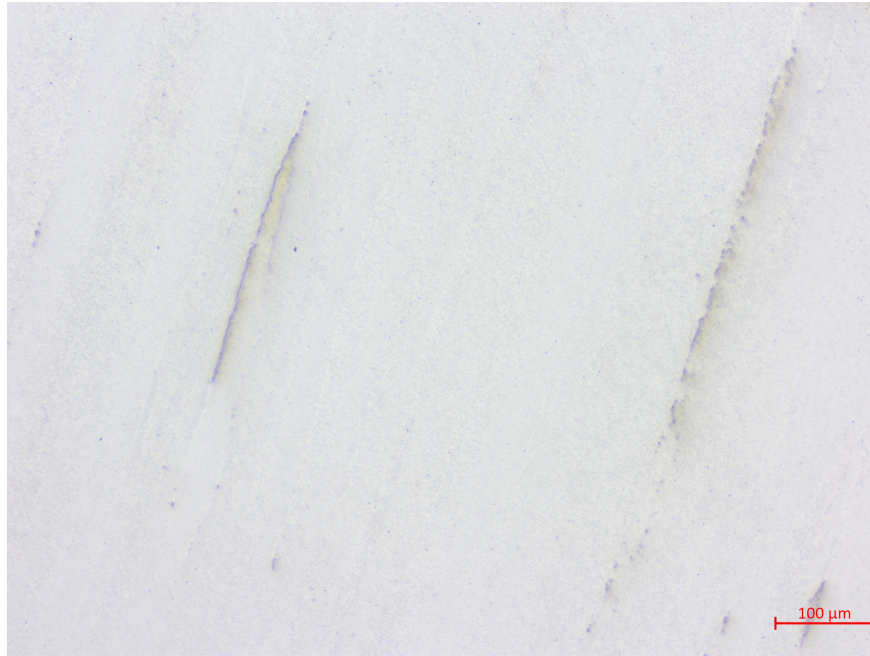
Figur 6: Bilde av ILL med 5x forstørrelse



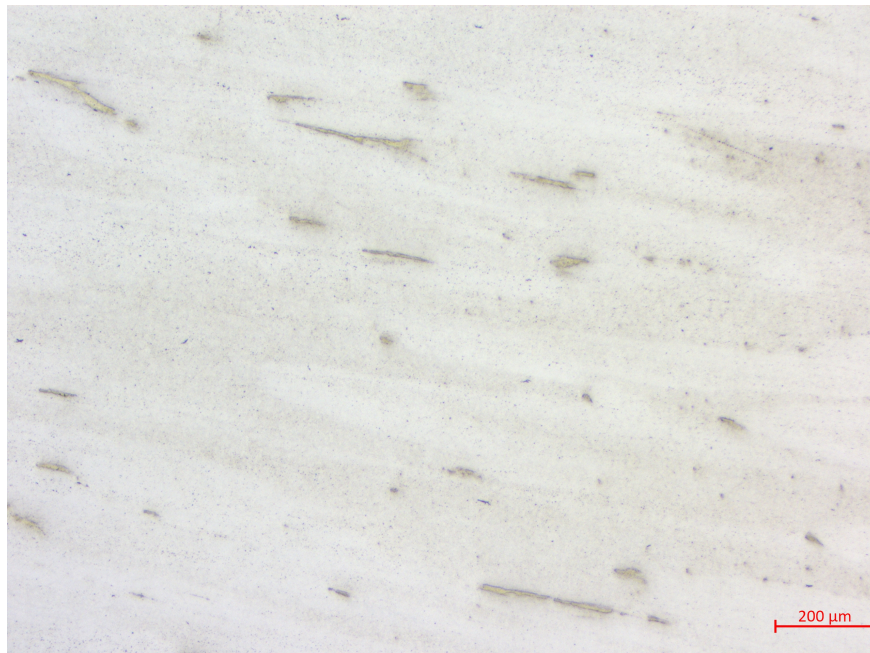
Figur 7: Bilde av ILI med 10x forstørrelse



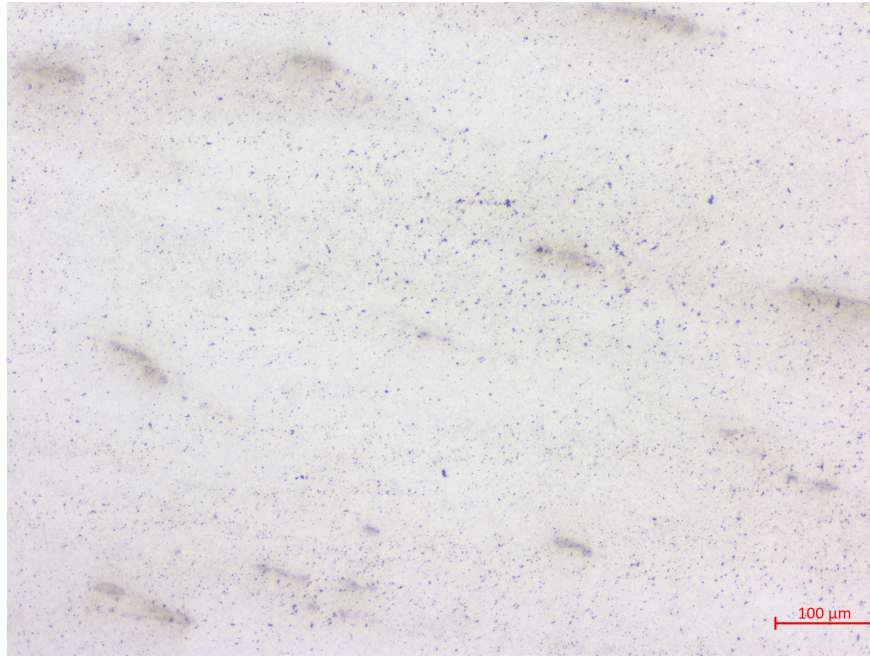
Figur 8: Bilde av MLI med 5x forstørrelse



Figur 9: Bilde av MLL med 10x forstørrelse



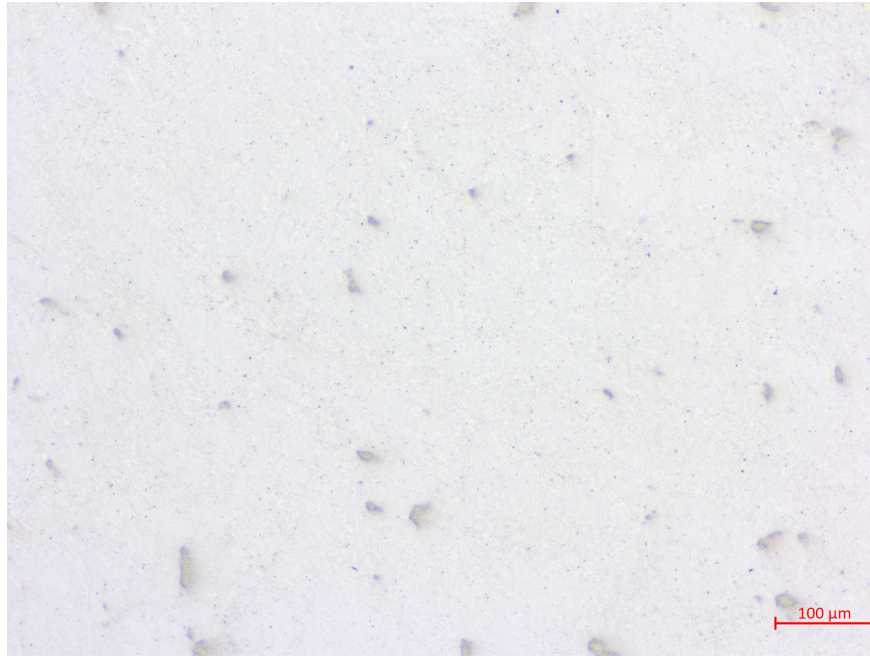
Figur 10: Bilde av YLL med 5x forstørrelse



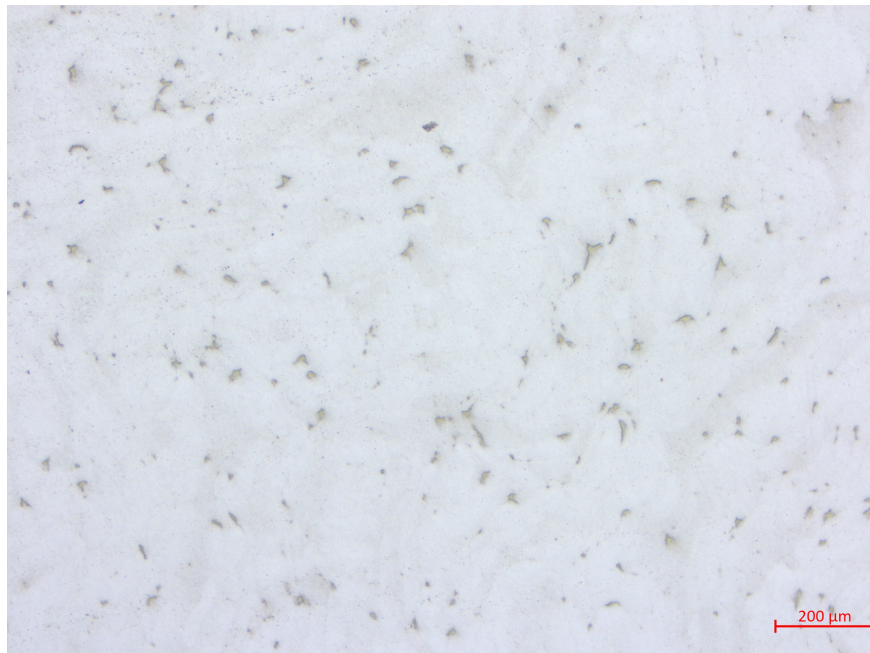
Figur 11: Bilde av YLL med 10x forstørrelse



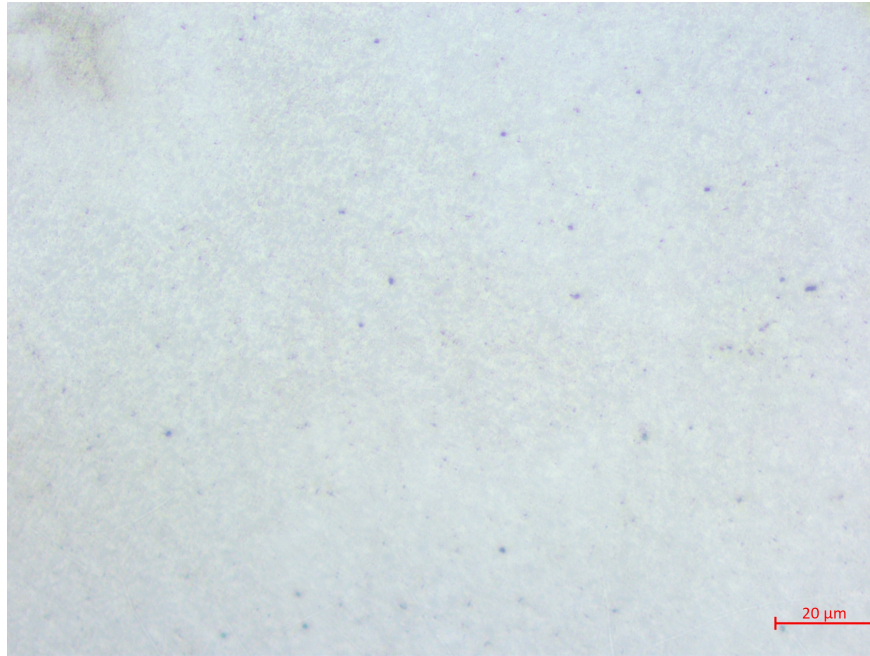
Figur 12: Bilde av IST med 5x forstørrelse



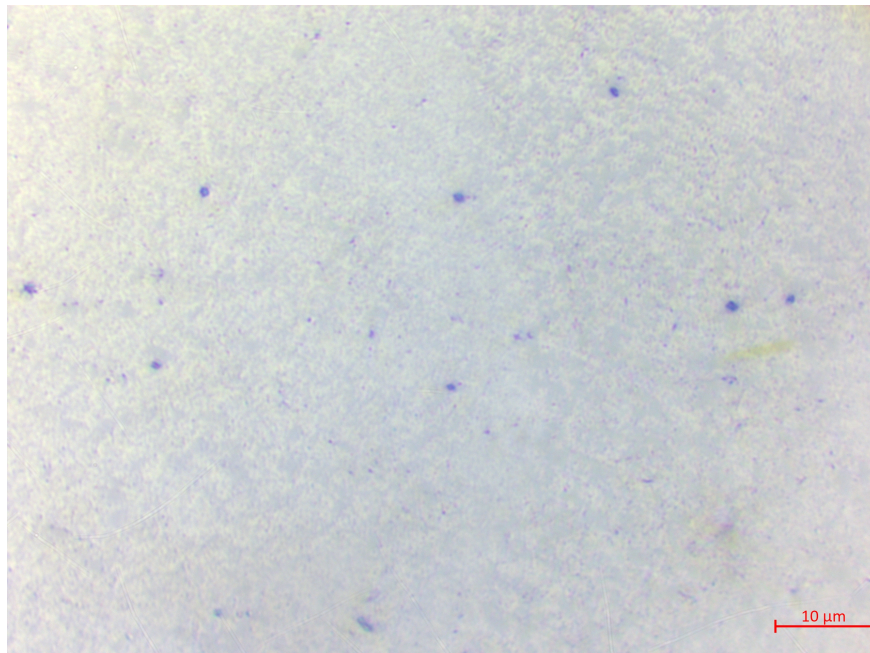
Figur 13: Bilde av IST med 10x forstørrelse



Figur 14: Bilde av MST med 5x forstørrelse



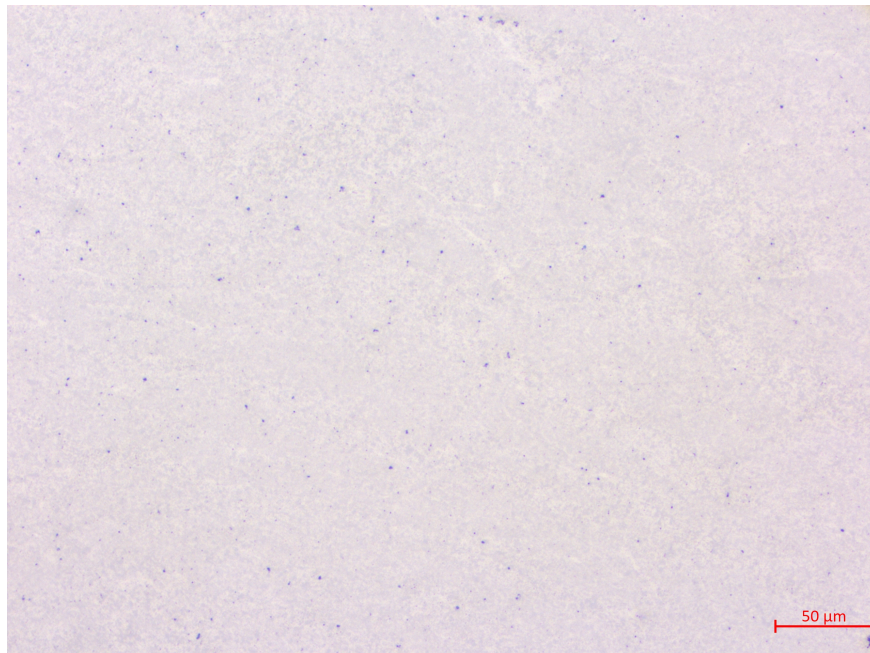
Figur 15: Bilde av MST med 50x forstørrelse



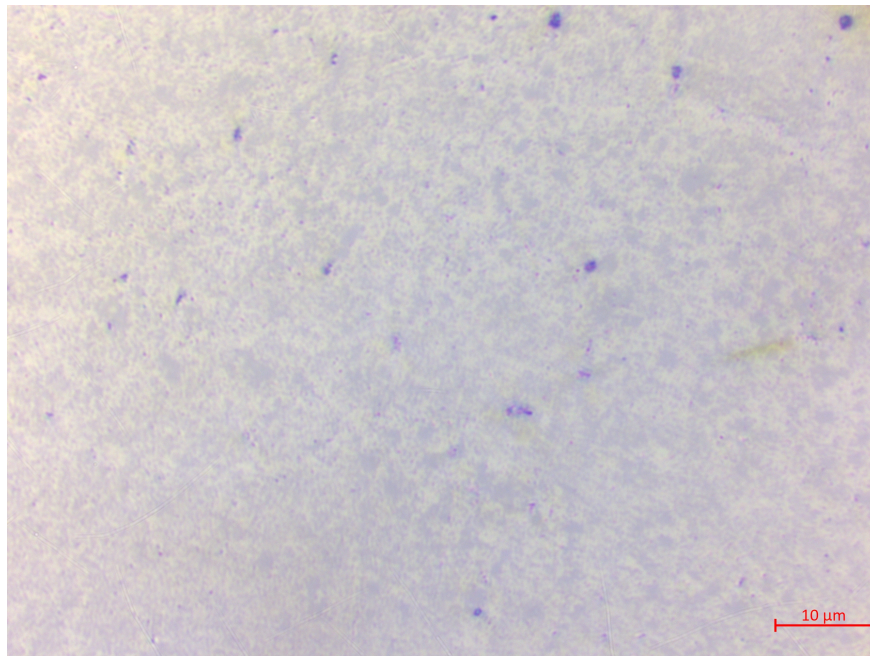
Figur 16: Bilde av MST med 100x forstørresle



Figur 17: Bilde av YST med 10x forstørrelse



Figur 18: Bilde av YST med 20x forstørrelse



Figur 19: Bilde av YST med 100x forstørrelse

4.2 Hardhet

Tabell 2 viser hardhet til alle prøvene, både på langs og tvers som kommer fra sentrum av bolten.

Tabell 2: Hardhet til prøver fra sentrum i bolt.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Gjennomsnitt
ILL	112	116	117	119	120	122	117,67
ILT	119	109	110	118	118	115	114,83
IST	119	115	119	121	122	115	118,5
ISL	121	116	113	117	116	116	116,5

Tabell 3 viser hardhet til alle prøvene, både på langs og tvers, som kommer fra mellom sentrum og ytterkanten til bolten

Tabell 3: Hardhet til prøver fra mellom ytterst og sentrum i bolt.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Gjennomsnitt
MLL	105	112	117	111	112	111	111,33
MLT	120	110	110	107	110	114	111,83
MST	117	128	115	106	117	123	117,67
MSL	120	115	120	123	123	122	120,5

Tabell 4 viser hardhet til alle prøvene, både på langs og tvers, som kommer fra ytterst av bolten.

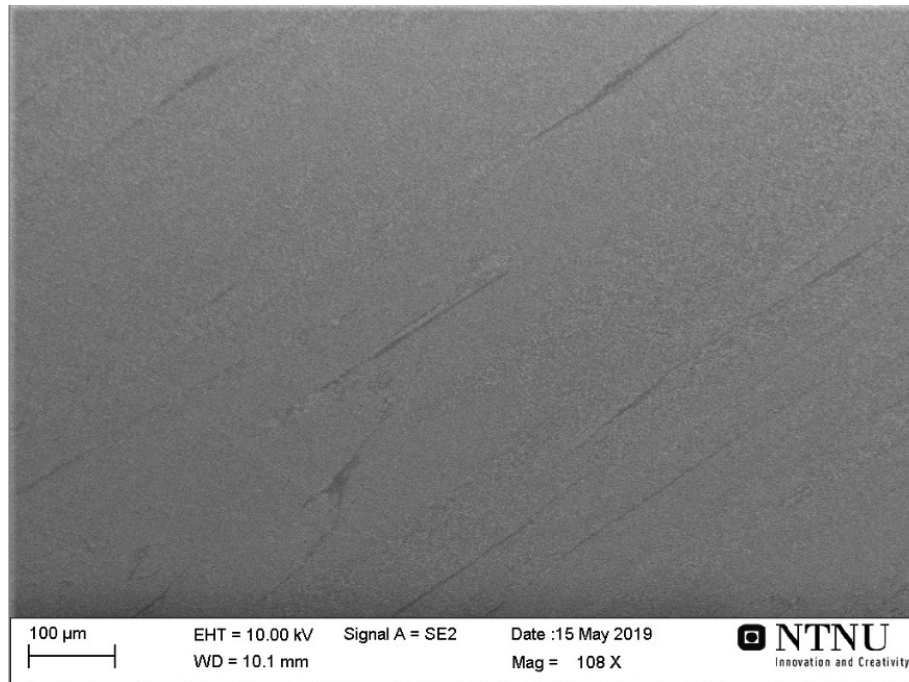
Tabell 4: Hardhet for prøver fra ytterst i bolt.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Gjennomsnitt
YLL	115	105	125	118	116	117	116
YLT	119	118	106	116	105	106	111,67
YST	118	110	117	117	119	122	117,17
YSL	112	120	115	120	118	120	117,5

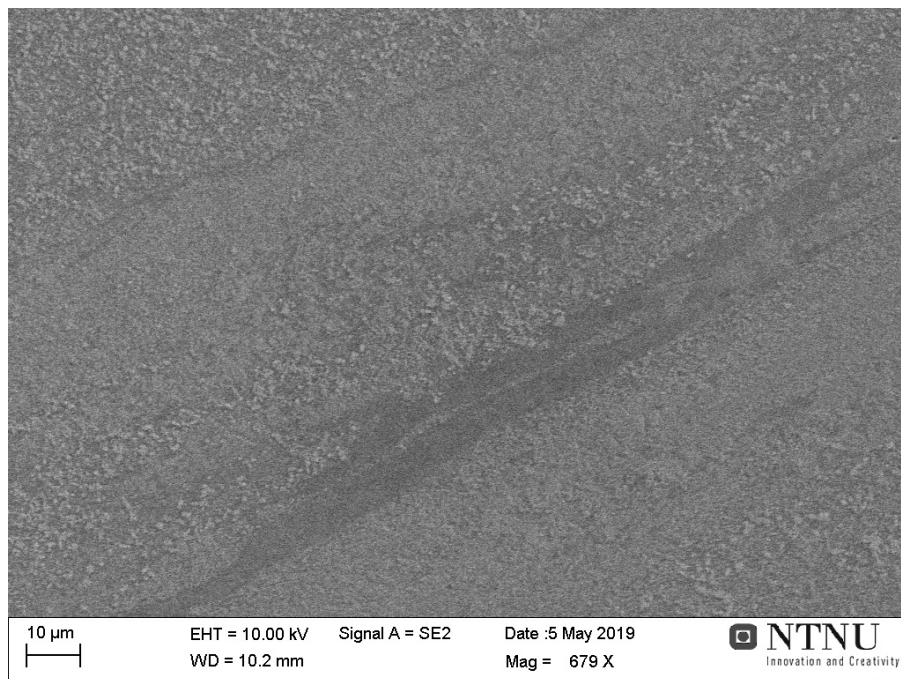
Det er ikke noen tydelig forskjell på hardheten, på hvor prøven er tatt fra i bolten, eller om prøvene er på langs eller tvers av ekstruderingsretningen. Hardheten ligger på 110-120HV overalt.

4.3 Mikrostruktur

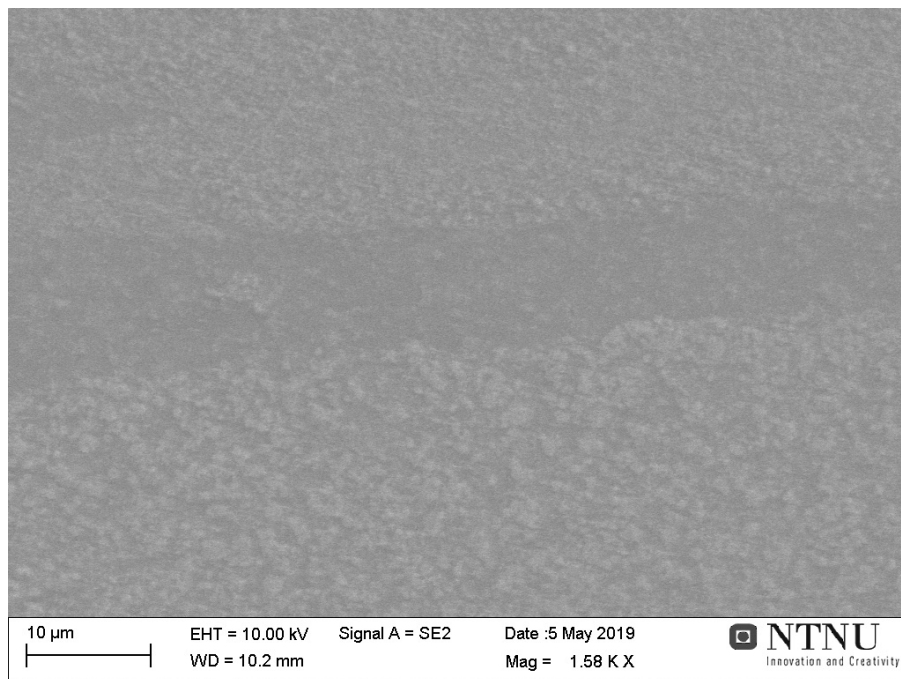
Alle prøvene ble sett på i SEM, hvor man kunne se tydelig forskjell på om prøvene kom fra langs eller tversretningen. Figur 20 - 22 viser prøver tatt på langs av ekstruderingsretningen, og her er det tydelig at det ligger lange tynne mørke faser. På figur 23 er det zoomet mer inn på de to fasene som ikke er den mørke fasen.



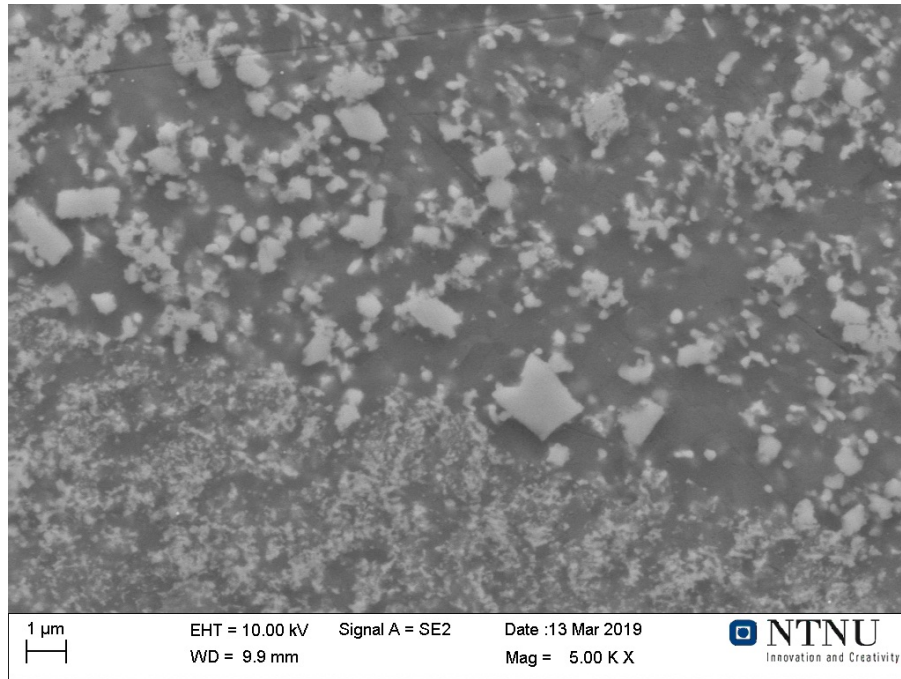
Figur 20: Mikrostruktur til MLL



Figur 21: Mikrostruktur til YLL

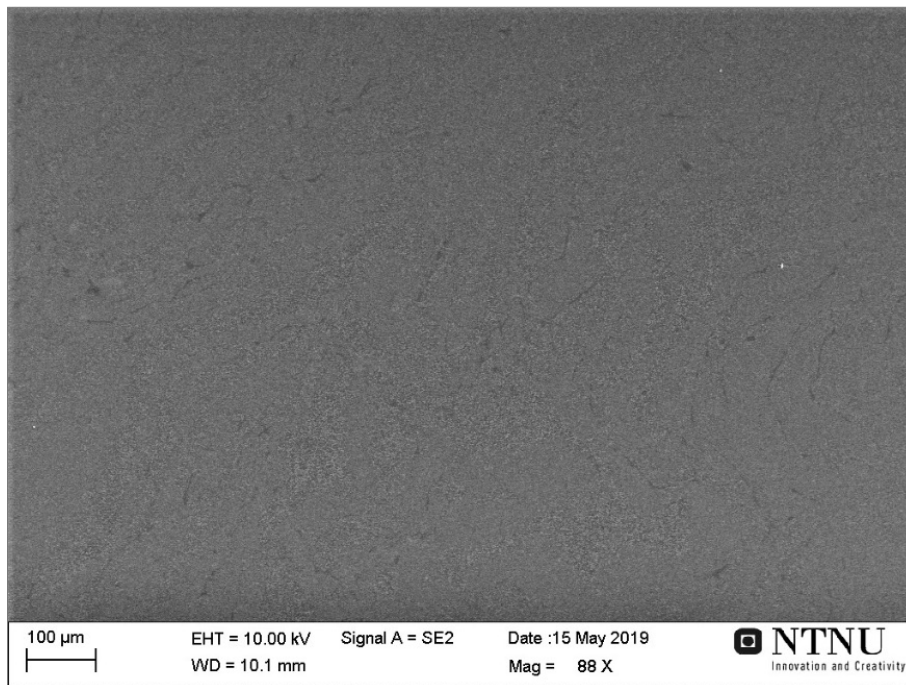


Figur 22: Mikrostruktur til ISL

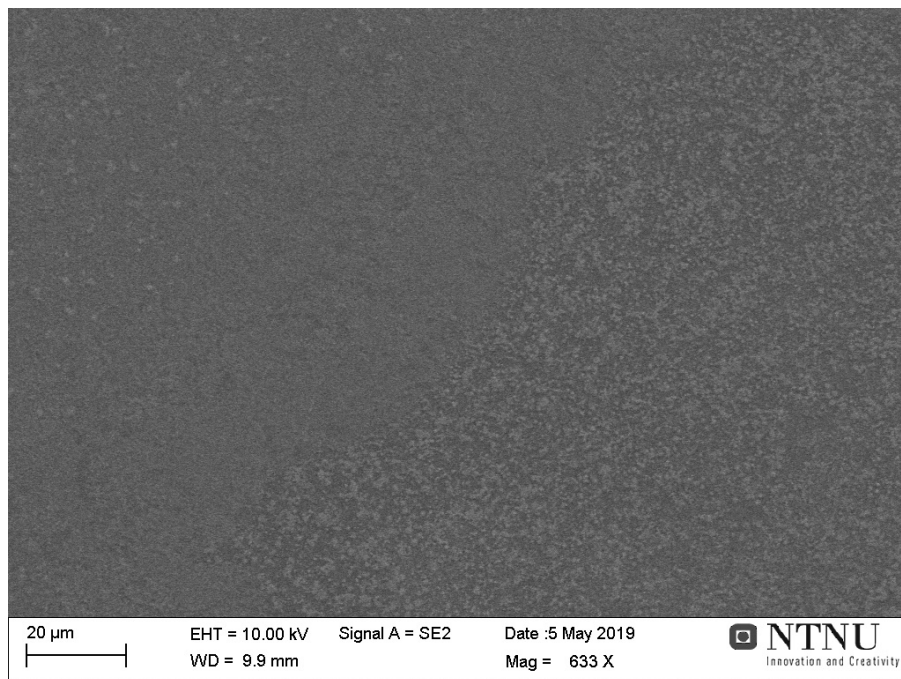


Figur 23: Mikrostruktur til YSL

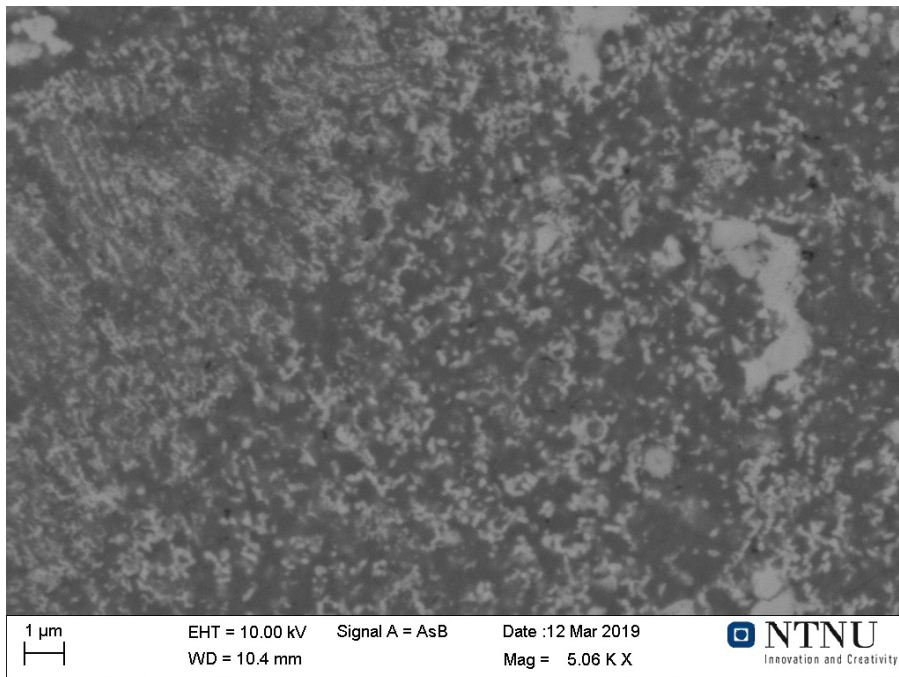
Mikrostrukturen på tvers viser seg å være ganske lik, utenom at det ikke er store mørke områder. Det er mørke områder, men de er små og mer runde. Figur 24-28 viser mikrostrukturen på tvers av ekstruderingsretningen.



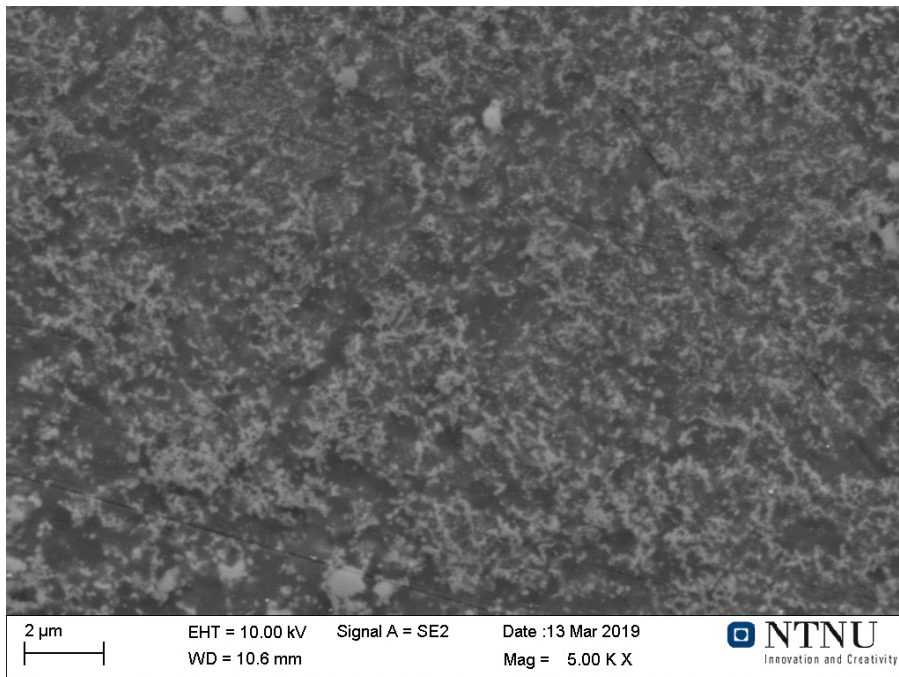
Figur 24: Mikrostruktur til MST



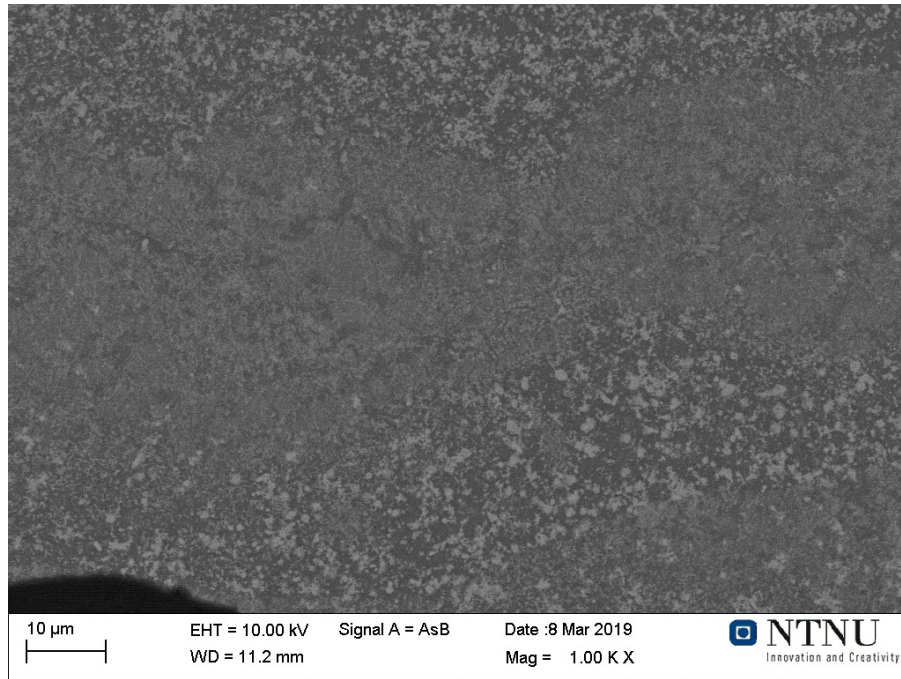
Figur 25: Mikrostruktur til YLT



Figur 26: Mikrostruktur til YLT

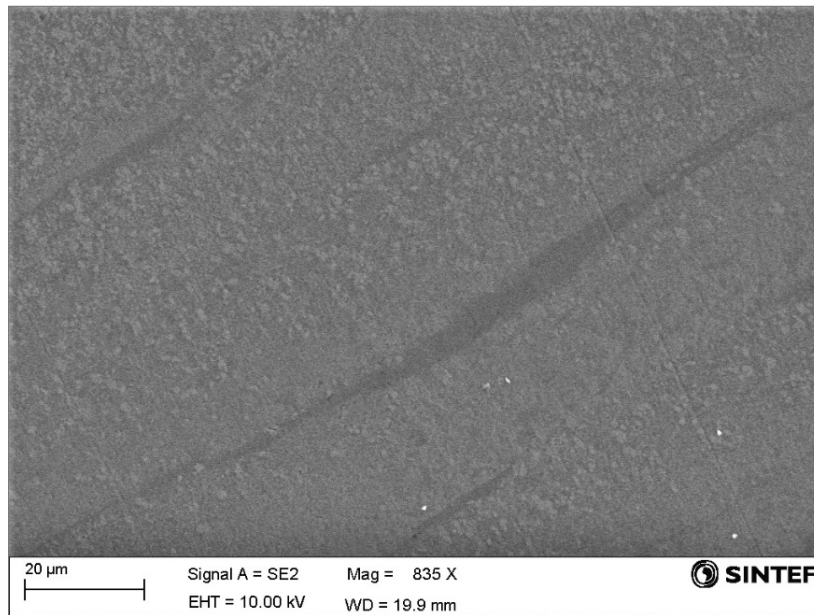


Figur 27: Mikrostruktur til MST



Figur 28: Mikrostruktur til MLT

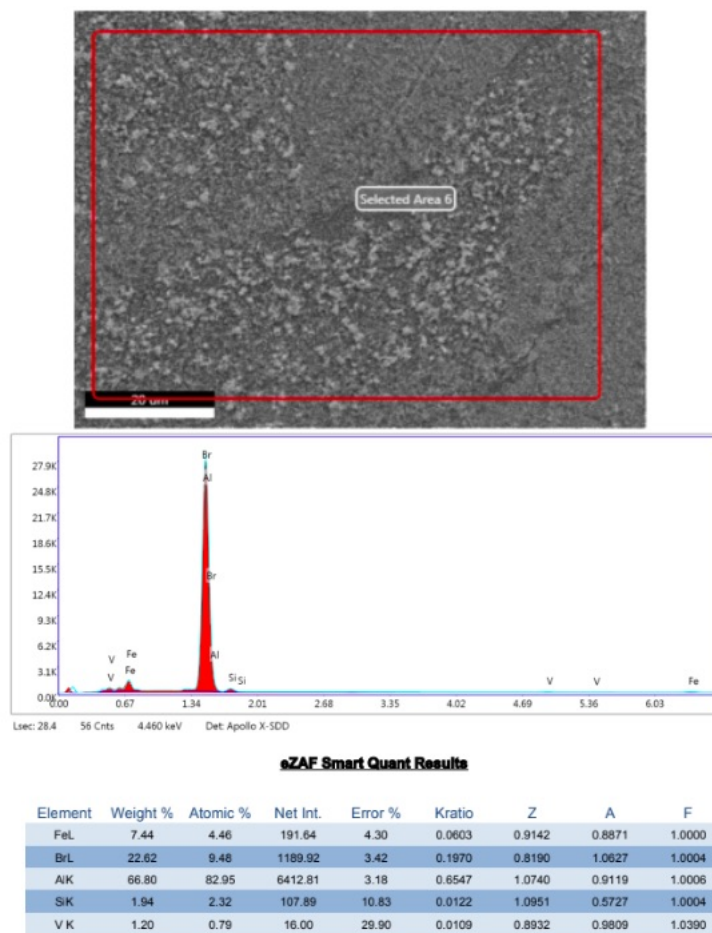
Figur 29 viser mikrostrukturen til planet som ligger parallelt til bruddflaten på en strekkprøve som ble tatt på tvers av ekstruderingsretningen.



Figur 29: Mikrostruktur til plan parallelt til bruddflate, 45°

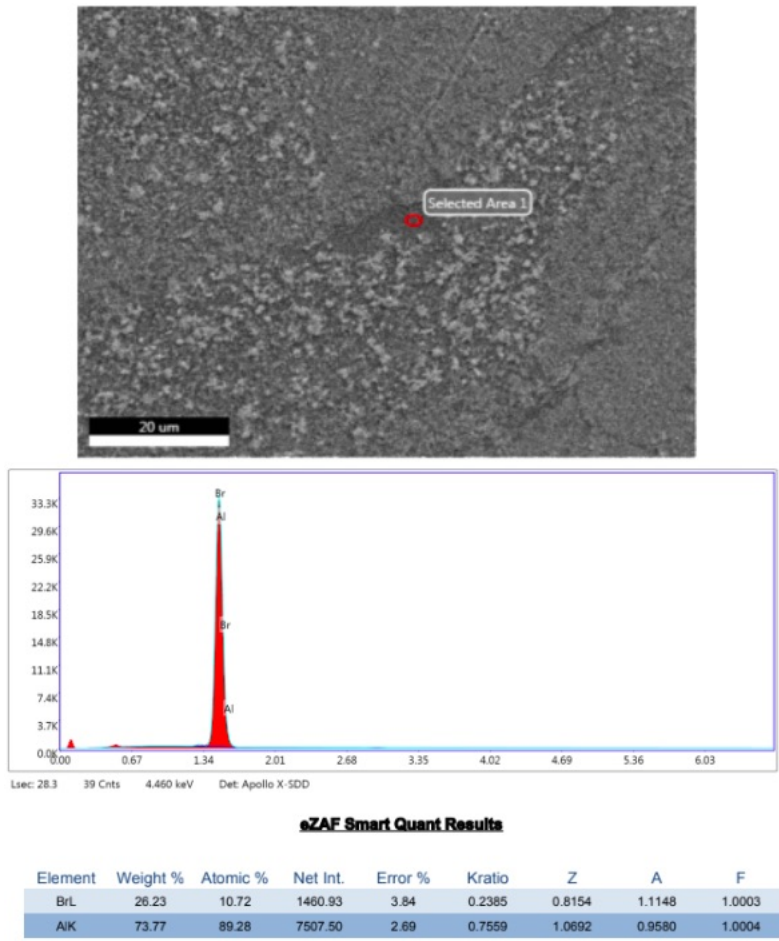
4.4 EDAX

Det ble brukt EDAX på mange av prøvene for å finne ut hvilke elementer som var i hver fase. I spekteret ble det en stor topp ved med aluminium og brom observert av EDAXen i alle tilfeller. Det er sett bort fra brom i disse resultatene og antatt at det skal være aluminium. Prosentene til aluminium og brom er derfor slått sammen. Figur 30 tas alle fasene med for å se om det blir omtrent samme sammensetning som er oppgitt at det skal være i legeringen. Resultatene viste at området inneholdt 7,44wt% jern, 1,94wt% silisium og 1,20wt% vanadium.

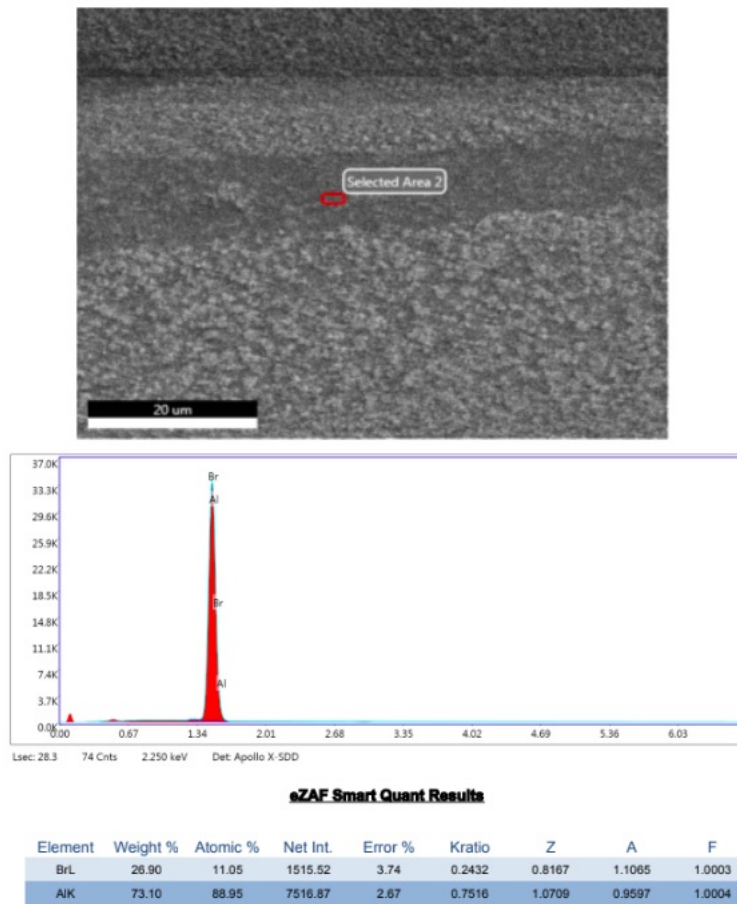


Figur 30: EDAX av hele området på YLT

Figur 31 og 32 viser hvilke elementer som fremkom av EDAXen i de helt mørke områdene. De viser at det kun er aluminium i disse fasene.

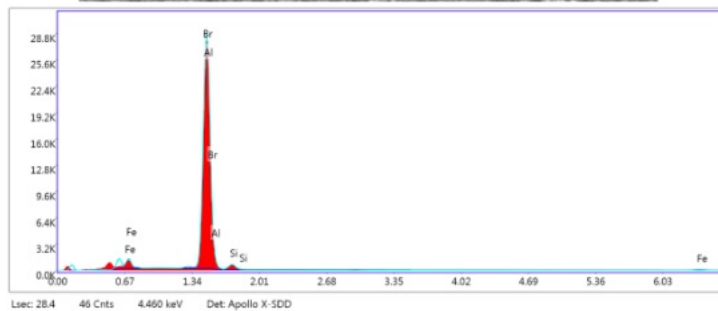
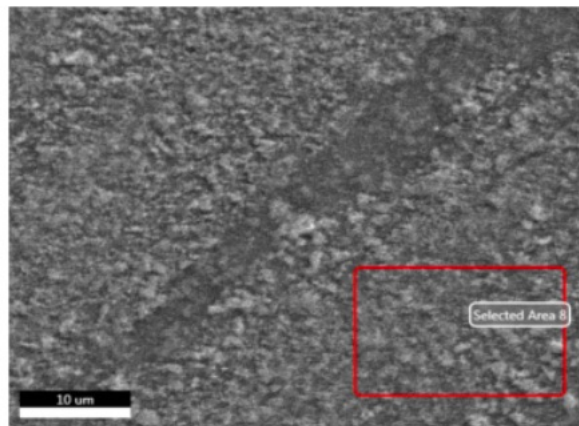


Figur 31: EDAX av mørkt område på YLT



Figur 32: EDAX av mørkt område på ISL

I de grå områdene var det ikke noe vanadium tilstede, men en del jern og silisium. Testene viste at det var omtrent 7wt% jern og 2,5-3wt% silisium. Figur 33 og 34 viser analysene av de grå områdene.

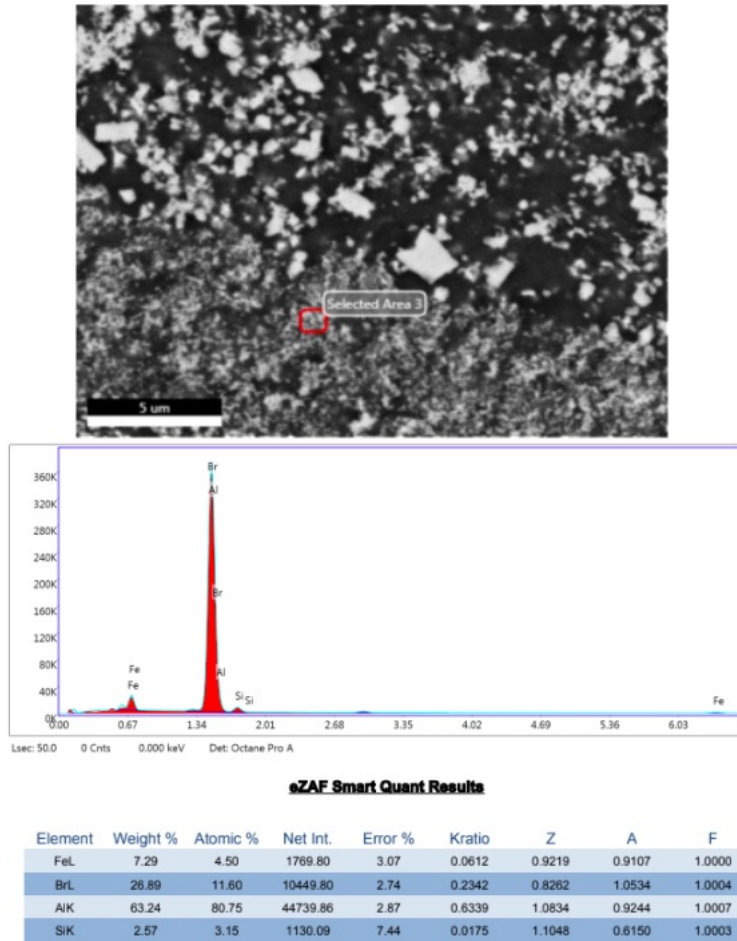


Lsc: 28.4 46 Cnts 4.460 keV Det: Apollo X-SDD

eZAF Smart Quant Results

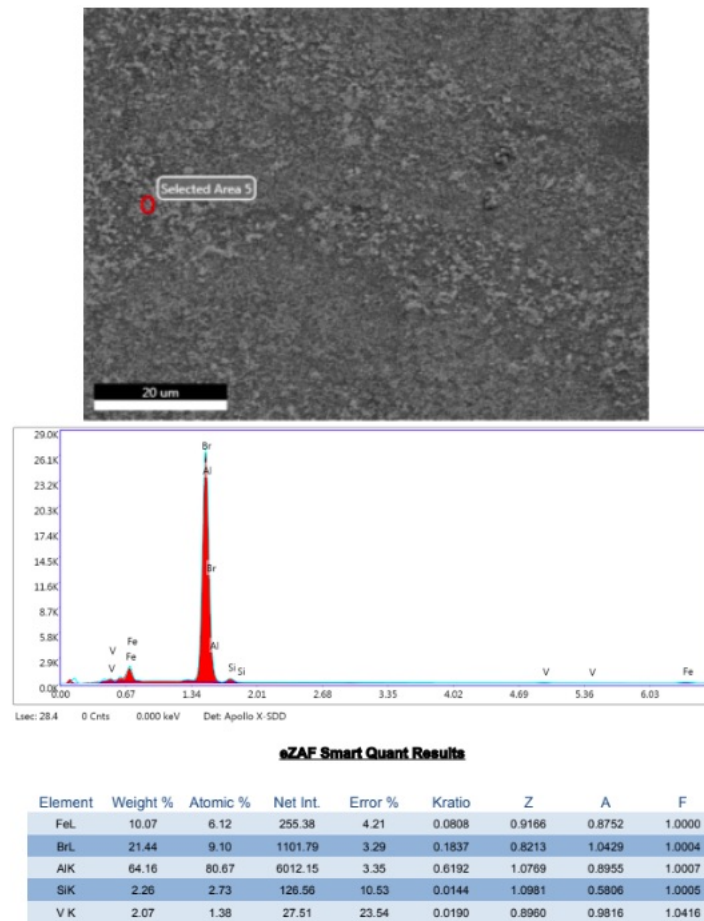
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
FeL	6.92	4.12	180.57	3.79	0.0572	0.9121	0.9061	1.0000
BrL	22.94	9.55	1205.68	3.50	0.2008	0.8172	1.0709	1.0005
AlK	67.13	82.76	6438.43	3.10	0.6618	1.0715	0.9193	1.0007
SiK	3.02	3.57	166.40	9.63	0.0189	1.0925	0.5740	1.0003

Figur 33: EDAX av grått område på YSL

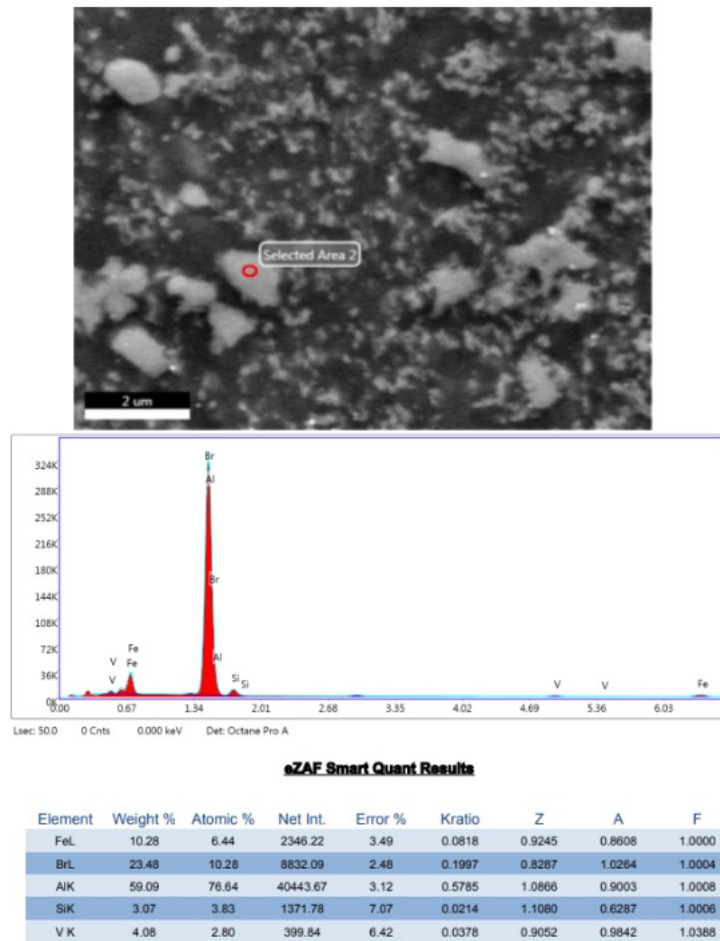


Figur 34: EDAX av grått område på YSL

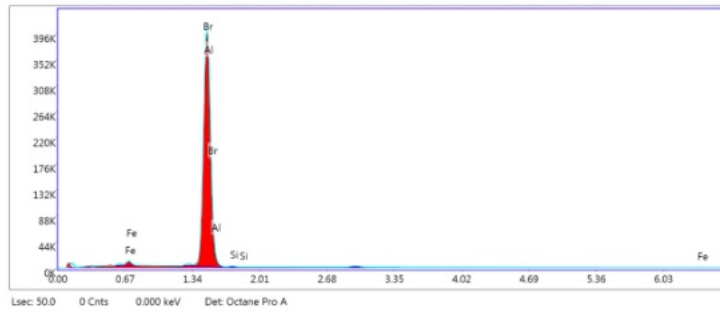
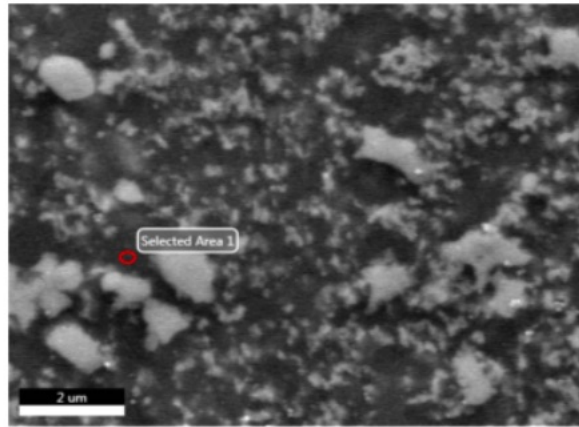
Analysene av de lyse partiklene viser at det er mye jern, en del silisium og mye vanadium i partiklene. Det er omtrent 10wt% jern, 2,5-3wt% silisium og 2-4wt% vanadium. Figur 35 og 36 viser analyser av partikler. Mellom partiklene hvor det er mørkere er det aluminium med litt jern (2-3wt%) og silisium (0,5wt%). Figur 37 viser at mørkt område mellom partiklene.



Figur 35: EDAX av lyse partikler på YST



Figur 36: EDAX av partikkel på MSL



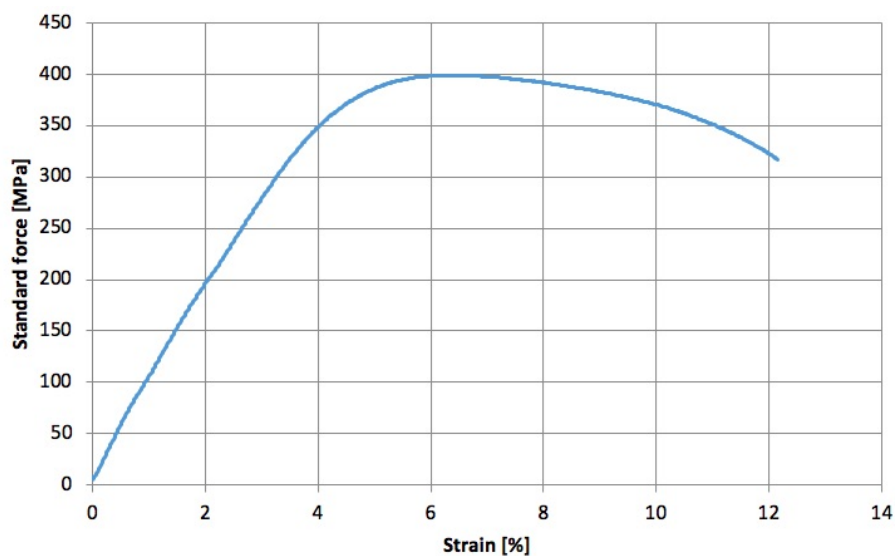
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
FeL	2.40	1.50	587.05	3.62	0.0201	0.9269	0.9004	1.0000
BrL	31.95	13.91	12885.85	2.92	0.2855	0.8309	1.0749	1.0002
AlK	65.20	84.04	47886.44	2.67	0.6711	1.0896	0.9441	1.0005
SiK	0.45	0.55	195.28	12.95	0.0030	1.1111	0.6018	1.0002

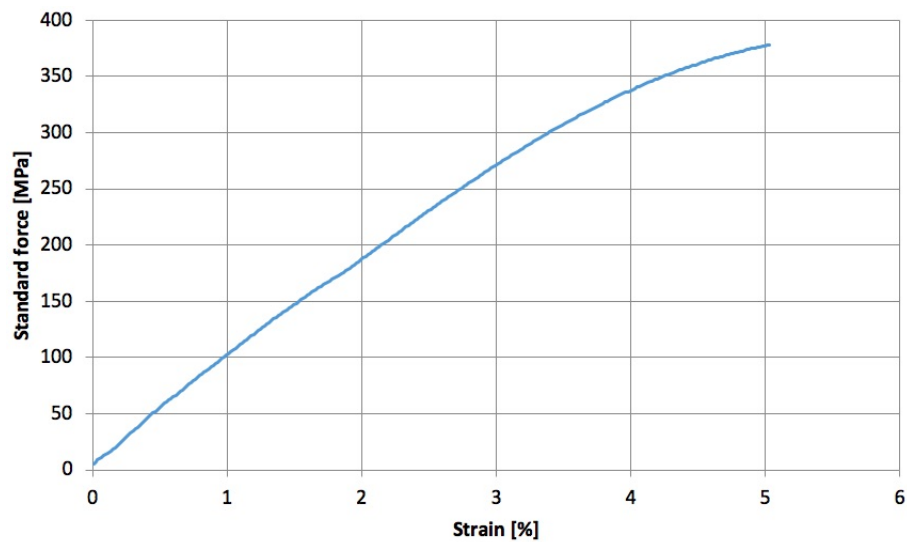
Figur 37: EDAX av mørkt område mellom partikler på MSL

4.5 Strekktest

Figur 38 viser spennings-tøyingskurven til en strekkprøve som ble tatt på langs med ekstruderingsretningen, mens figur 39 viser spenning-tøyingskurven til en strekkprøve som ble tatt på tvers av ekstruderingsretningen. Kurvene ser veldig like ut fram til omtrent 5% tøyning hvor prøven tatt på tvers går til brudd mens prøven på langs forsetter opp til omtrent 12% tøyning og følger en typisk kurve for duktile brudd.

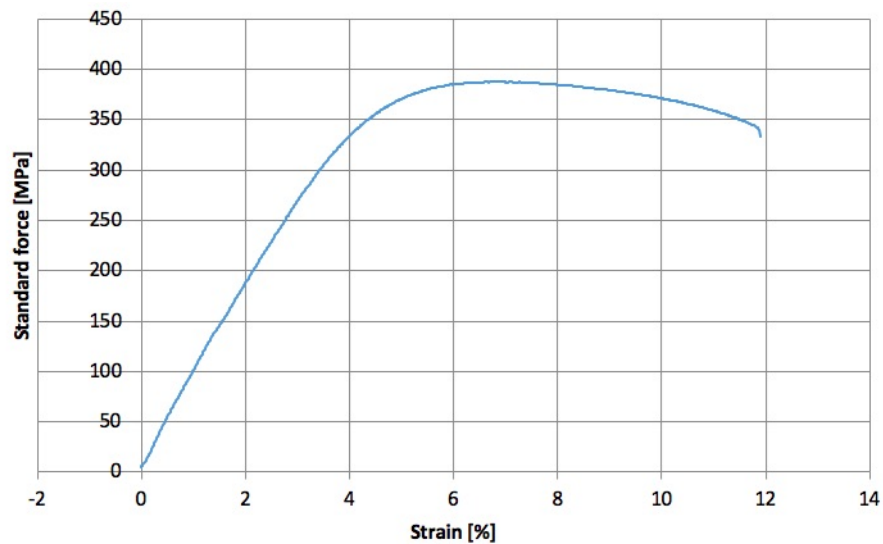


Figur 38: Spennings-tøyingskurve for strekkprøve tatt på langs av ekstruderingsretningen

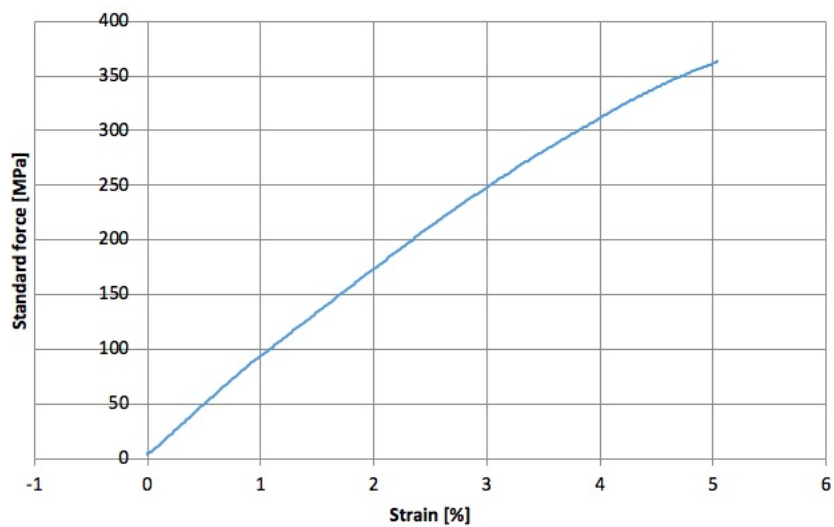


Figur 39: Spenning-tøyningskurve for strekkprøve tatt på tvers av ekstruderingsretningen

Etter varmebehandling i 90 sekunder ble nye strekktester kjørt. Resultatene for prøvene som er varmebehandlet ble veldig like resultatene til prøvene som ikke ble varmebehandlet. Omtrent 12% og 5% tøying for prøvene henholdsvis på langs og på tvers av ekstruderingsretningen.

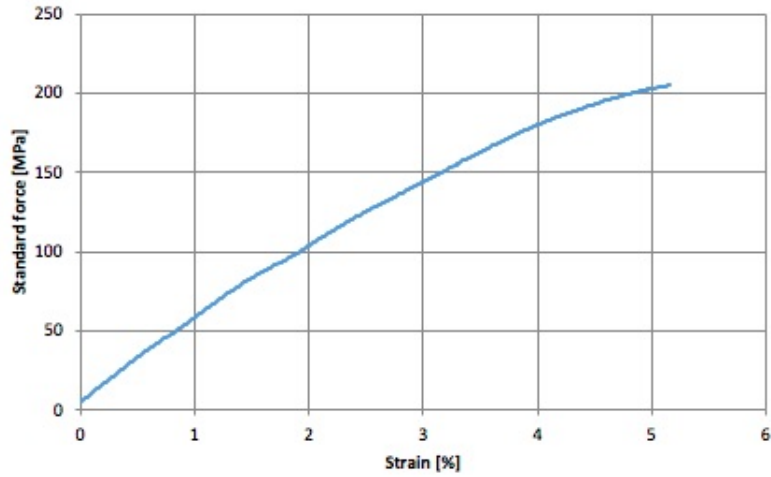


Figur 40: Spenning-tøyningskurve for strekkprøve tatt på langs av ekstruderingsretningen, etter varmebehandling i 90 sekunder.

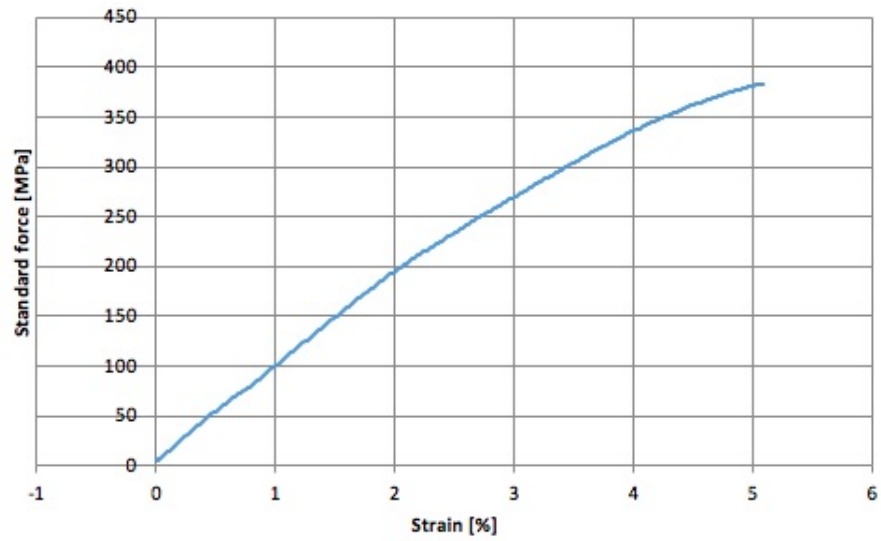


Figur 41: Spenning-tøyningskurve for strekkprøve tatt på tvers av ekstruderingsretningen, etter varmebehandling i 90 sekunder.

Etter varmebehandling i fem minutter ble det utført strekktest. Prøven tatt på tvers av ekstruderingsretningen hadde veldig like resultater som prøvene som ikke var varmebehandlet og prøvene som var varmebehandlet i 90 sekunder, men strekkprøven på langs av ekstruderingsretingen var for sterk for maskinen, og testen ble dermed avbrutt. Det ble ikke utført noe mer testing angående dette.



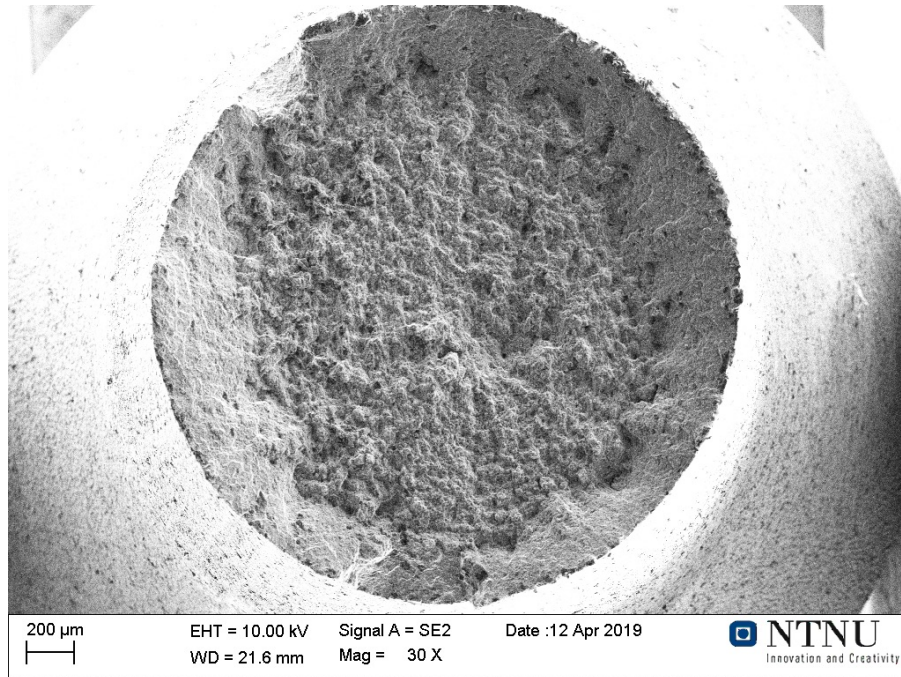
Figur 42: Spenning-tøyningskurve for strekkprøve tatt på langs av ekstruderingsretningen, etter varmebehandling i fem minutter.



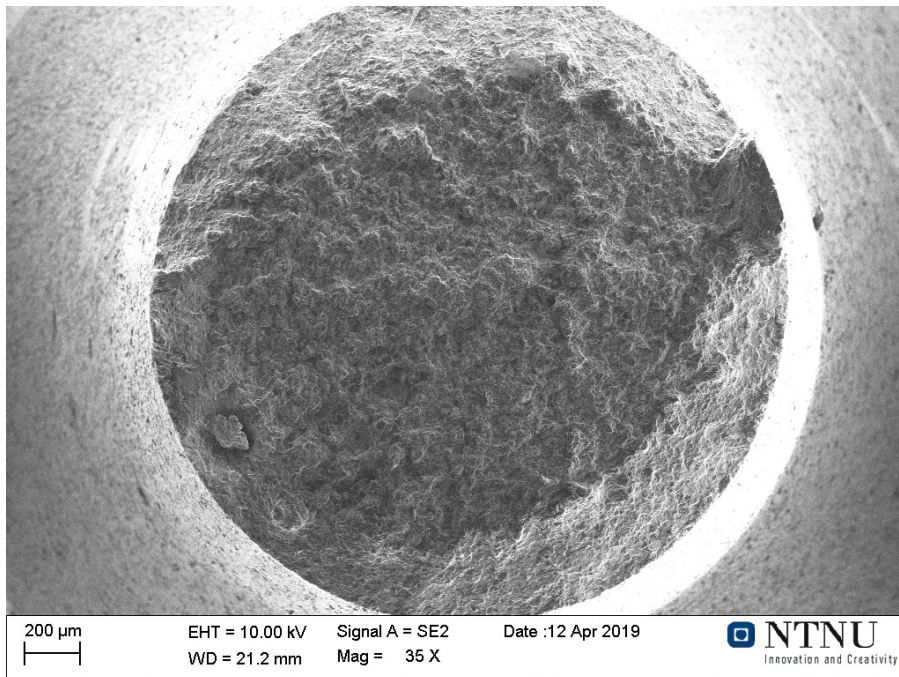
Figur 43: Spenning-tøyningskurve for strekkprøve tatt på tvers av ekstruderingsretningen, etter varmebehandling i fem minutter.

4.6 Bruddflate

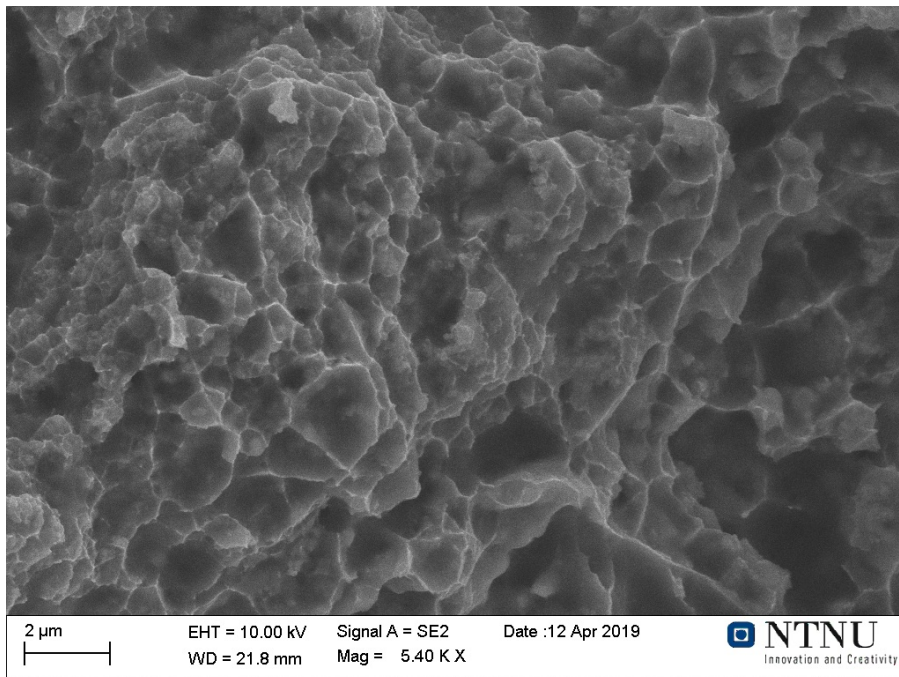
Etter strekktest ble bruddflatene på strekkprøvene sett på i SEM. Figur 44 - 46 viser bruddflater til strekkprøver på langs av ekstruderingsretningen, og som strekktesten viste ble duktile brudd. Figur 47-49 viser bruddflater til strekkstaver tatt på tvers av ekstruderingsretningen, og som strekktesten viste ble sprø brudd.



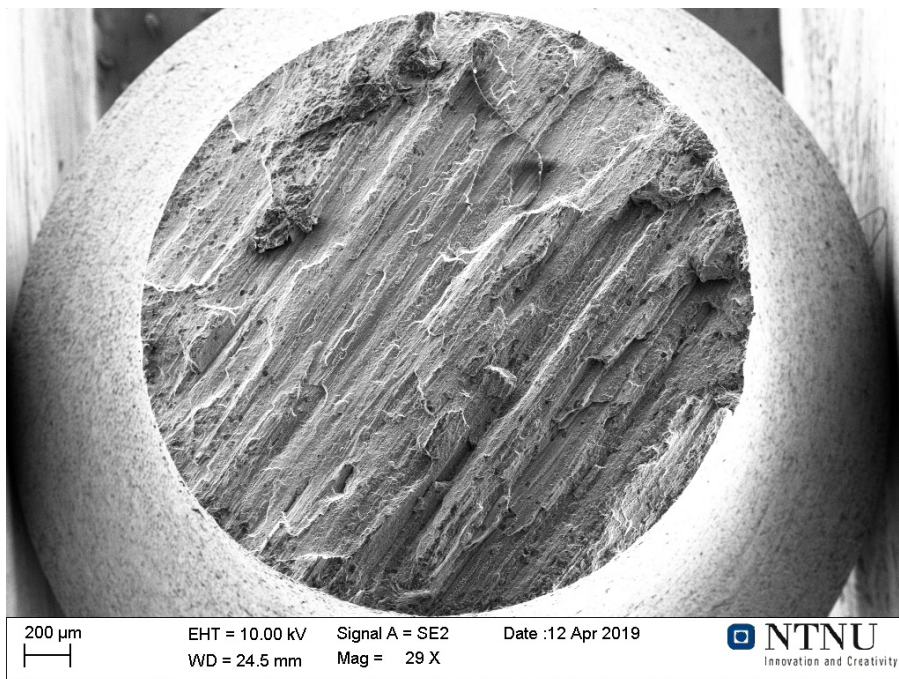
Figur 44: Bruddflate fra strekkprøve tatt på langs av bolt



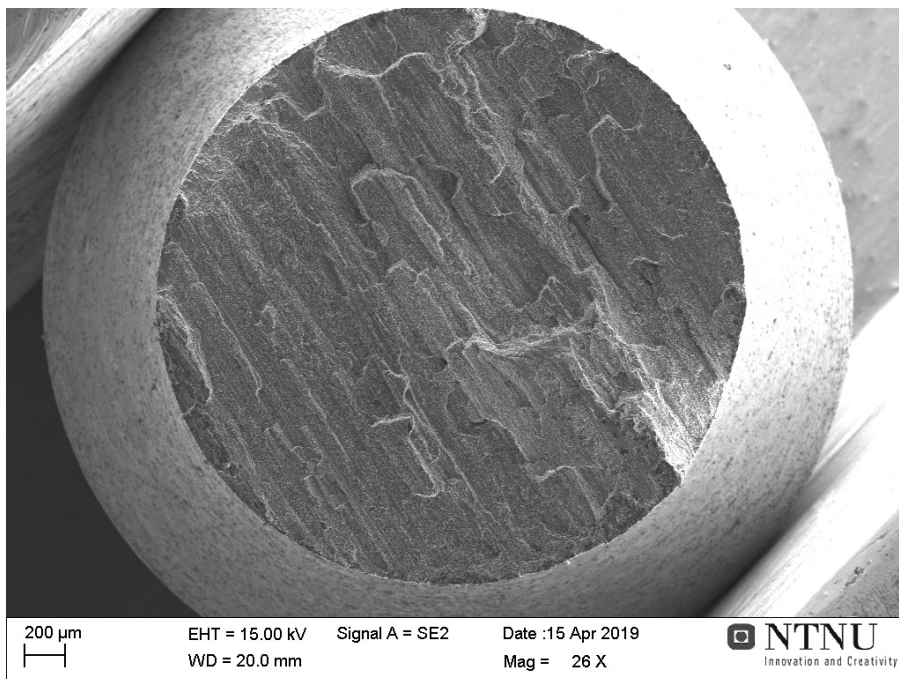
Figur 45: Bruddflate fra strekkprøve tatt på langs av bolt



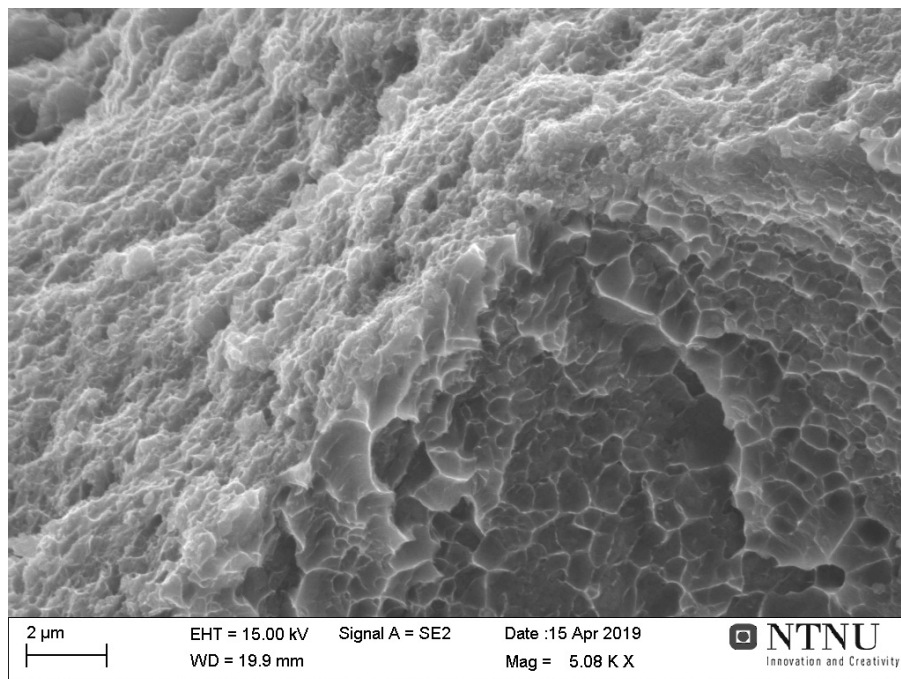
Figur 46: Bruddflate fra strekkprøve tatt på langs av bolt



Figur 47: Bruddflate fra strekkprøve tatt på tvers av bolt



Figur 48: Bruddflate fra strekkprøve tatt på tvers av bolt



Figur 49: Bruddflate fra strekkprøve tatt på tvers av bolt

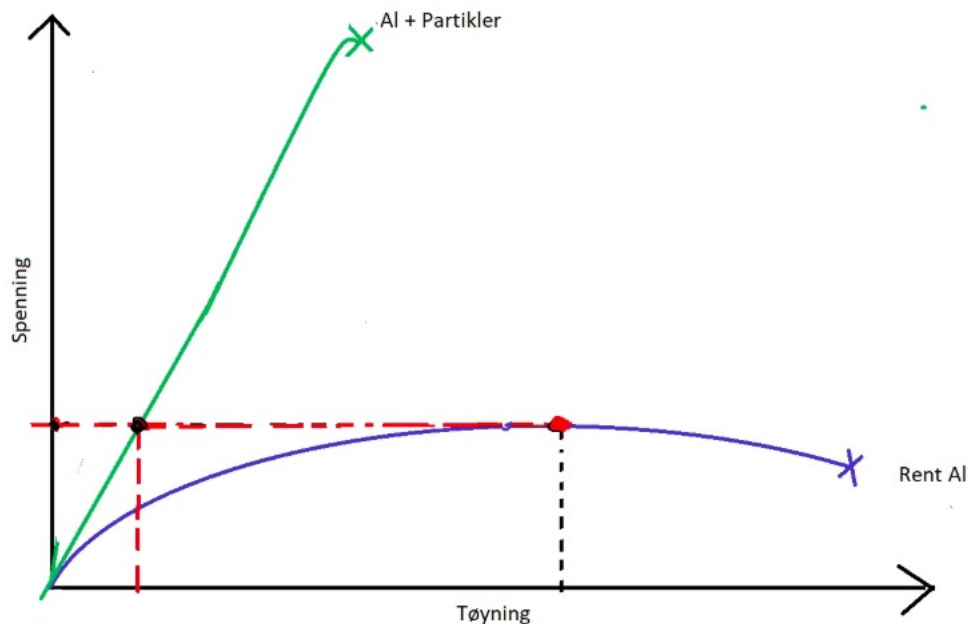
5 Diskusjon

Det kommer tydelig frem fra resultatene at det blir duktile brudd når prøven er tatt på langs (se figur 44, 45 og 46), mens det blir sprø brudd når prøven er tatt på tvers (se figur 47, 48 og 49) av ekstruderingsretningen. For å finne mulige årsaker til dette er det blitt sett på prøver på langs og tvers i lysmikroskop og SEM. I lysmikroskop vises det en tydelig forskjell. Prøvene som er tatt på langs av ekstruderingsretningen har mange tynne avlange mørke områder som ligger i samme retning som ekstruderingsretningen (se figur 6-11). Prøvene tatt på tvers viser også mørke områder, men her er områdene mye mindre og rundere. Noen har prøvene som ble sett på hadde mange mørke områder mens noen hadde veldig få (se figur 12 - 19).

I SEM ble det sett nærmere på prøvene. Her kom de mørke områdene tydeligere frem. I prøvene ble det observert tre forskjellige faser. En helt mørk fase, en grå fase og en fase mørk fase med fult av lyse partikler i. Prøvene tatt på langs hadde, slik som bildene fra lysmikroskopet viser, mye større områder med de helt mørke områdene. Figur 21 som er tatt fra en prøve på langs, viser tydelig alle de tre fasene. Figur 25 er fra en prøve tatt på tvers og viser tydelig den grå fasen til venstre og den mørke med partikler til høyre, men det er også noen helt mørke områder innimellom.

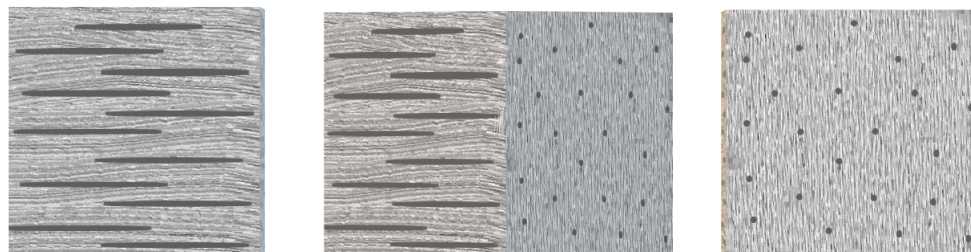
De helt mørke fasene som viser seg å være rent aluminium, blir veldig interessante. I grenseområdet mellom den rene aluminiumsfasen og fasen som ligger ved, vil det forekomme utfordringer når materialet strekkes. Siden aluminium er mye mer duktilt, men også en del svakere i forhold til den fasen som ligger ved vil det ved strekk bli komplikasjoner.

Figur 50 viser forskjell på spenning-tøyningskurvene til rent aluminium og aluminium med partikler. Forskjellen i duktilitet vil gjøre at egenskapene endres når materialet strekkes. Dersom det påføres en viss kraft på materialet, vil fasene ha forskjellig tøyning, som vist med røde linjer i figur 50. Rent aluminium vil tøyes seg mer enn aluminiumet med partikler, og vil gå over til plastisk deformasjon og til flyt, mens partikkelfasen fortsatt vil da fortsatt kun bli elastisk deformert. Siden den rene aluminiumsfasen er omringet av partikkelfasen vil det da oppstå problemer. Det vil være en voldsom lokal tøyning i grenseområdet mellom aluminiumsfasen og partikkelfasen. Grunnet kravet til kompatibilitet vil dette føre til at det vil dannes fult av dislokasjoner i grensesjiktet mellom fasene. Grensesjiktet vil da bli sprøere og sprøere jo mer dislokasjoner som dannes. Dette fører til at sjiktet går til sprøtt brudd når spenningen blir stor nok.



Figur 50: Spenning-tøyingskurve til aluminium med partikler og rent aluminium

Figur 51 viser hvordan de rene fasene med aluminium legger seg i forhold til ekstruderingsretningen, hvor det er store områder på langs, mens det er mindre områder på tvers. Volumfraksjonen av rent aluminium er da mye større på langs enn på tvers av ekstruderingsretningen. Når det da strekkes på tvers vil bruddflaten være på langs med ekstruderingsretningen, og dersom det strekkes på langs vil bruddflaten være på tvers. Det vil dannes sprø faser rundt de rene aluminiumsfasene både i langs- og tversretningen, men siden det er såpass lite rent aluminium i forhold til de andre fasene i tversretningen vil ikke dette være nok til at det vil gå til sprøtt brudd. I langsretningen vil det derimot være nok rent aluminium til at det dannes nok sprø faser i materialet til at det vil gå til sprøtt brudd.

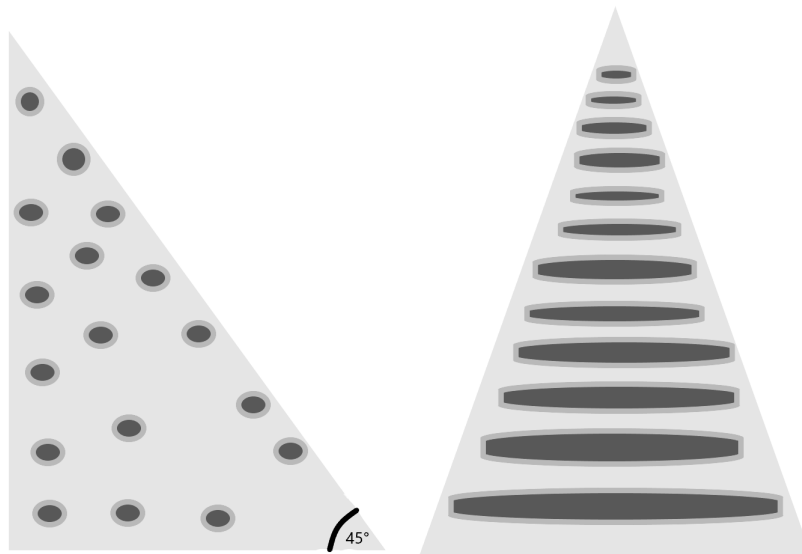


Figur 51: Tegning av hvordan strukturen til materialet ser ut på langs og på tvers

Figur 52 viser hvordan de rene aluminiumsfasene er plassert i strukturen. Om man ser på bruddoverflaten til de sprø bruddene er det ofte at de er på skrå, helt opp mot 45° . Det som kommer fram av bildene tatt i et plan parallelt med bruddflaten (omtrent 45°) er at avstanden mellom de rene aluminiumsfasene er mindre enn i planene som er 90° på tversretningen.

Varmebehandlingen som ble gjort var for å se om det ble noen stor forskjell i strekktestene. Etter varmebehandling i 90 sekunder var det ikke noen betydelig forskjell. Fem minutter med varmebehandling ga ikke noe forskjell i tversretningen, men på langsretning ble prøven for sterk for strekkmaskinen som prøvene ble strekt i. Mange av prøvene tatt på langs, var veldig nær den maksimale grensen for hva strekkmaskinen tålte, så det kan ha vært en prøve som var blant de sterkeste, eller så har varmebehandlingen gjort den sterkere. Kurven kommer til til 200MPa ved 5% tøyning. Sammenlignet med de andre testene som ble gjennomført, ligger de mellom 350-400MPa. Dette er en stor forskjell, og burde nok ha blitt sett nærmere på, men dette ble ikke prioritert og det ble ikke sett noe mer på.

Hardhetstesting ga ikke noe forskjell på langs og på tvers. Alle testene lå på 110-120HV. Siden det ikke var noe tydelig forskjell på langs og på tversretningen, ble ikke dette sett noe mer på videre.



Figur 52: Tegning av hvordan de rene aluminiumsfasene ligger i materialet på tvers og i skråplanet 45°

6 Konklusjon

Konklusjonen for at denne ekstruderte legeringen går til sprøtt brudd når den strekkes på tvers av ekstruderingsretningen, og ikke på langs av ekstruderingsretningen er de rene aluminiumsfasene som forårsaker. Når materialet strekkes vil det være forskjell i duktilitet i aluminiumsfasen og de to andre fasene. Kravet til kompatibilitet vil da føre til at det dannes dislokasjoner i grensesjiktet rundt aluminiumsfasene og dette sjiktet vil da bli veldig sprøtt. Siden det er mye mer aluminium i planet på langs enn på tvers av ekstruderingsretningen vil det da bli sprøtt når en prøve på tvers av ekstruderingsretningen strekkes da bruddflaten vil bli et plan på langs av ekstruderingsretningen. Når en prøve strekkes på langs vil det være så små områder med rent aluminium, og dermed små områder som blir sprø. Dette fører til at det ikke vil bli sprøtt, men holde seg duktilt.

7 Referanser

[1] M. Sherif El-Eskandarany (2015) *Mechanical Alloying (Second Edition) Nanotechnology, Materials Science and Powder Metallurgy* s.1-12 Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-7752-5.00001-2> (Hentet: 16. April 2019)

[2] M. Sherif El-Eskandarany (2015) *Mechanical Alloying (Second Edition) Nanotechnology, Materials Science and Powder Metallurgy* s.1-12 Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-7752-5.00001-2> (Hentet: 16. April 2019)

[3] Usama S. Mohammad , and Mustafa Kama (2012) *Review : A Review: Chill-Block Melt Spin Technique, Theories Applications* Tilgjengelig fra: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/ntnu/detail.action?docID=886768> (Hentet: 20. April 2019)

[4] Usama S. Mohammad , and Mustafa Kama (2012) *Review : A Review: Chill-Block Melt Spin Technique, Theories Applications* Tilgjengelig fra: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/ntnu/detail.action?docID=886768> (Hentet: 20. April 2019)

[5] RSP-Technologies (2019). *Bilde av meltspinning prosessen.* Tilgjengelig fra: <http://www.rsp-technology.com/technology/meltspinning-process.html> (Hentet: 1. mai 2019.)

[6] Mechanical Engineering Community (2019). *Direkte ekstrudering .* Tilgjengelig fra: <https://mechanical-engg.com/notes/manufacturing-technology/extrusion-process-working-types-application-advantages-and-disadvantages-r19> (Hentet: 5. mai 2019.)

[7] Mechanical Engineering Community (2019). *Indirekte ekstrudering.* Tilgjengelig fra: <https://mechanical-engg.com/notes/manufacturing-technology/extrusion-process-working-types-application-advantages-and-disadvantages-r19/> (Hentet: 5. mai 2019.)

[8] Jaydeep Sarkar (2013) *Sputtering Materials for VLSI and Thin Film Devices* Kap. 4 Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/B978-0-8155-1593-7.00004-7> (Hentet: 01. Mai 2019)

[9] M. Elices J. Llorca (2007) *MODELS OF FIBRE FRACTURE* Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/B978-008044104-7/50003-4> (Hentet: 01.Mai 2019)

[10] Otto Lohne (2019) *Sprøbrudd* Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/sprøbrudd> (Hentet: 06. Mai 2019)

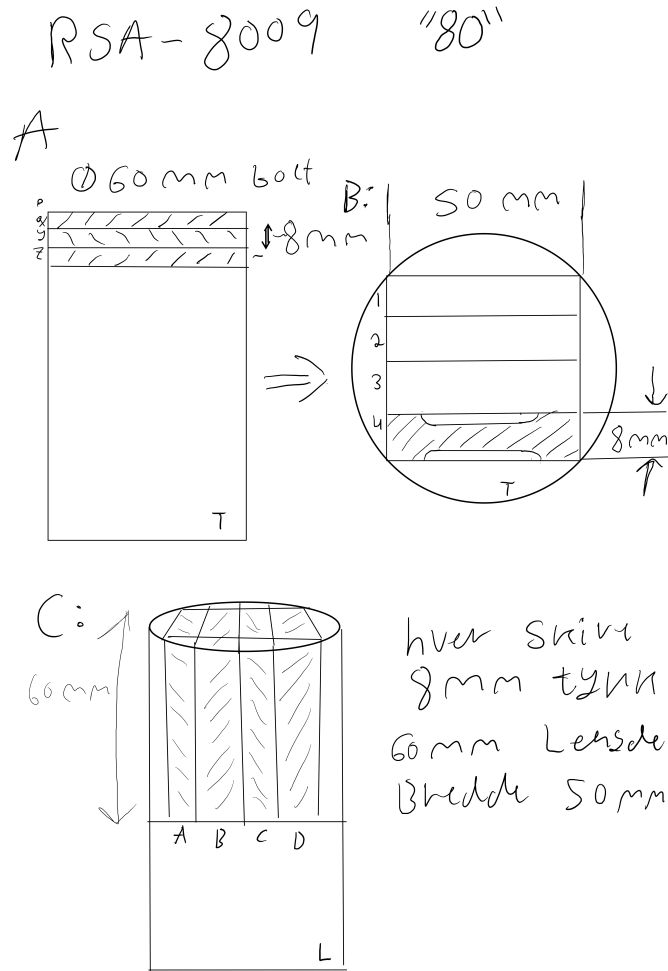
[11] RSP-Technologies (2018). *Oversikt over aluminiums legeringer fra RSP-Technologies* . Tilgjengelig fra:
http://www.rsp-technology.com/site-media/user-uploads/rsp_alloys_oversikt_2018lr.pdf. (Hentet : 10. Mars 2019)

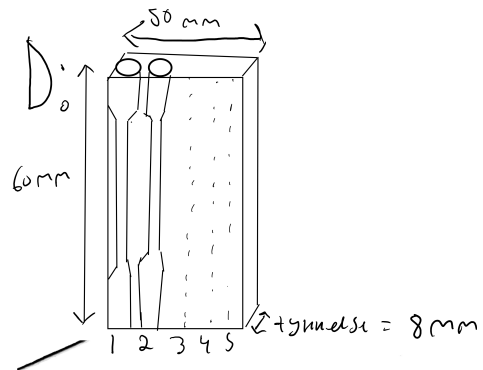
[12] Knut A Rosvold (2019) *Materialprøving* Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/materialprøving> (Hentet: 07. Mai 2019)


[13] Knut A Rosvold (2019) *Materialprøving* Tilgjengelig fra:
<https://snl.no/materialprøving> (Hentet: 07. Mai 2019)

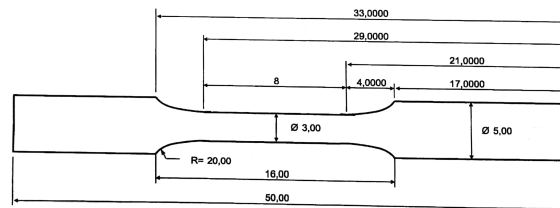
8 Vedlegg

Vedlegg 1: Plantegninger for kutting av prøver til strekktest





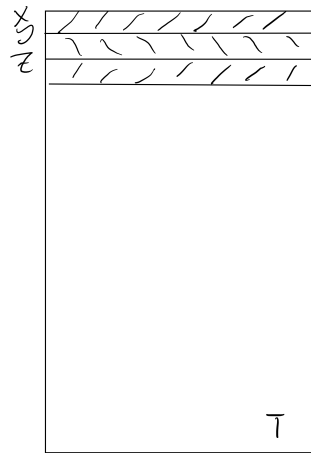
største diameter	5 mm	Prosjektnr:	
finste diameter	3 mm		
radius	20 mm		
engde prøveområde	8 mm	DiamX6 = 18	
totalengde strekkstav	50 mm		
engde	 4,0000 mm		



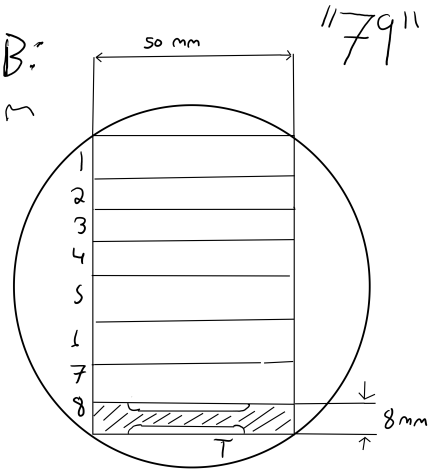
Kode for marking av Prøver:
 A og B: Bolt-Tvers-Skive - Hvor i skiven
 Eks: 80-T-X-4

C og D: Bolt-Langs - Skive-Hvor i skiven
 Eks: 80-L-A-2

A: $\varnothing 84\text{ mm}$ BOLT

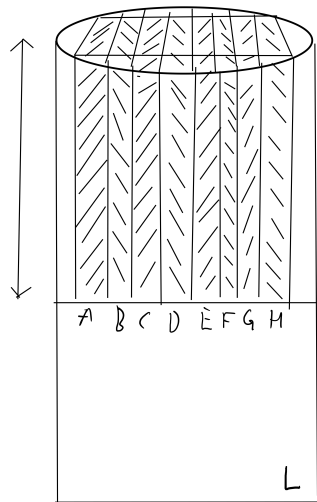


B:

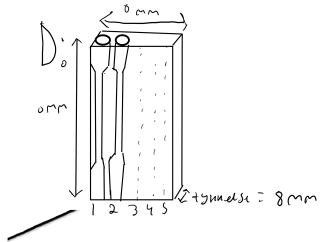



C:

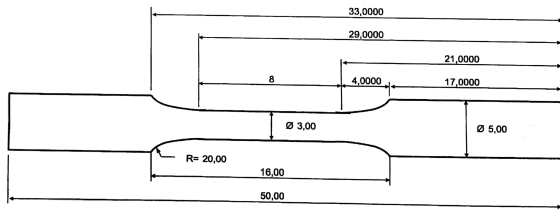
60mm



hver skive
8mm tykk
60mm Længde
Bredde 50mm

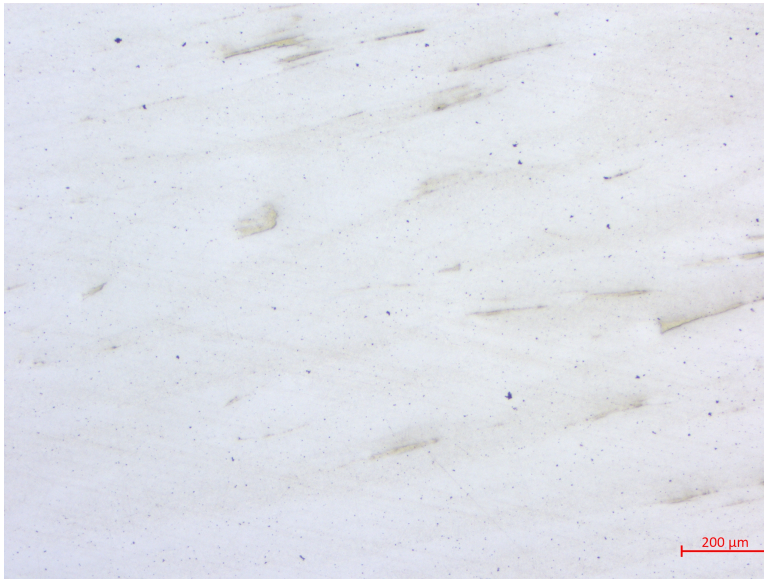
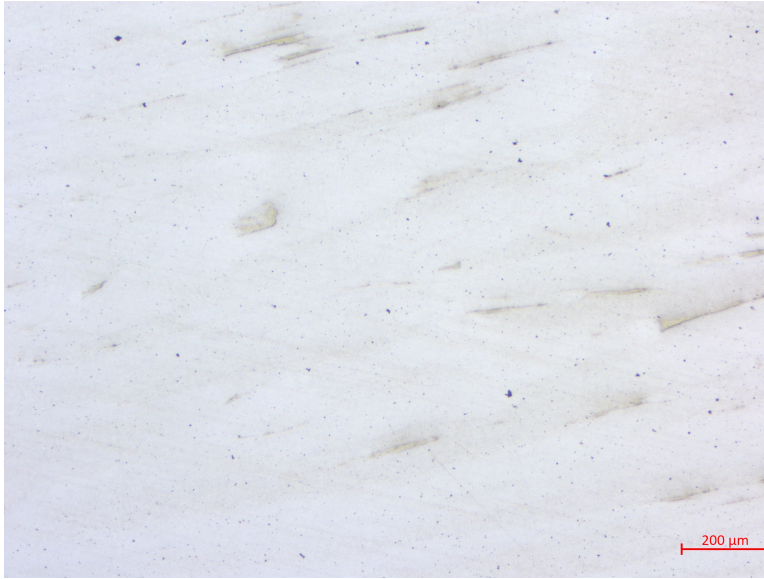


- Største diameter mm Prosjektnr:
- Minste diameter mm
- Radius mm
- Øngde prøveområde mm DiamX6 = 18
- Øtallengde strekkstav mm
- Øngde  mm

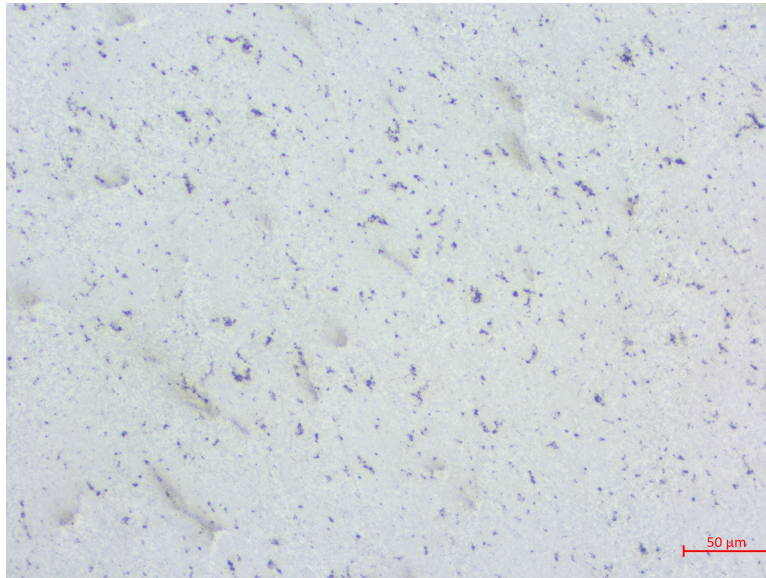


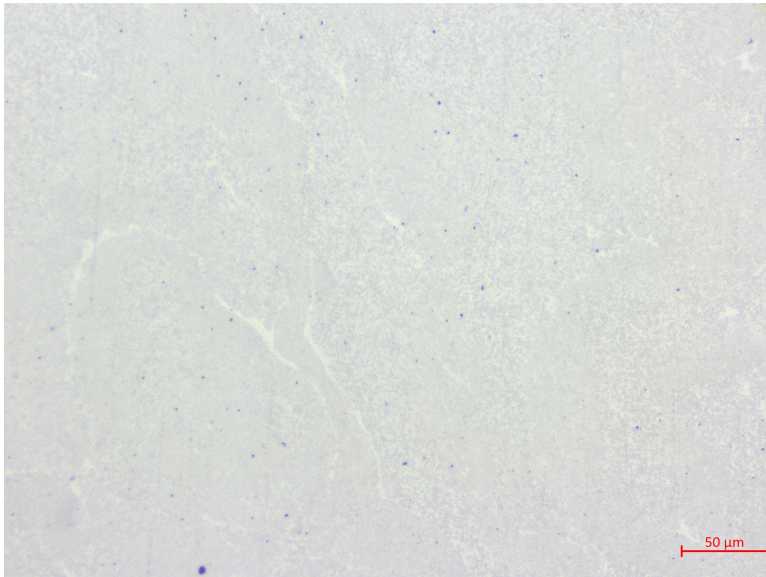
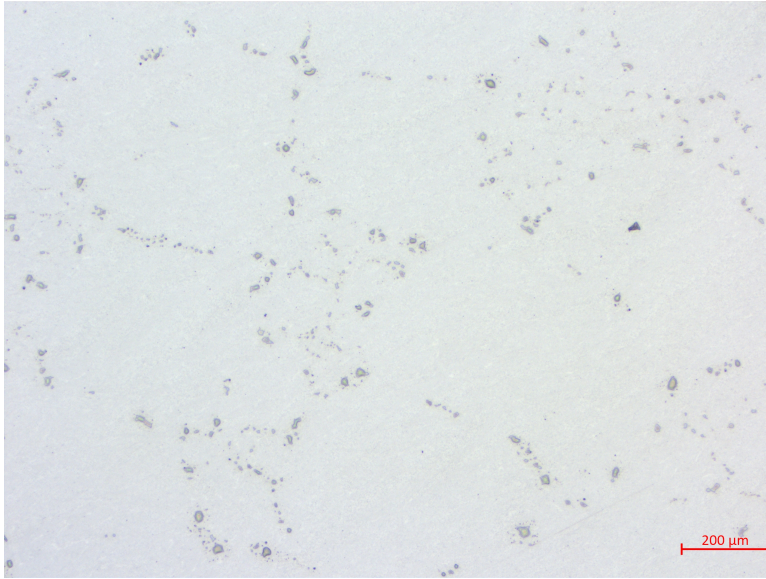
Vedlegg 2: Lysmikroskopbilder av prøver på langs



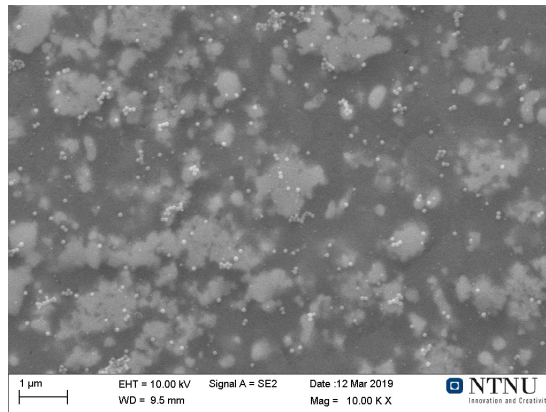
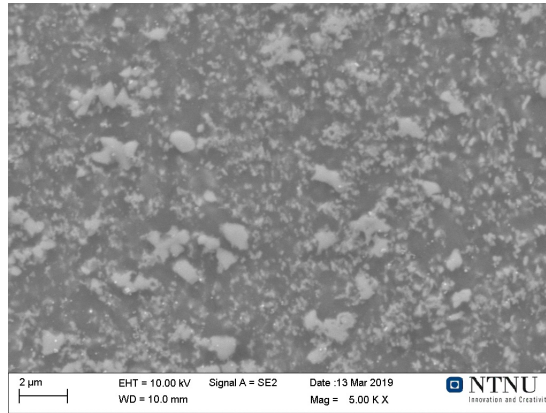


Vedlegg 3: Lysmikroskopbilder av prøver på tvers

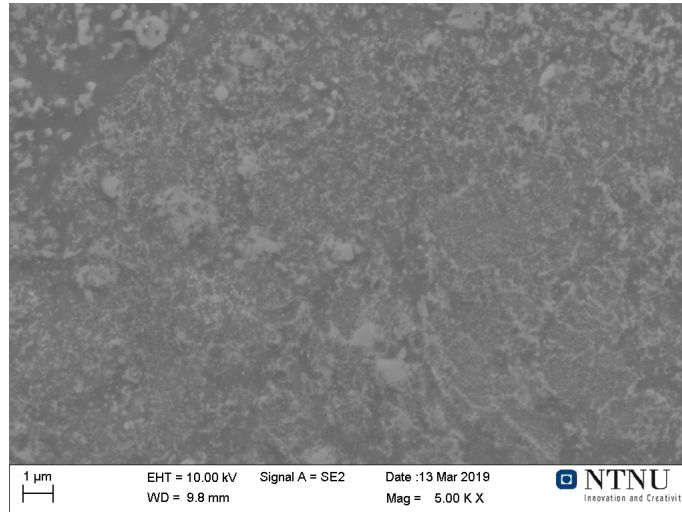


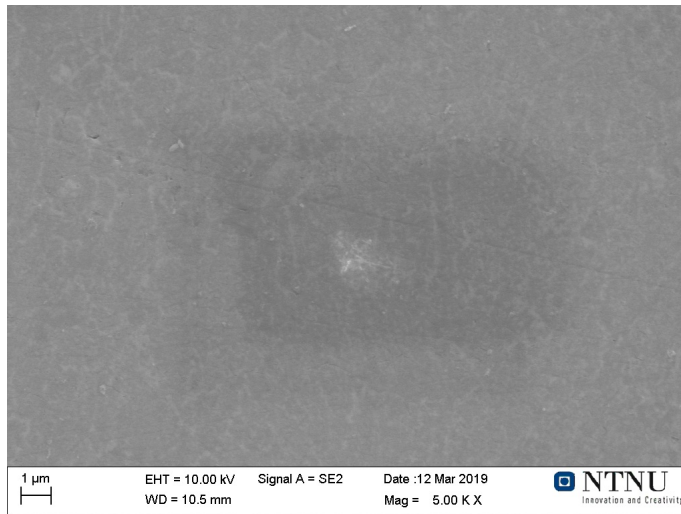
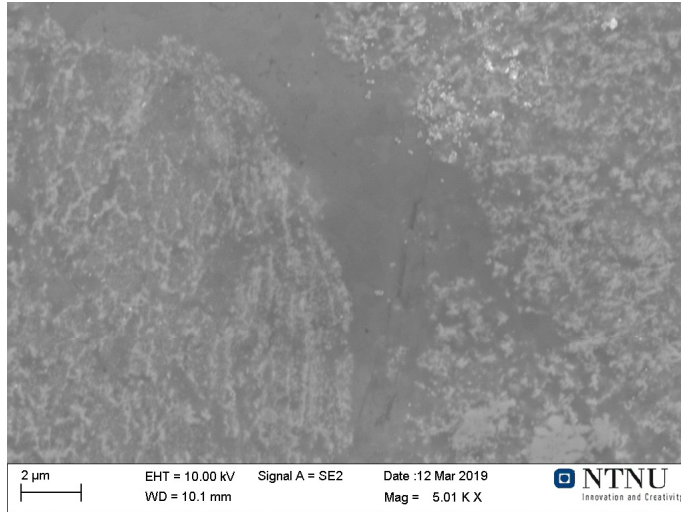


Vedlegg 4: Bilder tatt av prøver på langs med SEM

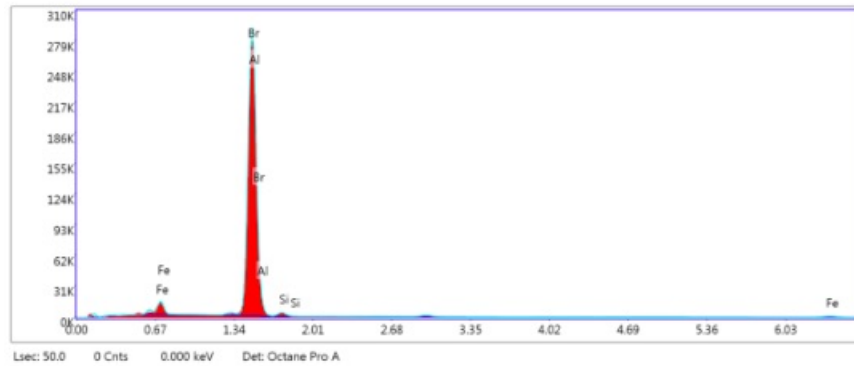
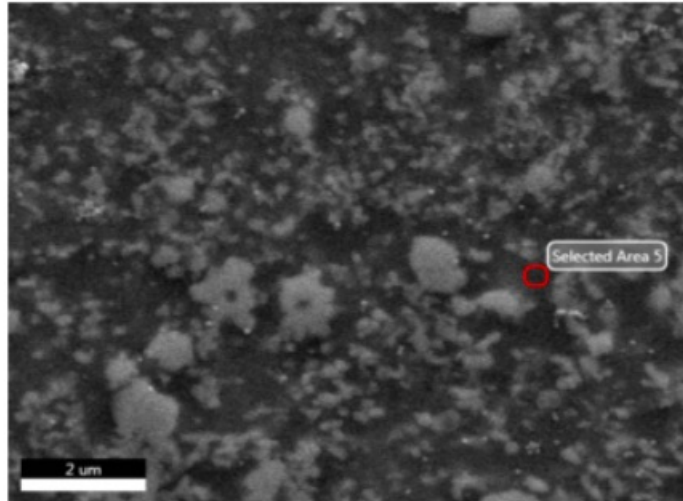


Vedlegg 5: Bilder tatt av prøver på tvers med SEM



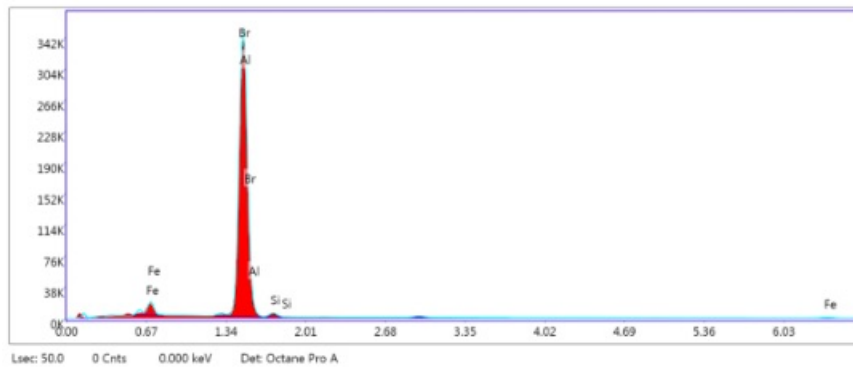
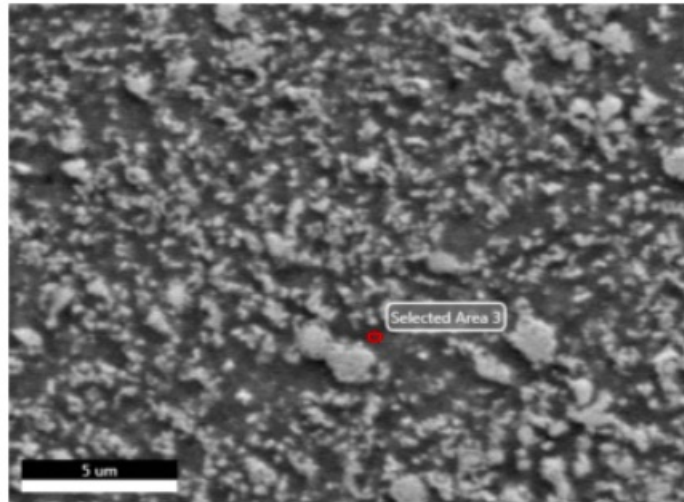


Vedlegg 6: Analyse med EDAX



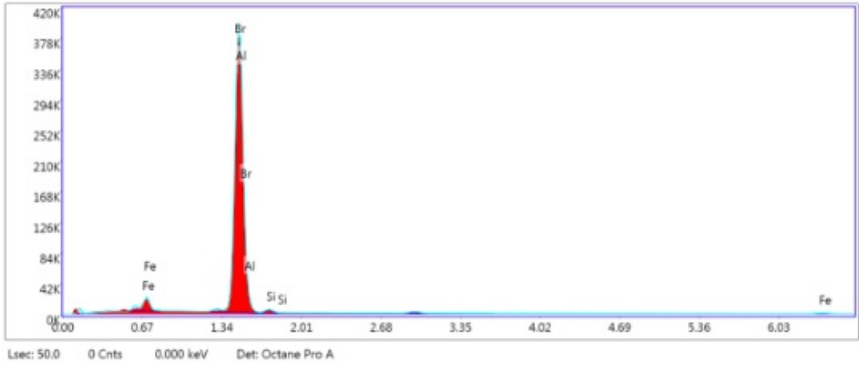
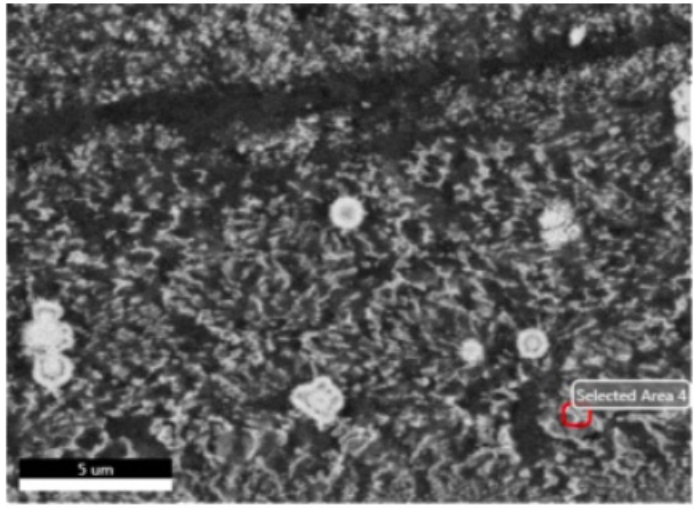
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
FeL	5.98	3.71	1044.80	3.31	0.0493	0.9242	0.8928	1.0000
BrL	28.67	12.43	8503.80	2.85	0.2530	0.8284	1.0649	1.0003
AlK	63.57	81.66	34376.03	2.91	0.6369	1.0863	0.9216	1.0007
SiK	1.78	2.20	567.94	8.43	0.0115	1.1077	0.5809	1.0003



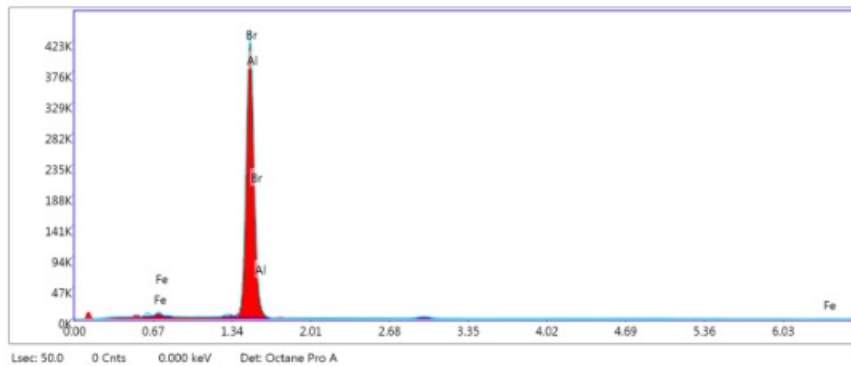
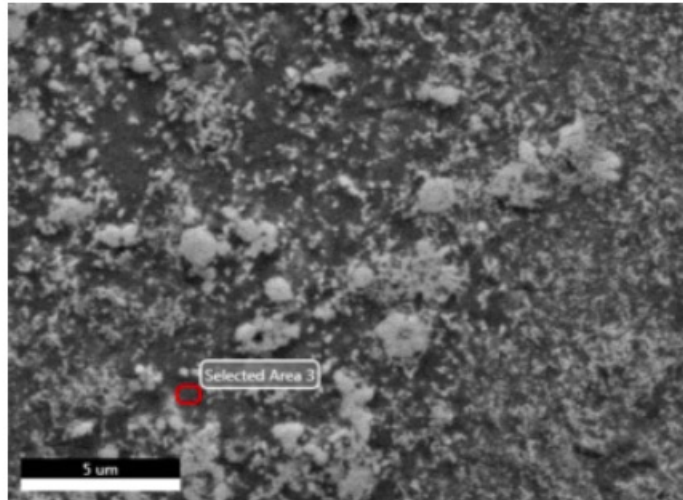
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
FeL	5.75	3.60	1253.92	3.20	0.0479	0.9262	0.8982	1.0000
BrL	29.69	12.97	10674.32	2.79	0.2616	0.8303	1.0607	1.0003
AlK	62.65	81.05	41025.56	2.85	0.6324	1.0888	0.9266	1.0007
SiK	1.92	2.38	759.31	7.95	0.0128	1.1103	0.5996	1.0003



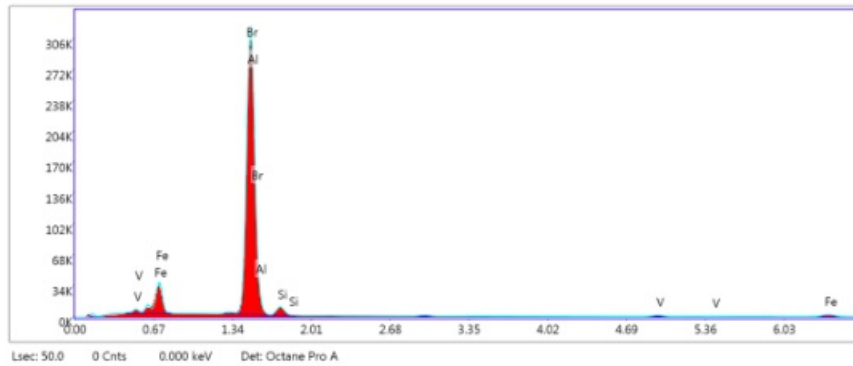
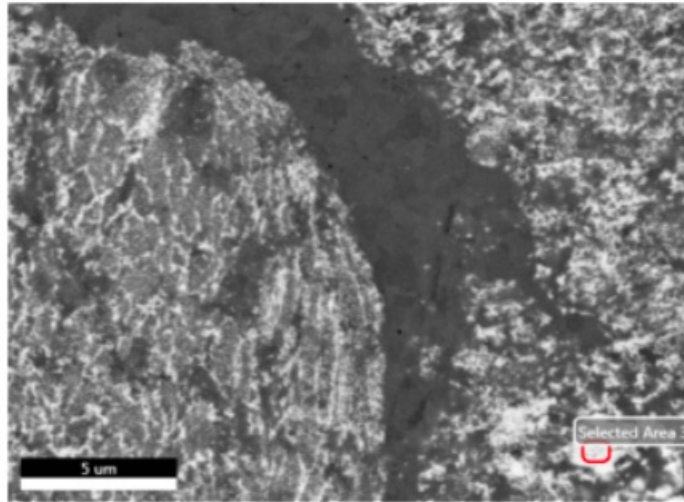
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
FeL	5.72	3.61	1437.11	3.17	0.0478	0.9291	0.8997	1.0000
BrL	30.89	13.63	12591.35	2.74	0.2720	0.8330	1.0569	1.0003
AlK	61.80	80.76	45856.40	2.83	0.6271	1.0922	0.9284	1.0007
SiK	1.60	2.00	726.47	8.16	0.0108	1.1139	0.6097	1.0003



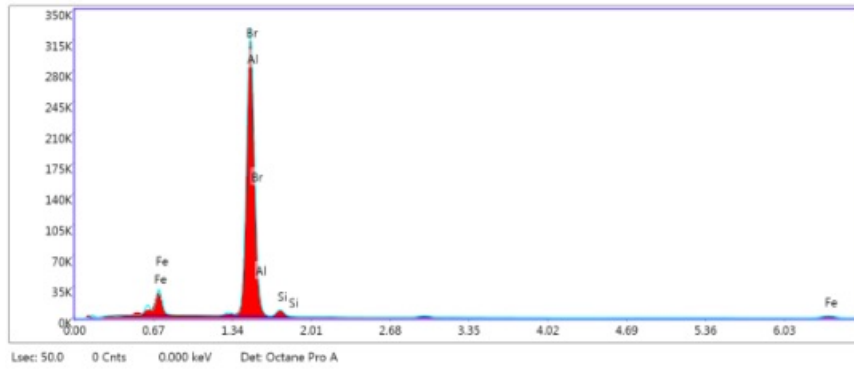
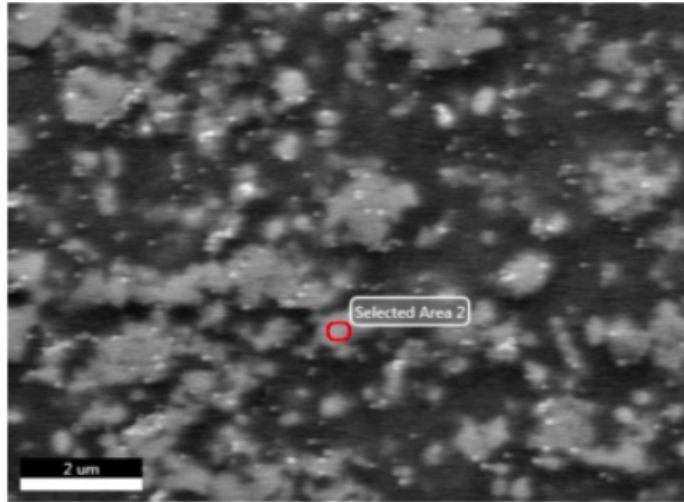
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
FeL	2.09	1.41	552.64	3.59	0.0173	0.9493	0.8705	1.0000
BrL	41.47	19.59	18382.16	2.77	0.3755	0.8518	1.0628	1.0001
AlK	56.44	78.99	45496.60	2.76	0.5902	1.1170	0.9356	1.0008



eZAF Smart Quant Results

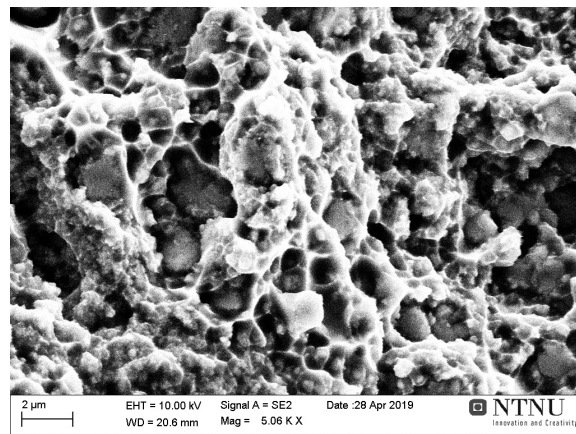
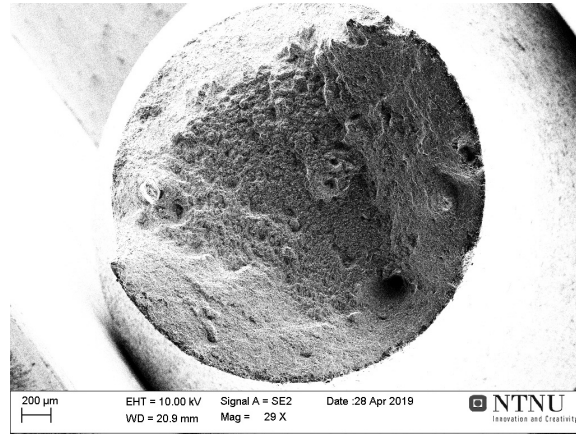
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
FeL	12.10	7.86	2743.93	3.58	0.0961	0.9335	0.8511	1.0000
BrL	26.28	11.93	9813.27	2.33	0.2231	0.8371	1.0137	1.0003
AlK	54.33	73.07	36874.29	3.24	0.5304	1.0977	0.8887	1.0008
SiK	3.34	4.31	1495.26	6.75	0.0235	1.1194	0.6281	1.0006
V K	3.96	2.82	391.17	6.38	0.0372	0.9159	0.9836	1.0408

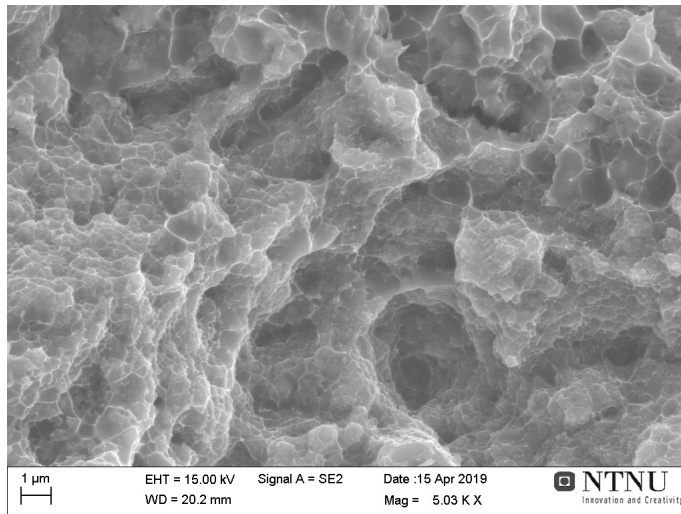
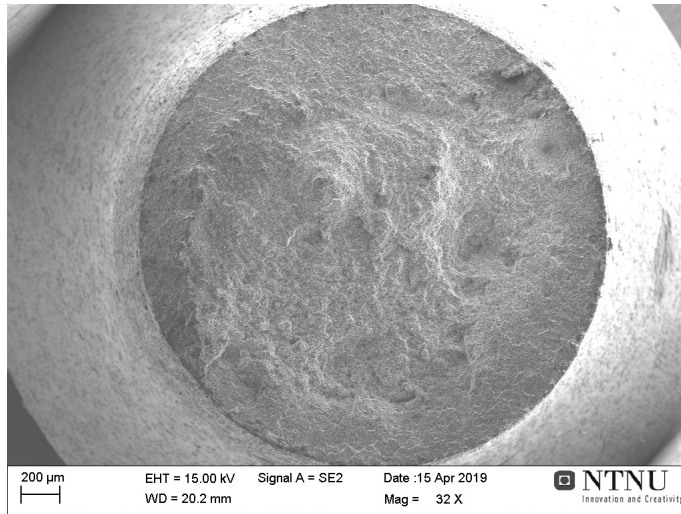


eZAF Smart Quant Results

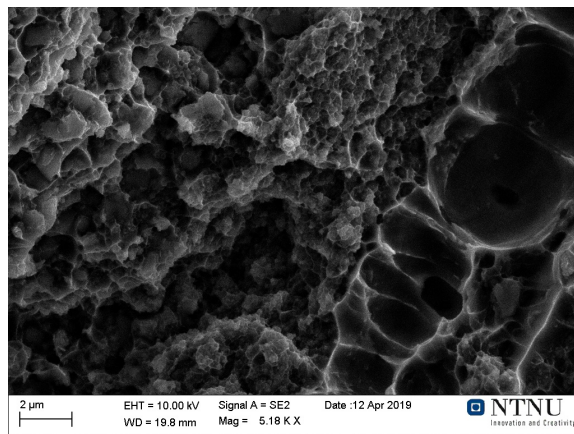
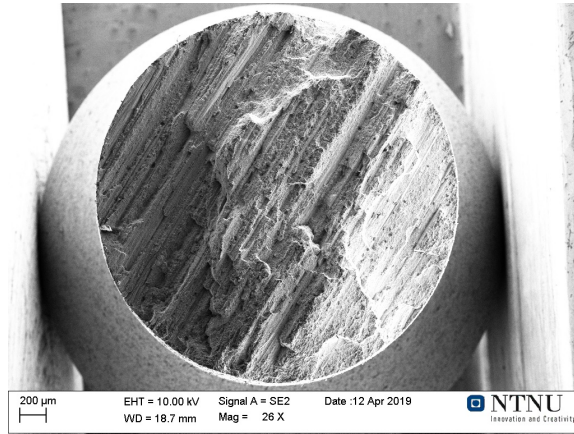
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
FeL	10.24	6.51	2289.97	3.10	0.0855	0.9289	0.8994	1.0000
BrL	28.09	12.48	10079.51	2.56	0.2425	0.8328	1.0363	1.0003
AlK	58.72	77.27	38345.00	3.06	0.5814	1.0921	0.9059	1.0008
SiK	2.96	3.74	1215.15	7.19	0.0201	1.1137	0.6105	1.0004

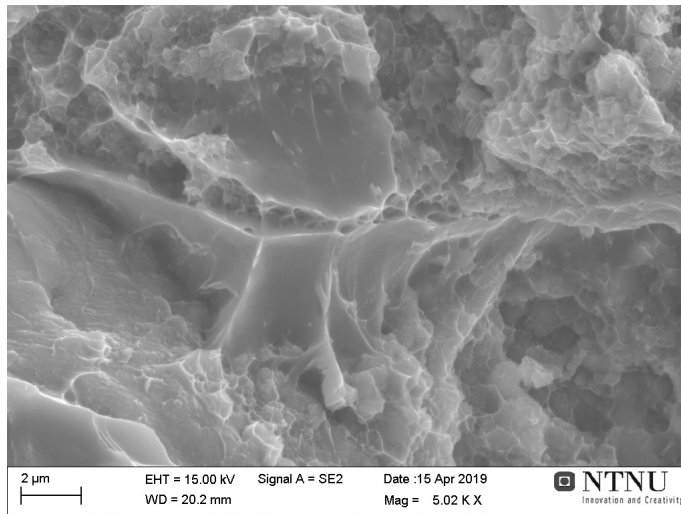
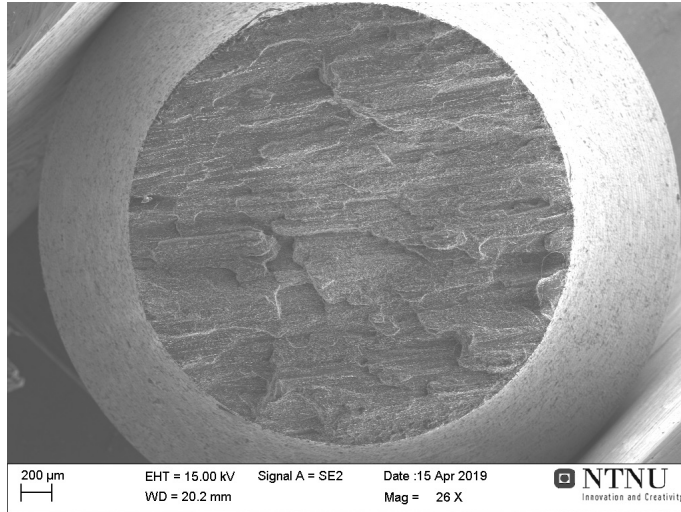
Vedlegg 7: Bruddoverflate til strekkprøver tatt på langs

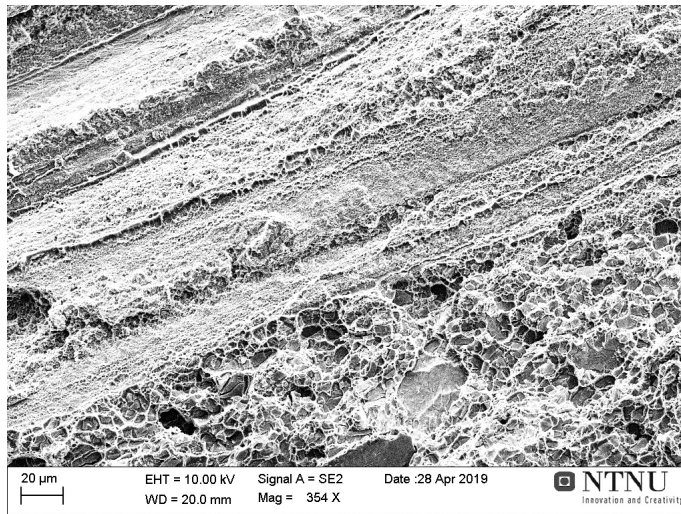
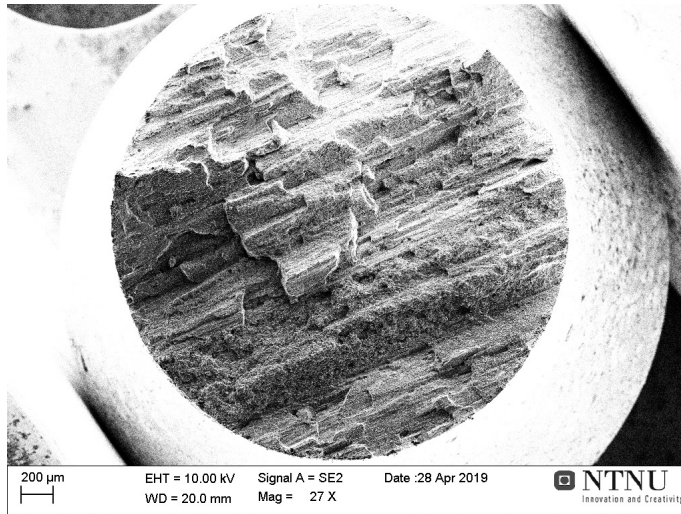




Vedlegg 8: Bruddoverflate til strekkprøver tatt på tvers







Vedlegg 9:Risikorapport



ID	31120	Status	Dato
Risikoområde	Risikovurdering: Helse, miljø og sikkerhet (HMS)	Opprettet	22.01.2019
Opprettet av	Markus Bjørnvold Heggheim	Vurdering startet	22.01.2019
Ansvarlig	Markus Bjørnvold Heggheim	Tiltak besluttet	
		Avsluttet	20.05.2019

Risikovurdering:**Retningsavhengige egenskaper i hurtig-størknet høgfast Al-legering fra RSP Technology, Bachelor, Markus Bjørnvold Heggheim og Olav Andreas Strandjord****Gyldig i perioden:**

1/22/2019 - 5/20/2019

Sted:

Institutt for Materialteknologi, Trondheim

Mål / hensikt

Kartlegge årsaken til at ekstruderte profiler av den hurtigstørknede legeringen RSA-8009 har ulike bruddforlengelse men lik fasthet på langs- og på tvers. Deretter finne årsak til at legeringen har svært dårlig bruddforlengelse ved 300□ i tverr-retningen.

Bakgrunn

Vi skal skrive en bachelor for RPS Technology, hvor vi skal teste egenskaper i en Al-legering. Da må vi på lab for å teste, og for å kunne dra på lab må vi gjennomføre en risikovurdering.

Beskrivelse og avgrensninger

Først undersøkes mikrostruktur og hardhetsprofiler i ulike snitt av to typer runde profiler (Ø60mm og Ø84mm) i som-levert tilstand. Deretter tas det ut strekkprøver og Charpy-V prøvestaver på langs og på tvers (i fire retninger liggende i tverrplanet dvs. 0°, 30°, 60°, og 90° på hverandre). Strekkforsøk kjøres med detaljerte opptak av tøyingsfordelingen ved hjelp av DIC-metoden (Digital Image Correlation), mens man strekker prøven. En serie strekkforsøk og Charpy-V skårslagprøving utføres ved 300□. Bruddflater og polerte strekkprøve-overflater undersøkes i SEM og i lysmikroskop. Dersom tiden strekker til, utføres det varmebehandling av noen prøvestaver (560□/5 timer, deretter bråkjøling) for deretter å sjekke mikrostruktur og hardhet

Forutsetninger, antakelser og forenklinger

[Ingen registreringer]

Vedlegg

16 - NTNU-RSP - Retningsavhengige egenskaper i hurtigstørknet høgfast Al-legering fra RSP Technology.pdf

Referanser

[Ingen registreringer]

**Oppsummering, resultat og endelig vurdering**

I oppsummeringen presenteres en oversikt over farer og uønskede hendelser, samt resultat for det enkelte konsekvensområdet.

Farekilde:	Kutting
Uønsket hendelse:	Kutting av finger
Konsekvensområde: Helse	Risiko før tiltak: ● Risiko etter tiltak: ●
Uønsket hendelse:	Fragmentering av sagblad
Konsekvensområde: Helse Materielle verdier	Risiko før tiltak: ● Risiko etter tiltak: ● Risiko før tiltak: ● Risiko etter tiltak: ●
Farekilde:	Sliping
Uønsket hendelse:	Sliping av fingre eller andre legemer
Konsekvensområde: Helse	Risiko før tiltak: ● Risiko etter tiltak: ●
Farekilde:	Polering
Uønsket hendelse:	Sette hår/løse klær i roterende maskin
Konsekvensområde: Helse	Risiko før tiltak: ● Risiko etter tiltak: ●
Farekilde:	Etsing
Uønsket hendelse:	Søl av syre
Konsekvensområde: Helse	Risiko før tiltak: ● Risiko etter tiltak: ●
Uønsket hendelse:	Sprut i øyne/hud
Konsekvensområde: Helse	Risiko før tiltak: ● Risiko etter tiltak: ●

**Farekilde: Elektropolering****Uønsket hendelse: Sprut av kjemikalier i øyne/hud****Konsekvensområde:** Helse

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Uønsket hendelse: Brannfare**Konsekvensområde:** Helse

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Ytre miljø

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Materielle verdier

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Omdømme

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Farekilde: Strekktesting**Uønsket hendelse: Klemfare****Konsekvensområde:** Helse

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Omdømme

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Farekilde: SEM mikroskop**Uønsket hendelse: Ødeleggelse av utstyr****Konsekvensområde:** Materielle verdier

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Farekilde: Lysmikroskopi**Uønsket hendelse: Ødeleggelse av utstyr****Konsekvensområde:** Materielle verdier

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Farekilde: Avfallshåndtering**Uønsket hendelse: Kjemikalekondemnering****Konsekvensområde:** Helse

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Ytre miljø

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Materielle verdier

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Omdømme

Risiko før tiltak: Risiko etter tiltak:

Endelig vurdering

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Utskriftsdato: Utskrift foretatt av:

Side:

Unntatt offentlighet jf. Offentlighetsloven § 14

20.05.2019

Olav Andreas Strandjord

3/20



Denne risikoanalysen er gjort i samarbeid med veileder. Veileder har godkjent denne.



Involverte enheter og personer

En risikovurdering kan gjelde for en, eller flere enheter i organisasjonen. Denne oversikten presenterer involverte enheter og personell for gjeldende risikovurdering.

Enhet /-er risikovurderingen omfatter

- Institutt for materialteknologi

Deltakere

Olav Andreas Strandjord
Hans Jørgen Roven
Eva Rise

Lesere

[Ingen registreringer]

Andre involverte/interessenter

[Ingen registreringer]

Følgende akseptkriterier er besluttet for risikoområdet Risikovurdering: Helse, miljø og sikkerhet (HMS):



**Oversikt over eksisterende, relevante tiltak som er hensyntatt i risikovurderingen**

I tabellen under presenteres eksisterende tiltak som er hensyntatt ved vurdering av sannsynlighet og konsekvens for aktuelle uønskede hendelser.

Farekilde	Uønsket hendelse	Tiltak hensyntatt ved vurdering
Kutting	Kutting av finger	Labfrakk
	Kutting av finger	Vernebriller
	Kutting av finger	Hansker
	Fragmentering av sagblad	Labfrakk
	Fragmentering av sagblad	Vernebriller
	Fragmentering av sagblad	Hansker
Sliping	Sliping av fingre eller andre legemer	Labfrakk
	Sliping av fingre eller andre legemer	Vernebriller
	Sliping av fingre eller andre legemer	Hansker
Polering	Sette hår/løse klær i roterende maskin	Labfrakk
	Sette hår/løse klær i roterende maskin	Vernebriller
	Sette hår/løse klær i roterende maskin	Hansker
Etsing	Søl av syre	Labfrakk
	Søl av syre	Vernebriller
	Søl av syre	Hansker
	Sprut i øyne/hud	Labfrakk
	Sprut i øyne/hud	Vernebriller
	Sprut i øyne/hud	Hansker
Elektropolering	Sprut av kjemikalier i øyne/hud	Labfrakk
	Sprut av kjemikalier i øyne/hud	Vernebriller
	Sprut av kjemikalier i øyne/hud	Hansker
	Brannfare	Labfrakk
	Brannfare	Vernebriller
Strektesting	Klemfare	Labfrakk
	Klemfare	Vernebriller
	Klemfare	Hansker
SEM mikroskop	Ødeleggelse av utstyr	
Lysmikroskopi	Ødeleggelse av utstyr	
Avfallshåndtering	Kjemikalkondemnering	

Eksisterende og relevante tiltak med beskrivelse:



Labfrakk

Bruker labfrakk hele tiden på lab.

Vernebriller

Bruker vernebriller når det er nødvendig på lab.

Hansker

Benytter hansker når det er nødvendig på lab



Risikoanalyse med vurdering av sannsynlighet og konsekvens

I denne delen av rapporten presenteres detaljer dokumentasjon av de farer, uønskede hendelser og årsaker som er vurdert. Innledningsvis oppsummeres farer med tilhørende uønskede hendelser som er tatt med i vurderingen.

Følgende farer og uønskede hendelser er vurdert i denne risikovurderingen:

- **Kutting**
 - Kutting av finger
 - Fragmentering av sagblad
- **Sliping**
 - Sliping av fingre eller andre legemer
- **Polering**
 - Sette hår/løse klær i roterende maskin
- **Etsing**
 - Søl av syre
 - Sprut i øyne/hud
- **Elektropolering**
 - Sprut av kjemikalier i øyne/hud
 - Brannfare
- **Strekktesting**
 - Klemfare
- **SEM mikroskop**
 - Ødeleggelse av utstyr
- **Lysmikroskopi**
 - Ødeleggelse av utstyr
- **Avfallshåndtering**
 - Kjemikalekondemnering



Detaljert oversikt over farekilder og uønskede hendelser:

Farekilde: Kutting

Kutting av Al-legering RSA-8009.

Uønsket hendelse: Kutting av fingerSannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Lite sannsynlig (2)**

Kommentar:

Hendelsen krever stor grad av uoppmerksomhet/beruselse

Konsekvensområde: HelseVurdert konsekvens: **Middels (2)**

Kommentar: Mest alvorlig tilfelle kan man miste en finger

Risiko:**Uønsket hendelse: Fragmentering av sagblad**Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Lite sannsynlig (2)**

Kommentar:

Skjer sjelden.

Konsekvensområde: HelseVurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: Fragment på øye/blind

Risiko:**Konsekvensområde: Materielle verdier**Vurdert konsekvens: **Liten (1)**

Kommentar: Betyr lite

Risiko:



Farekilde: Sliping

Sliping av Al-legering RSA-8009.

Ønsket hendelse: Sliping av fingre eller andre legemer

Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder):

Sannsynlig (3)

Kommentar:

Skjer relativt ofte

Konsekvensområde: Helse

Vurdert konsekvens: **Liten (1)**

Kommentar: Gir skrubsår

Risiko:





Farekilde: Polering

Polering av Al-legering RSA-8009.

Ønsket hendelse: Sette hår/løse klær i roterende maskin

Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Svært lite sannsynlig (1)**

Kommentar:

Som bekjent aldri skjedd.

Konsekvensområde: Helse

Vurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: Dratt inn i roterende utstyr, ødeleggelse av kroppsdeler

Risiko:





Farekilde: Etsing

Etsing av Al-legering RSA-8009.

Uønsket hendelse: Søl av syre

Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Sannsynlig (3)**

Kommentar:

[Ingen registreringer]

Konsekvensområde: Helse

Vurdert konsekvens: **Middels (2)**

Kommentar: Middels hvis tiltak iverksettes umiddelbart, skyll av øyne/hud

Risiko:



Uønsket hendelse: Sprut i øyne/hud

Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Sannsynlig (3)**

Kommentar:

[Ingen registreringer]

Konsekvensområde: Helse

Vurdert konsekvens: **Middels (2)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:



**Farekilde: Elektropolering**

Elektropolering av Al-legering RSA-8009.

Uønsket hendelse: Sprut av kjemikalier i øyne/hudSannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Sannsynlig (3)**

Kommentar:

[Ingen registreringer]

Konsekvensområde: HelseVurdert konsekvens: **Middels (2)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:

**Uønsket hendelse: Brannfare**Elektrolytt kan begynne å brenne, ved helt fersk elektrolytt/blanding av elektrolytt.
Kan antenne avtrykk-skap.Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Sannsynlig (3)**

Kommentar:

Har skjedd nesten årlig.

Konsekvensområde: HelseVurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: Brann

Risiko:

**Konsekvensområde: Ytre miljø**Vurdert konsekvens: **Liten (1)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:





Konsekvensområde: Materielle verdier

Vurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: Ødeleggelse av utstyr

Risiko:



Konsekvensområde: Omdømme

Vurdert konsekvens: **Middels (2)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:





Farekilde: Strekktesting

Ønsket hendelse: Klemfare

.....

Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Lite sannsynlig (2)**

Kommentar:

[Ingen registreringer]

Konsekvensområde: Helse

Vurdert konsekvens: **Svært stor (4)**

Kommentar: Store legemskade

Risiko:



Konsekvensområde: Omdømme

Vurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: Alvorlig tilfelle som får stor oppmerksomhet

Risiko:





Farekilde: SEM mikroskop

Ønsket hendelse: Ødeleggelse av utstyr

.....

Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Lite sannsynlig (2)**

Kommentar:

[Ingen registreringer]

Konsekvensområde: Materielle verdier

Vurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:





Farekilde: Lysmikroskopi

Ønsket hendelse: Ødeleggelse av utstyr

Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Lite sannsynlig (2)**

Kommentar:

[Ingen registreringer]

Konsekvensområde: Materielle verdier

Vurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:



**Farekilde: Avfallshåndtering**

Avfallshåndtering av Al-legeringen som ikke skal/kan brukes mer.

Ønsket hendelse: Kjemikalekondemnering

Utrangert kjemikalier kastes på nærmere avgitt måte/sted.
Ikke i vasken.

Sannsynlighet for hendelsen (felles for alle konsekvensområder): **Lite sannsynlig (2)**

Kommentar:

[Ingen registreringer]

Konsekvensområde: Helse

Vurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:

**Konsekvensområde: Ytre miljø**

Vurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:

**Konsekvensområde: Materielle verdier**

Vurdert konsekvens: **Middels (2)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:

**Konsekvensområde: Omdømme**

Vurdert konsekvens: **Stor (3)**

Kommentar: [Ingen registreringer]

Risiko:





Oversikt over besluttede risikoreducerende tiltak:

Under presenteres en oversikt over risikoreducerende tiltak som skal bidra til å reduseres sannsynlighet og/eller konsekvens for uønskede hendelser.

Detaljert oversikt over besluttede risikoreducerende tiltak med beskrivelse:



Detaljert oversikt over vurdert risiko for hver farekilde/uønsket hendelse før og etter besluttede tiltak

Aluminium superlegeringer like sterkt som titan

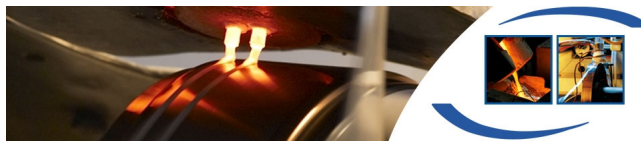
Hurtigstørknet aluminiumslegeringer med egenskaper som gjør dem konkurransedyktig med titan, til en lavere pris! Et nederlandsk firma RSP-technology har funnet ut hvordan å bruke meltspinning til å lage hurtigstørknet aluminiumslegeringer som benytter seg av så fine mikrostrukturer at materialet får styrke som titan, men er billigere, lettere og enklere å arbeide med[1].



Figur 53: Verktøy av aluminiumslegeringer laget med meltspinning prosessen (Foto: RSP-Technology)

Stivner smeltet metall umiddelbart

Smeltet aluminium på 800° blir tømt på et roterende kobberhjul som gjør at materialet nesten "fryser", og det blir skapt lange bånd av aluminium. Disse båndene blir deretter kappet opp i små biter for å så bli formet til et produkt som kan bli maskinert til produkter. Aluminiumslegeringen stivner såpass fort at mikrostrukturen blir så fin, at den til og med kan brukes i speil![2]



Figur 54: Produksjon av bånd (Foto: RSP-Technology)

Høye temperaturer

Aluminiumslegeringer laget med meltpinningprosessen har også helt unike egenskaper for en aluminiumslegeringer. De er sterkere enn konvensjonelle aluminiumslegeringer, og kan måle seg med titan. Disse aluminiumslegeringene har også høyere stivhet enn stål, som gjør dem egnet til å benyttes i turbiner og motorer. RSP-legeringer er også egnet for bruk i hydraulikk siden materialene har høy hardhet som gjør dem egnet for bruk i dieselmotorer og sportsbiler. Aluminiumslegeringene egner seg også spesielt godt under bruk i høye temperaturer.[3]



Figur 55: Disse aluminiumslegeringene kan benyttes i romskip og andre industrier som trenger materialer med høy temperatur og styrke (foto: NASA)

Problemer med ekstrudering

I nyere tid med mer forskning på nye aluminiumslegeringer laget med meltpinningprosessen har det kommet fram at aluminiumslegeringen som består av aluminium, jern, silisium og vanadium har problemer under ekstrudering av metallet. Ekstruderingen kan skaper porer i materialet med rent aluminium som skaper spenninger i metallet under stress som gir sprø brudd på tvers av ekstruderingsretningen. Dette skaper problemer ved at duktilitet på materialet minker i tversretningen og gir økt sannsynlighet for svikt under bruk.

Referanser

[1] RSP-technology (2019) *RSP Technology - Aluminium Super Alloys* Tilgjengelig fra:

<http://www.rsp-technology.com> (Hentet: 10.Mai 2019)

[2] RSP-technology (2019) *Production Method* Tilgjengelig fra:

<http://www.rsp-technology.com/technology/meltspinning-process.html>
(Hentet: 10.Mai 2019)

[3] RSP-technology (2019) *Material Specifications* Tilgjengelig

fra:

<http://www.rsp-technology.com/technology/material-specifications.html>
(Hentet: 10.Mai 2019)

Foto

RSP-Technology. (2019). Foto. Tilgjengelig fra:

<http://www.rsp-technology.com/> (Hentet: 12. mai 2019.)

RSP-Technology. (2019). Foto. Tilgjengelig fra:

<http://www.rsp-technology.com/technology/meltspinning-process.html>
(Hentet: 12. mai 2019.)

NASA. (2019). Foto. Tilgjengelig fra:

<https://images.app.goo.gl/2fw2m627JAz9U4m6A> (Hentet: 12. mai 2019.)