

Joakim Skaar, Espen Sjøstad

Sveisekvalitet ved ekstrudersveising av PEHD

Bacheloroppgave i Produkt og Systemdesign

Veileder: Jostein Berge

Desember 2020

Joakim Skaar, Espen Sjøstad

Sveisekvalitet ved ekstrudersveising av PEHD

Bacheloroppgave i Produkt og Systemdesign
Veileder: Jostein Berge
Desember 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for havromsoperasjoner og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden


Forord

Denne tekniske rapporten besvarer det avsluttende prosjektet i Produkt- og Systemdesign ved NTNU Ålesund. Oppgaven ble utformet i samarbeid med ScaleAQ som leverte problemstillingen. Formålet med oppgaven var å finne ut hvordan maskinering av deler påvirker sveisekvalitet. Med den kunnskapen kan man planlegge produksjonen bedre enn i dag, og dermed legge til rette for økt produktivitet.

Vi ønsker å takke veileder Jostein Berge og kontaktperson ved ScaleAQ Jens Arne Strandabø for god hjelp og veiledning gjennom oppgaven. Vi ønsker også å takke André Tranvåg for god hjelp til å utføre strekkprøving.

Takk til NTNU Ålesund for å ha stilt lokaler, utstyr og materiell til disposisjon.


Espen Sjøstad


Joakim Skaar

Oppgavetekst

Bacheloroppgave

for

Joakim Skaar, Espen Arvid Sjøstad

Produkt- og systemdesign

Høstsemester 2020

Tittel:

Sveisekvalitet ved ekstrudersveising av PEHD

ScaleAQ er et internasjonalt selskap innen havbruk. De leverer Innovasjon, teknologi og utstyr til kunder globalt. Produkter til ScaleAQ er produsert i blant annet materialet PEHD, og blir ekstrudersveist sammen til et ferdig produkt. Sveisefugene blir laget ved for eksempel fresing. Rett etter maskinering vil det begynne å danne seg et oksidsjikt på plastoverflaten. Ved senere sveising vil dette oksidsjiktet redusere kvaliteten på sveis (hypotese), om dette sjiktet ikke blir fjernet før operasjonen. Fjerning av oksidsjiktet skjer manuelt ved bruk av diverse håndverktøy som er for eksempel skraper.

Vi skal i denne oppgaven finne ut hvor lenge materialet kan stå på lager før oksidlaget gjør sveisen for svak til å møte standarder for strekkraft. Eventuelt kartlegge hvilke parametere som kan påvirke sveisekvaliteten i tiden fra rengjort flate, til påbegynt sveis (dersom vi får et tydelig svar på første oppgave). Til slutt skal vi undersøke hvordan den enkelte parameteren påvirker sveisekvalitet gjennom standardisert mekanisk testing i laboratoriet. Alt arbeid skal dokumenteres i en teknisk rapport.

I denne oppgaven vil kandidatene gjøre følgende:

- Bli kjent med standarder for materialet, sveisekvalitet og standard for strekktest av sveist materiale.
- Kjøre strekktesting av sveist materiale, testene må kjøres over en tidsperiode for å finne ut hvordan kvaliteten utvikler seg over tid. Data settes inn i Excel for å lage grafer der en kan lese av hvor lenge produktet kan stå, før styrken blir for svak.

- Finne et svar på hvor lang tid det kan gå før sveisekvaliteten blir for dårlig.
- Om det viser seg raskt et repeterende mønster med svekket sveis; finne ut hvilke parameter som påvirker hvor lang tid det tar før sveisekvaliteten blir for dårlig.
- Utforske om det finnes ulike metoder for å endre parametere i forrige punkt for å forlenge levetiden til produktet, og eventuelle fordeler og ulemper med de metodene.
- En teknisk rapport.

Forventet resultat av oppgaven er:

En dokumentert test av hvor lenge materialet kan stå på lager før en må skrape overflatene og eventuelle fordeler og ulemper med ulike metoder for å forlenge det tidsrommet.

Veileder ved NTNU i Ålesund er Jostein Berge, og kontaktpersoner/faglig veileder ved ScaleAQ AS er Jens Arne Strandabø.

Besvarelsen redigeres som en teknisk rapport. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidatene legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig. Kandidatene skal i arbeidet med hovedprosjektet lage en tydelig fremdriftsplan med kritiske milepeler, samt presentere oppgaven og redegjøre for hvordan de tenker å gå fram for å løse den, samt status på presentasjonstidspunktet.

Presentasjon av milepelene foregår på følgende datoer:

Milepel-1

Tidspunkt .. : **Tirsdag 15. september 2020, kl.15-15.45**

Sted : **Auditorium Åse, NTNU Ålesund.**

Ved denne presentasjonen leveres også inn et A3-ark som illustrerer oppgavens utfordringer. En mal for dette finnes på *Blackboard*. Arket skal oppdateres ved sluttinnlevering av hovedprosjektet.

Milepel-2

Tidspunkt .. : **Tirsdag 3. november 2020, kl.15.00 – 15.45**

Sted : **Auditorium Åse, NTNU Ålesund**

Sluttpresentasjon

Ved semesterslutt skal det endelige resultatet presenteres.

Tidspunkt .. : **Tirsdag 22. desember 2020, kl. 13.00 – 16.00** Sted : **Auditorium Åse,
NTNU Ålesund**

Samtlige presentasjoner er obligatoriske. Omfanget og arbeidsbelastningen av 20 studiepoeng er ifølge departementet angitt som 540 studentarbeidstimer pr. student.

For innlevering av avsluttende oppgaver til bachelorstudiet ved NTNU i Ålesund vises det til detaljer på *Innsida*. Oppgaven blir levert digitalt på Inspira.

Innleveringsfrist er fredag 18. desember 2020 kl. 12.00.

Ålesund 31.08.2020

Lars P. Bryne

Programansvarlig

Produkt og systemdesign

Sammendrag

ScaleAQ er en bedrift som leverer utstyr til havbruksmarkedet, de har en stor produktportefølje der mye bruker plast som hovedmateriale. De har behov for å finne ut hvordan, og eventuelt om, oksidlaget som oppstår under maskinering påvirker sveisekvalitet. Antagelsen er at man vil se en reduksjon i sveisekvaliteten over en tidsperiode, og at vi dermed kan finne et kritisk punkt der det har gått så lang tid at overflaten må bearbeides før sveising.

Formålet med denne oppgaven er å finne et slikt kritisk punkt. I denne rapporten vil du finne tester som skal finne svaret på hvor lang tid det kan gå fra maskinering til sveising før sveisekvaliteten blir for dårlig. Det er også gjort noen undersøkelser på hvordan temperatur påvirker oksidlaget og dermed styrken i den sammensveiste delen.

I denne rapporten vil du finne relevant teori for valgte fremgangsmåter, valgte standarder, resultater av utførte tester og diskusjon av de resultatene. Til slutt følger en konklusjon som svarer på problemstillingen gitt i oppgaven

Resultatene vi har funnet viser at man ikke kan vise en nedgang i styrken i en sammensveist del etter en periode på ti dager. Vi har også funnet indikasjoner på at det kan gå så langt som 40 dager, uten at sveisekvaliteten blir betydelig dårligere.

Konklusjonen av resultatene vi har funnet er en teori om at oksidlaget har liten betydning for sveisekvaliteten innenfor den tidsperioden vi har testet. Vi anbefaler flere tester, som tar for seg de funnene vi har funnet, for å styrke denne teorien.

Summary

ScaleAQ is a company that delivers equipment to the aquaculture market. They have a product portfolio that is largely based on plastic as a material. They want to know how, and eventually if, an oxide layer that appears during machining affects welding quality. The assumption is that we will see a reduction in welding quality after a time period, and that we can find a critical point, where too much time has passed, and the surface needs to be processed again.

The purpose of this assignment is to find that critical point. In this report you will find relevant theory for the selected approaches, selected standards, the results of testing and a discussion of those results. You will also find tests that addresses how temperature affects this period. Lastly you will find a discussion about the results, and a conclusion that answers the topic in the task description.

The results show that there is no relevant reduction in strength over a ten-day period. We also found indications that there is no reduction in a almost 40 days long period.

The conclusion of the results we have found, show that the oxide layer has little to no relevance for welding quality over the time periods we have tested. We still recommend further testing to quality proof our theory, and to explore some of the findings in this report.

Innholdsfortegnelse

Forord	
Oppgavetekst	
Sammendrag	
Summary	
Innholdsfortegnelse	
Figurliste.....	
Tabelliste	
1. Introduksjon	1
1.1. Bakgrunn	1
2. Teori.....	2
2.1. Dagens praksis	2
2.2. Strekkprøving	3
2.3. Relevante standarder.....	5
2.4. Materiale	5
2.5. Oksidlag.....	6
2.6. Sammenføring.....	8
3. Metode	9
3.1. Produksjon av prøvestaver.....	10
3.2. Ny produksjon av prøvestaver	15
3.3 Strekkprøving	19
4. Resultat	21
4.1. Første runde med strekkprøving	21
4.2. Andre runde med strekkprøving	23
4.3. Tredje runde med strekkprøving.....	24
4.4. Fjerde runde med strekkprøving.....	25
5. Diskusjon	26
5.1. Første runde med strekkprøving	26
5.2. Andre runde med strekkprøving	29
5.3. Tredje runde med strekkprøving.....	32
5.4. Fjerde runde med strekkprøving.....	34
5.5. Generell diskusjon	35

6. Konklusjon..... 37
Referanser..... 39

Figurliste

Figur 1: Galdbidi testmaskin (Galdabini, 2020).....	4
Figur 2: oksid (UNSW, 2013)	7
Figur 3: sveiseprosess.....	9
Figur 4: klar for saging av plate	10
Figur 5: PEHD, materiale.....	10
Figur 6: V-fuge (Jens Arne Strandabø)	11
Figur 7: emner klar til sveising	11
Figur 8: V-fuge.....	11
Figur 9: fres til fuge.....	11
Figur 10: ferdigsveist emne.....	12
Figur 11: oppspent og klar for sveising.....	12
Figur 12: Ferdig strekt prøvestav	13
Figur 13: prøvestav (se vedlegg Bestemmelse av strekkeegenskaper Del 2)	14
Figur 14: Prøvestav (Espen Sjøstad)	14
Figur 15: Større plater gir bedre sveis	16
Figur 16: Klar til sveising.....	17
Figur 17: Ferdige prøvestaver, kan se at sveisen går gjennom	17
Figur 18: Laserskjæring i gang.....	18
Figur 19: Ferdig laserskjært	18
Figur 20: Lasekskjærer.....	18
Figur 21: Ferdige prøvestaver	19
Figur 22: oppspent prøvestav	19
Figur 23: testmaskin	19
Figur 24: Prøvestav 2.0 oppspent.....	20
Figur 25: Prøvestav 2.0 ferdigstrekt	20
Figur 26: Grafer fra første test.....	21
Figur 27 grafer fra andre test.....	23
Figur 28: resultat første test (y-aksen viser kraft, x-aksen viser dager før sveising)	26
Figur 29: Prøvestaver	26
Figur 30: Hendelsesforløp strekktesting	27
Figur 31: Ikke brudd i sveis.....	27
Figur 32: Resultat andre test (y-aksen viser kraft, x-aksen viser dager før sveis)	29

Figur 33: strekt stav	30
Figur 34: varme, kalde, ordinær y-aksen viser kraft	32
Figur 35: Resultat fjerde test sammenlignet med første test	34
Figur 36: Resultat fjerde test sammenlignet med andre test	34

Tabelliste

Tabell 1: Se vedlegg «plastkatalogen 2015» s.49	6
Tabell 2: prøvestav mål	14
Tabell 3: Resultater fra første test	22
Tabell 4: Resultater fra andre test	24
Tabell 5: Resultater kalde staver	24
Tabell 6: Resultater varme staver	25

1. Introduksjon

ScaleAQ er et selskap som leverer utstyr til havbruksmarkedet. De ønsker å finne ut om sveis mellom maskinerte deler blir merkbart dårligere, avhengig av hvor lang tid det tar fra maskinering til sveising. Hypotesen er at det oppstår et oksidlag under maskinering, som blir større over tid. Når man skal sveise bearbeider man derfor overflatene for å fjerne oksidlaget. Oppgaven går ut ifra at dette skjer etter et ganske kort tidsrom, og man bearbeider derfor overflatene uansett hvor lang tid det går fra maskinering til sveising.

Oppgaven er utført av undertegnede studenter ved NTNU Ålesund med hjelp av veileder Jostein Berge og kontaktperson ved ScaleAQ Jens Arne Strandabø. Strekktestene har blitt utført ved NTNU Ålesund og sveisingen har blitt utført av fagpersoner hos ScaleAQ.

I denne rapporten vil du finne relevant teori om strekktesting og sveising. I tillegg vil du finne metode og utføring av produksjon av prøvestaver, og utføring av tester. Til slutt kommer en diskusjonsdel der vi vurderer og tolker resultatene vi har fått, etterfulgt av en konklusjon som svarer på problemstillingen i oppgaven.

1.1. Bakgrunn

Bakgrunnen for denne oppgaven var en forespørsel fra ScaleAQ, der de ville ha en oversikt over hvor lang tid det tar fra maskinering av deler, til delene må sveises. Hypotesen er at dersom det går for lang tid før sveising, vil kvaliteten på sveisen bli betydelig svekket. Derfor bearbeider man delene før sveising ved å bruke «skraper» som fjerner en del av materialet.

Under maskinering av deler vil det oppstå et oksidlag. En har gått ut fra at dette oksidlaget reduserer kvaliteten på sveis når delene blir sveist sammen. Før sveising bearbeider man derfor delene med skraper. Dette er tidkrevende arbeid, og en belastning for sveiseren. Hypotesen er at oksidlaget gjør at sveisen ikke får godt nok «feste».

For å kartlegge om denne hypotesen stemmer måtte vi måle styrken i en sammensveist del over en tidsperiode. Vi valgte å produsere en prøvestav hver dag i ti dager, for å så strekkprøve stavene. Slik fikk vi et datasett som viste utviklingen i styrken på sveis over tid. Perioden på 10 dager var valgt ut sammen med ScaleAQ, og teorien var i utgangspunktet at vi kanskje måtte ned på timer, eller så langt ned som minutt og sekund for å finne det kritiske tidspunktet.

Dersom resultatet ga et tydelig svar, og vi kom frem til det kritiske tidspunktet der styrken på sveisen ble for svak, skulle vi undersøke hvordan og hvorfor det var slik. Først ved å finne ut hvilke parametere som påvirket hvor lang tid det tok, så ved å finne ut om vi kunne forlenge denne tiden.

Hvor stor nedgang i styrke som er akseptabelt er ikke spesifisert i oppgaven, men i utgangspunktet er hypotesen at vi vil se en ganske stor nedgang i løpet av veldig kort tid. Og at man derfor kan sette et kritisk tidspunkt ganske tidlig. Bedriften er først og fremst ute etter å vite hvordan utviklingen ser ut over tid, og vi har derfor ikke satt oss et mål på hvor stor nedgang som er akseptabel. Det vil bli noe vi må komme tilbake til dersom vi finner en slik nedgang, i dialog med ScaleAQ. Det viktige her vil være hvor stor nedgang de kan akseptere.

2. Teori

For å løse oppgaven måtte vi finne en metode for å måle styrken i den sammensveiste delen, der vi også kunne sammenligne resultatet over flere dager. Vi har gjort et arbeid for å finne ut hvordan vi kunne få best mulig sveis på materialet, samtidig som det ga et realistisk bilde av den daglige produksjonen i bedriften. For at rapporten skal kunne brukes som et svar, har vi også funnet standarder som underbygger de testene vi har gjort. I dette kapittelet vil du finne relevant teori for de praktiske testene vi har utført, og for refleksjonen som har ledet fram til konklusjonen. kapittelet inneholder også relevant informasjon om de viktigste verktøyene og maskinene vi har brukt.

2.1. Dagens praksis

Vanlig praksis i bedrifter som bruker PEHD i produksjon er å bearbeide alle overflater før sveising, dette har vi funnet ut ved å snakke med sveisere som jobber med dette i dag. Det gjøres ved å skrape delene med skraper. På denne måten fjerner man overflaten på materialet og dermed også oksidlaget. Ut fra samtaler med personer som jobber med sveising av plast, virker det for oss, som om dette er en «uskreven» regel i bransjen, uten at det finnes noe dokumentasjon på hvorfor det er slik. Det varierer også mellom sveisere hvor grundig man gjør skrapingen. Der noen er veldig strenge på det, spesielt i opplæring av nye fagarbeidere, tar andre lettere på det. Dette kan tyde på at oksidlaget ikke har den betydningen man tror det har, eller at det er andre faktorer som har større betydning. Etter skraping blir overflatene rengjort med et rensmiddel basert på Isopropanol.

Dagens praksis ser ut til å være basert på at man alltid har gjort det slik, uten å nødvendigvis vise til forskning eller testing. Det finnes lite tidligere dokumentasjon å vise til, og det som finnes er ofte låst bak dyre betalingsmurer. Denne rapporten vil derfor kunne være en bekreftelse på at det man gjør er viktig, eller en mulighet til å endre dagens praksis til noe bedre. Uansett resultat av oppgaven vil det naturligvis være en styrke å kunne vise til gjennomførte tester, når man velger en fremgangsmåte i produksjon.

2.2. Strekkprøving

Materialprøving kan deles inn i to hovedgrupper.

- Destruktive metoder
- Ikke destruktive metoder

I denne oppgaven har vi benyttet destruktive metoder og vi vil derfor ikke gå dypere inn i ikke destruktive metoder. Ved destruktive metoder vil prøvene bli ødelagt eller få merker i overflaten. Ved de ikke destruktive metodene blir det ingen merker eller ødeleggelser i materialet (Almar-Næss, 2019)

Vi skal benytte oss av den destruktive metoden; strekkprøving. En stav strekkes i en maskin og registrerer samtidig flytegrensen, strekkfastheten og bruddforlengelsen. Vi brukte Galdabini Quasar 200 hos NTNU Ålesund for å gjennomføre testene. Maskinen har en



Figur 1: Galdbidi testmaskin (Galdabini, 2020)

kapasitet på 200KN og har avansert programvare som gir oss mange muligheter til å analysere svarene vi får ut. Vi kommer ikke til å bruke mange av funksjonene, da vi i utgangspunktet kun er ute etter å finne maks styrke før brudd.

Prøvestavene blir laget i det materialet som skal prøves, og spennes opp i maskinen som vist i figuren. Deretter setter maskinen på en strekkraft som strekker staven i en retning. Kraften økes for å finne strekkfasthet og flytegrense. Dette vil da føre til et synlig resultat der staven blir deformert. Stavene ble strukket med en hastighet på 4mm/min.

2.3. Relevante standarder

«En teknisk standard er en etablert norm eller krav til hvordan et produkt bør utarbeides og produseres, eller hvordan en tjeneste eller arbeidsprosess bør utføres. Vanligvis er standarden i form av et formelt dokument som for eksempel fastsetter dimensjoner, materialer, kvaliteter, prøvingsmetoder, funksjons- og sikkerhetskrav, systemer, prosesser og terminologi» (Hofstad, 2020).

En standard sørger for at produkter, tjenester og for eksempel materialtesting blir utført med samme metode slik at det sikrer sammenliknbare tester. Om man for eksempel skal teste PEHD materiale for flytspenning og strekkraft, trenger man at produktet har samme mål og utforming for å kunne vise sammenliknbare resultater. Det ville vært uheldig om man får store forskjeller i resultat når man har lik utforming.

Ut fra oppgaven og metoden vi har valgt for å løse den, har vi kommet frem til standardene ISO 527-1:2012 og ISO 572-2:2012. Disse standardene fungerer som en rettleiding for å kunne sammenligne deler som er laget under like forutsetninger og testes på lik måte. Dette vil lede til at man får en sammenligning som viser en trend eller måler en kraft.

Dette er de tre standardene vi følger i denne testen: (NS Norsk standard, ISO International Organization for Standardization)

NS-EN ISO 527-1:2012 bestemmelse av strekkeegenskaper. Del 1: generelle prinsipper.

NS-EN ISO 527-2:2012 bestemmelse av strekkeegenskaper. Del 2: prøvebetingelser for støpe- og ekstruderingsplast.

NS-EN ISO 2818 Plast – Tillaging av prøvelegemer ved maskinering (ISO 2919:1994)

Vi fant ut et godt stykke ut i semesteret at ISO 527-1:2012 har blitt erstattet av en ny standard, og følgelig er tilbaketrasket. I dialog med veileder har vi kommet frem til at den nye standarden ikke har endringer som vil være avgjørende for resultatene vi får. Den nye standarden heter ISO 527-1:2019.

2.4. Materiale

Høy-tetthet polyetylen (PEHD eller HDPE) er et termoplastisk stoff, som har relativt høy styrke til tetthet ratio. Dette er et materiale som har høy slagfasthet, også ved lave temperaturer. Dette materialet er godkjent for bruk i næringsmiddelindustrien (Astrup AS, 2020). Materialet lar seg sveise og er mulig å forme ved bruk av varme, på grunn av dette er

det ofte brukt i produksjon av for eksempel plastflasker og i pakking/transport (Ceresana, 2019).

Materialet vi brukte har betegnelsen PEHD 500.

Tabell 1: Se vedlegg «plastkatalogen 2015» s.49

Noen Egenskaper	Norm	Enhet	Verdi
Egenvekt	Din53470	g/cm ³	0,95
Strekkfasthet v/brudd	DIN 53455	N/mm ²	36
Strekkfasthet v/flyt	DIN 53455	N/mm ²	28
Friksjonskoeffisient	Mot stål	-	0,20
Brennbarhet	Normal brennbar. Avgi ingen farlige stoffet		
Temperaturutvidelse	ASTM D 8966	mm/m/°C	0,14
Slagfasthet	DIN 53453	KJ/m ²	Uten brudd
Brukstemperatur	DIN 53457	°C	-200/+80
Elektrisk motstand	ASTM D 257	Ohm x cm	>10 ¹⁴
Dielektr. overflatemotstand	DIN 53482	ohm	10 ¹⁴
vannopptak	DIN 53495	%	<0,01

2.5. Oksidlag

Etter samtaler med de som driver med sveising hos ScaleAQ har vi blitt opplyst om at det er vanlig praksis at en må skrape over overflaten med en skrape før sveising. Denne praksisen ser ikke ut til å være begrunnet i tilgjengelig forskning eller testing, men heller at det er slik man alltid har gjort det. En har antatt at det danner seg et oksidlag på materialet etter maskinering. Dette oksidlaget tror man utvider seg over tid, på en slik måte at det har en større påvirkning etter dag ti enn det hadde etter dag en. Når man skraper over materialet fjerner man en del av materialet, og dermed også oksidlaget på utsiden. Dette gjøres rett før sveising og tar betydelig tid, i tillegg til at det er et relativt «tungt» arbeid.

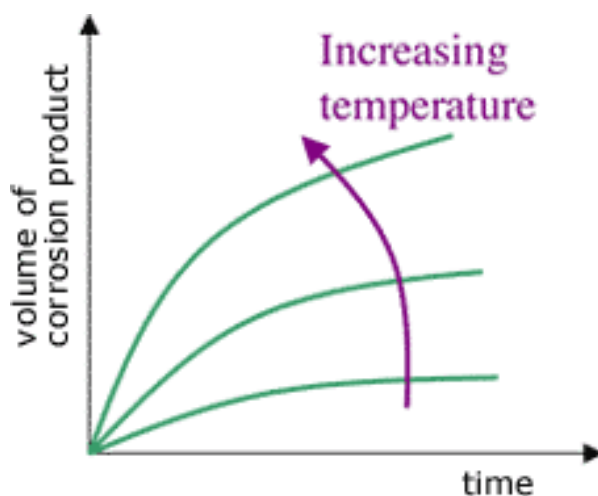
Ordet oksidasjon ble opprinnelig brukt om en kjemisk reaksjon mellom et stoff og oksygen. Oksidasjon er en kjemisk prosess der elektroner forskyves eller blir avgitt (Pedersen, 2019). I den kjemiske reaksjonen blir oksygen tatt opp samtidig med at stoffet gir fra seg elektroner. Over tid vil oksidasjonen øke, noe som gjør oksidlaget «tjukkere». Størrelsen på oksidlaget blir blant annet påvirket av luftfuktighet (corrosionpedia, 2015).

Oksidlag kan også dannes ved anodisering av aluminium, og blir i den sammenhengen et beskyttende lag mot korrosjon (Almar-Næss, 2018)

Noen eksempler på oksidasjonsprosesser er at jern rustet og at sølv anløper, og at noen typer frukt, som epler, får brun farge på kuttflaten etter å ha blitt skåret opp (Pedersen, 2019).

Ut ifra det vi vet om oksidasjon, for eksempel at et eple vil bli brunt etter å ha blitt skåret opp etter hvert som det får virke med luften rundt seg, så vil det være naturlig å gå ut i fra at det er en prosess som over tid får større konsekvens.

Bakgrunnen for denne oppgaven er en hypotese om at når oksidlaget blir større (tjukkere) gjør dette at sveisen ikke fester seg i materialet like bra til materialet.



Figur 2: oksid (UNSW, 2013)

Dersom denne teorien stemmer, bør det være en målbar forskjell i styrken i et sett med sammensveiste deler som er produsert over en tidsperiode.

OIT test, eller Oxidative Induction Test, er en standardisert test som måler termisk stabilitet i materialet, resultatet viser hvor sterkt materialet er mot oksidasjon. Denne testen kan være interessant for å sammenligne hvordan ulike materialer utvikler seg over tid, eller for å sammenligne ulike måter å motvirke oksidasjon på. Testen går ut på å varme opp materialet

til en viss temperatur, i inertgass. For så å bytte til oksygen. Tiden det tar fra man introduserer oksygen, oksideringen begynner er definert som OIT (Peng Ye, u.d.).

2.6. Sammenføyning

Plastsveising, er definert slik: *Å sveise er å føye sammen termoplaster ved å smelte kontaktflatene sammen, med eller uten bruk av tilsatsmateriale eller sveisetråd.* (NDLA, 2018)

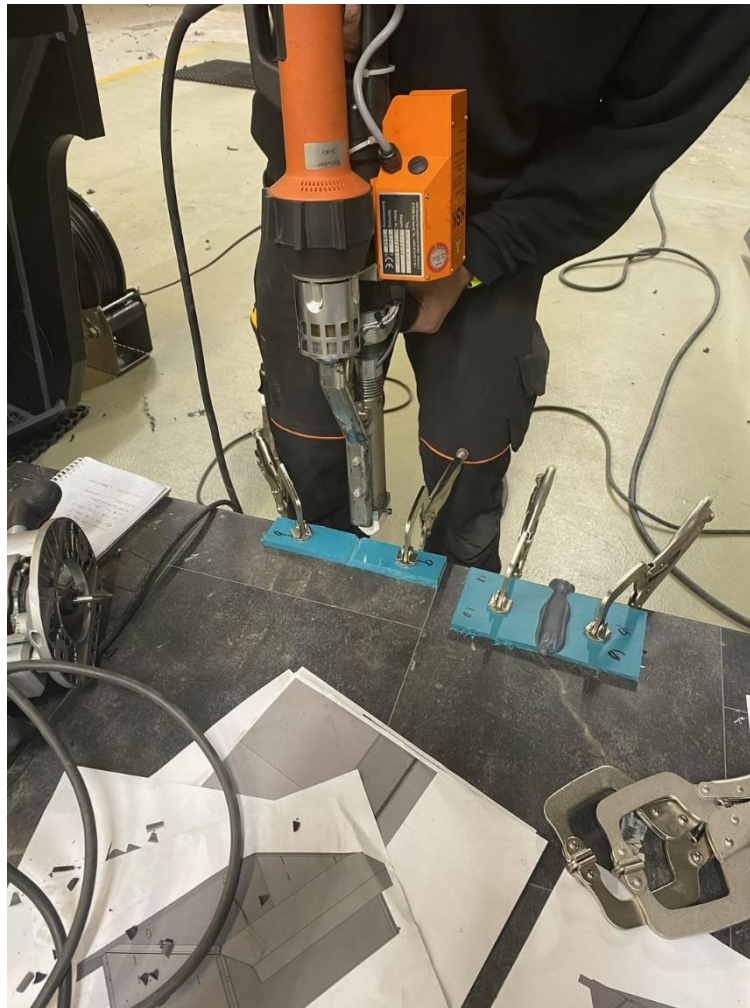
Sveising er en sammenføyningsmetode som brukes i stor grad når man skal sammenføye to deler av plast. Det finnes ulike metoder for å sveise plast, sveising med varmeelement, varmgassveising, høyfrekvenssveising, friksjonssveising og ultralydsveising som noen eksempler. I tillegg kan man sveise med eller uten tilsatsmateriale. I rør- og platekonstruksjoner brukes det ofte tilsatsmateriale som man legger i en sveisefuge. Materialet smelter og fyller sveisefugen. (Ore, 2017)

ScaleAQ bruker en rekke ulike sveisemetoder i sin produksjon. Mest utbredt er ekstrudersveis, som vi også har brukt i vår fremgangsmåte. Plastsveising vil si det samme som å forbinde termoplast ved anvendelse av varme og trykk (Tveit, 2020, p. 7). Når sveiseflater befinner seg i en termoplastisk tilstand, vil materialet kunne sammenføyes, og alt etter hvilket materiale som skal sammenføyes, vil det være nødvendig med ulike sammenføyningsmetoder. Det er viktig med riktig temperatur og nøyaktighet for å få en god sveis. Platene som skal sveises sammen bør fastspennes med en avstand på mellom 0.5-1mm spalteåpning for å oppnå en god sveis (Tveit, 2020, p. 10). Man kan lage fugene ved fresing/filing/ saging, men man bør skrape skarpe kanter for å redusere muligheten for forbrenning.

Sveisingen ble utført av fagpersoner hos ScaleAQ, og valg av sveisemetode og sveisefuge ble derfor i stor grad valgt etter ønsker fra de som skulle sveise.. For at testene skulle ha så mye relevans som mulig måtte de i så stor grad som mulig ligne på det arbeidet som blir gjort i den daglige produksjonen.

I vårt tilfelle brukte vi en maskin som har modellnavnet HSK 28RSX. Fremme på maskinen er det en brenner som gir ut varmluft, denne er forvarmet til 300 grader mens sveisetråden er oppvarmet til 230 grader. Valg av temperatur avhenger av maskin og operatør. En erfaren sveiser vil være komfortabel nok til å kunne være rask med en høy temperatur, mens en uerfaren sveiser vil kanskje måtte prøve seg frem på lavere temperaturer (samtaler med fagpersoner på ScaleAQ).

I senere sveiserunder brukte vi en Munsch MAK 25, der det ble sveist med samme temperatur.



Figur 3: sveiseprosess

3. Metode

For å løse oppgaven måtte vi finne ut hvordan styrken på sveisen utvikler seg over tid. Vi valgte strekkprøving da det ga oss en enkel måte å måle styrken på, som vi kunne repetere. I tillegg finnes det standarder vi kunne følge. Vi produserte emner over ti dager, for å så sveise de sammen på dag ti. Da ble emnene vi produserte på dag en sveist sammen etter ti dager, og emnene fra dag ti ble sveist samme dag.

For å ha et utgangspunkt ble det produsert to emner til som ble skrapet over (samme metode som i produksjon) rett før sveising, dette for å ha et par prøvestaver som ville gi et resultat så tett opp mot vanlig produksjon som mulig. Perioden på ti dager ble valgt i dialog med ScaleAQ og teorien var i utgangspunktet at det var en altfor lang periode, men vi ville starte

der, for å så heller velge kortere perioder senere. Det ville være enklere å korte ned perioden, enn å forlenge den med tanke på tidsrommet vi hadde tilgjengelig.

3.1. Produksjon av prøvestaver

Produksjonen av prøvestaver kan oppsummeres i tre deler; produksjon av emnene (20 deler), sammenføyning av emnene til deler og utskjæring av prøvestaver fra de sammensveiste delene.

Som nevnt tidligere i oppgaven blir det produsert et emne hver dag, i ti dager. Som ScaleAQ så sveiste sammen, med samme metode som de bruker i produksjon. Bortsett fra at de ikke skrapet overflatene på disse delene. Det ble også produsert to staver som ble sveist samme dag som de ble maskinert. Disse ble skrapet over rett før sveising, slik som praksis er vanlig i produksjonen i bedriften. Dette for å ha et utgangspunkt som var så nært vanlig produksjon som mulig.

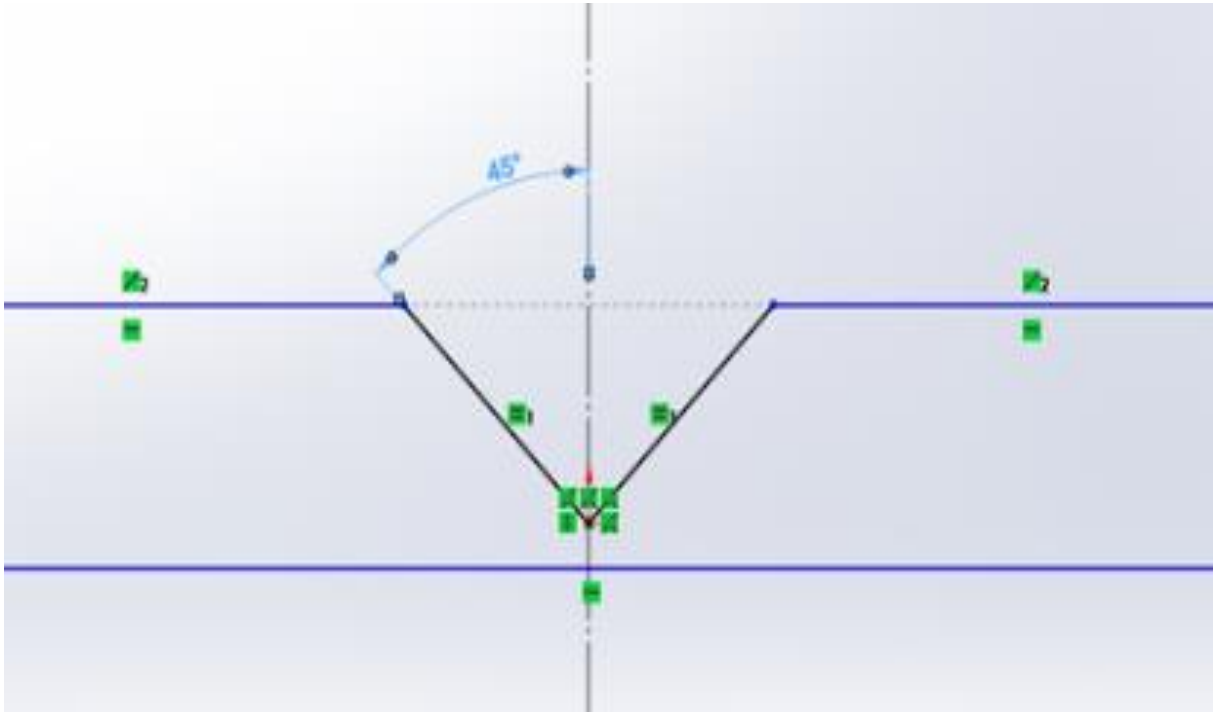


Figur 4: klar for saging av plate



Figur 5: PEHD, materiale

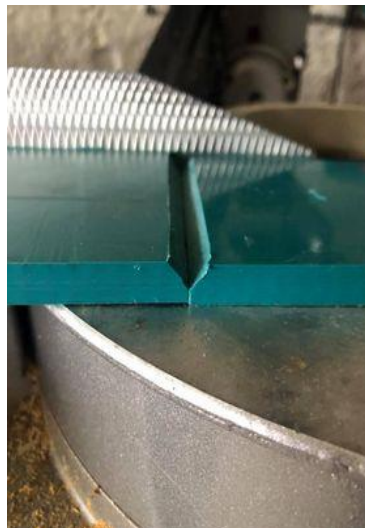
Platestykker på 100mm x 100mm ble skjært ut ved bruk av sag, det ble også laget en v-fuge for å tilrettelegge for sveiseprosessen. Fugen ble valgt etter kommunikasjon med kontaktperson ved ScaleAQ, se figur 6.



Figur 6: V-fuge (Jens Arne Strandabø)



Figur 9: fres til fuge



Figur 8: V-fuge

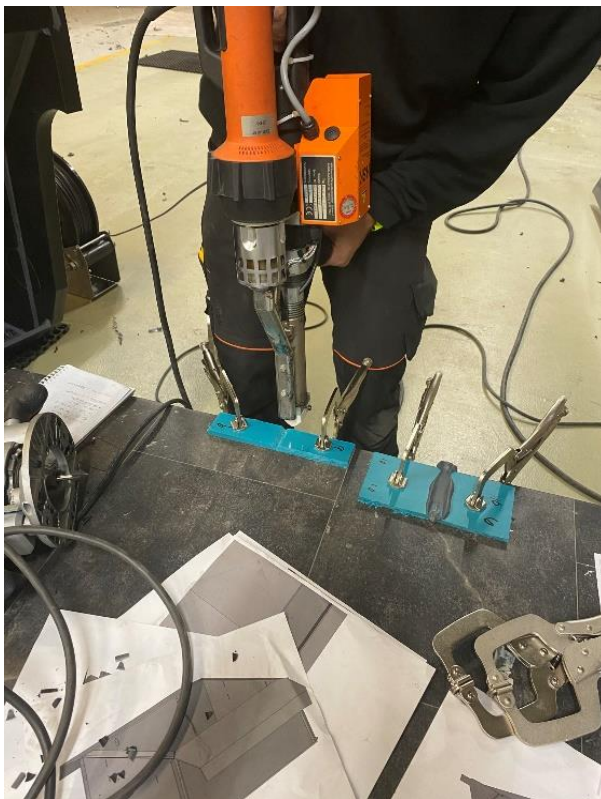


Figur 7: emner klar til sveising

Når alle emnene var ferdig produsert, ble de transportert til ScaleAQ der de ble sammenføyd. Sveisemetoden som ble brukt er den samme som ScaleAQ bruker i sin produksjon, alt ble

sveist manuelt med ekstrudermaskin. Vanligvis blir overflaten skrapet over med en skrape for å fjerne oksidlaget, det gjorde vi ikke denne gangen da oppgaven går ut på å finne ut i hvor stor grad oksidlaget spiller en rolle. Overflaten blir rensset med et rensmiddel basert på isopropetyanol (datablad i vedlegg), som man også gjør til vanlig. Det er også vanlig å forvarme materialet i et par sekunder før en begynner sveising. Når sveiseprosessen er fullført, står emnene fastspent 15 minutt for å kjøle seg ned. Det ble brukt forskjellig farge på tilsatsmateriale og platedelene for å tydeligere kunne se forskjell på sveis og materiale.

Først forvarmer man ekstruder-materialet, og skjærer ved den ytterste delen. Etter å ha gjort dette fører man maskinen bort til emnene, og forvarmer dem i et par sekunder. Man må finne en balanse for forvarmingen, da man ikke for brenne materialet, og dermed redusere sveisekvaliteten. Hvor fort, og med hvilken temperatur dette kan gjøres, avhenger av sveiseren. Selve sveiseprosessen gjøres ved å føre maskinen over materialet, med 90 grader vinkel. For at platene ikke skulle bøye seg etter sveising fikk de stå oppspent i 15 minutter for å kjøle seg ned.



Figur 11: oppspent og klar for sveising



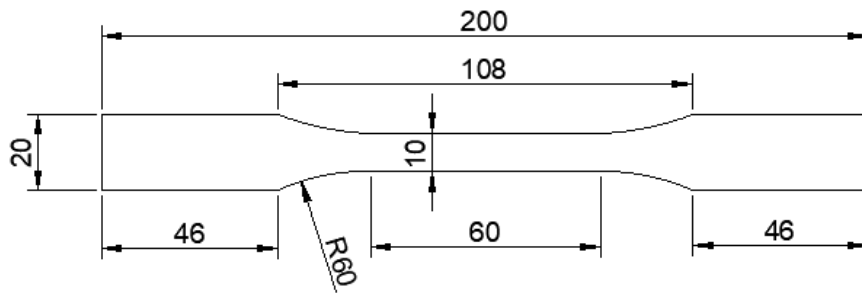
Figur 10: ferdigsveist emne

Siste steg i produksjon av prøvestavene var å skjære ut selve prøvestavene. Vi produserte først en mal av det samme materialet som vi ellers brukte for så å sage ut prøvestavene fra de sammensveiste platene. Til dette brukte vi en båndsag, noe som ga et litt varierende resultat, da kantene på stavene ikke ble så glatte som de kanskje burde ha vært.

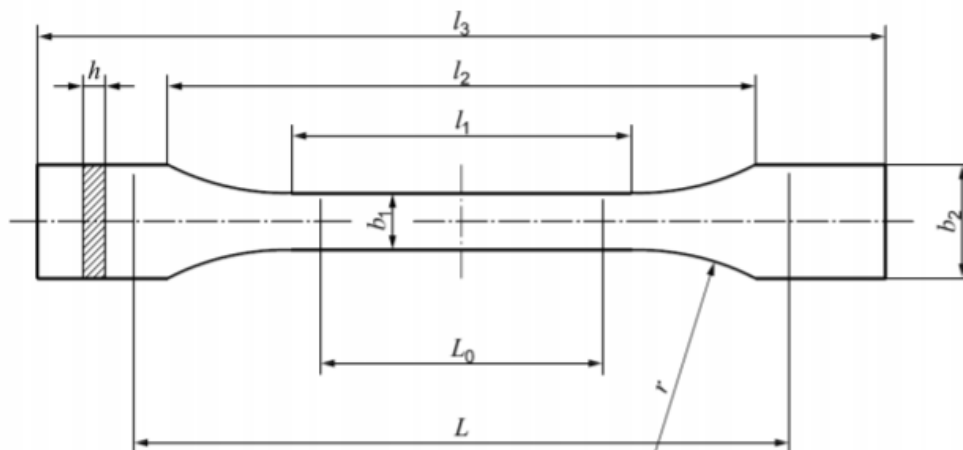


Figur 12: Ferdig strekt prøvestav

På figur 12 kan man se kantene, dette kunne selvsagt ha blitt skrapet/pusset av, men det var uansett et resultat vi ikke var fornøgd med.



Figur 14: Prøvestav (Espen Sjøstad)



Figur 13: prøvestav (se vedlegg Bestemmelse av strekkegenskaper Del 2)

Platebiter ble grovkuttet for å være lettere å jobbe med og for å få tilstrekkelig med emner å teste av det materialet vi hadde. Etter de ble sveist sammen, ble det frest til ferdige prøvestykker (type 1B) i henhold til ISO 527-2:2012. dimensjoner for prøvestykker for type 1B er i millimeter og er gitt i tabell 2 og figur 13.

Tabell 2: prøvestav mål

Total lengde	≥ 150
Avstand mellom brede parallelle deler	$108 \pm 1,6$
Lengde til smal parallell del	$60,0 \pm 0,5$
Bredde ved smal del	$10,0 \pm 0,2$
Bredde ved endene	$20,0 \pm 0,2$
Radius	$60 \pm 0,5$

Anbefalt tykkelse	$4,0 \pm 0,2$
Foretrukket målelengde	$50,0 \pm 0,5$
Initiell distanse mellom feste	115 ± 1

Til slutt ble stavene tatt med til NTNU Ålesund der de ble strekktestet, fremgangsmåten her kommer i et senere kapittel, da det er lik fremgangsmåte på alle prøvestavene.

3.2. Ny produksjon av prøvestaver

Etter resultatene fra første prøverunde, fant vi ut at vi måtte gjennomføre en ny test, identisk med den første. Dette på grunn av flere forhold det står mer om i diskusjonsdelen. Dette for å kvalitetssikre resultatene vi hadde fått og for å fjerne en del feilkilder. Mye av fremgangsmåten er den samme, men med enkelte justeringer

For å produsere staver som møter kravene i standarden vi har valgt, møter vi en del problemer. For det første må alle stavene være like, dette gjør at vi ikke kan sage de ut på den måten vi gjorde i første runde, der det ga en variasjon. Saging gjør også at overflaten ikke blir glatt, men «hakkete», noe som kan påvirke hvordan sveisen fester seg. For å løse dette problemet valgte vi å undersøke muligheter for å skjære ut stavene med vannskjæring eller laserskjæring. Laserskjæring hadde vi tilgang til ved NTNU Ålesund og vi valgte derfor å gå videre med den metoden. Det ga noen utfordringer knyttet til at materialet var for «tykt». Vi gikk derfor ned til fem millimeter tjukke plater, for å møte kravene til laserskjæreren. Denne tykkelsen var nok i det største laget av hva skjæreren greide, da den slet med å komme seg gjennom alle.

Vi saget ut plater på 200x200mm over en periode på ti dager, for å så ta de med til ScaleAQ for sammensveising. Vi valgte å bruke større plater denne gangen fordi vi kunne skjære ut flere prøvestaver av den sammen sammensveiste delen. Dette betydde at dersom en av testene ikke gikk bra, kunne vi skjære ut flere staver uten å måtte gå gjennom den lange prosessen med å produsere deler over ti dager, og å koordinere det slik at det passet med sveiseren på ScaleAQ. Større plater betydde også at vi kunne se bort fra starten og slutten av sveisen, på bilde 10 kan du tydelig se at starten og slutten på sveisen ikke er optimal. Dette var den største fordelen med å lage større platebiter.



Figur 15: Større plater gir bedre sveis

Ti sett med plater (20 emner) ble skjært ut med båndsgag over ti dager, kantene på disse platene var uansett ikke viktig da de ikke skulle brukes, stavene skulle bli skjært ut fra «midt» i platen. De ble deretter tatt med til ScaleAQ for sveising.

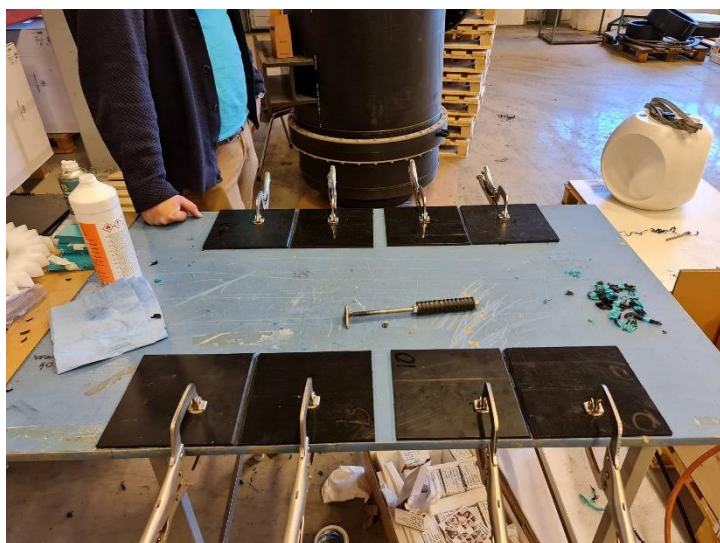
På prøvestavene i første runde gikk ikke sveisen helt gjennom, det var med andre ord direkte kontakt mellom de to delene som skulle være sammensveiset. For å forhindre at stavene gir etter først i et ikke sveist område, som igjen fører til at vi kanskje ikke får testet den faktiske styrken til sveisen, må vi finne en måte å sveise helt gjennom på.

Vi hadde i utgangspunktet to alternativ; Sveise slik vi gjorde i første runde, men frese ned platene slik at biten der det ikke var sveist ble maskinert vekk. Eller sveise på en annen måte slik at vi fikk sveiset alt.

Etter samtaler med ScaleAQ og veileder, valgte vi å sveise på samme måte som ved første test, men med et lite mellomrom mellom de sammensveiste platene. Mellomrommet ble da «fylt» med tilsatsmateriale og det ble dermed ikke kontakt mellom de to platedelene. Dette gjorde at vi kvittet oss med en av feilkildene fra første test, der stavene først ga etter i den delen der det bare var kontakt mellom delene, og ikke sveis. Det bør gi oss en ny test som viser den faktiske styrken til sveisen, uten at den blir dratt fra hverandre før sveisen begynner

å gi etter. Samtidig var det den første metoden som ifølge bedriften ga et best sveiseresultat. Vi måtte derfor velge mellom en metode som ga et mest riktig resultat for testene, eller det fagfolkene mente ville gi best sveis. Vi var avhengig av å få brudd i sveisen, og valgte derfor en mellomløsning mellom å velge en helt annen sveisemetode, og å gjøre det slik vi gjorde i første test.

Senere produserte vi også deler for seks prøvestaver til, som vi ville prøve ulike parameter på for å se om vi fikk et annet resultat. Disse ble produsert på samme fremgangsmåte, da vi mente at vi her hadde funnet den beste måten å produsere prøvestaver på. Tre av disse delene ble lagret i en temperatur på ca.30 grader celsius frem til sveising. De tre andre ble lagret i en



Figur 16: Klar til sveising



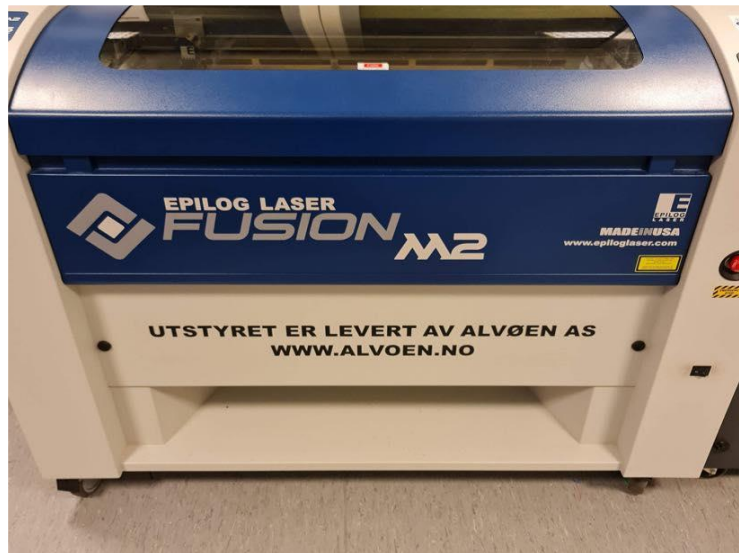
Figur 17: Ferdige prøvestaver, kan se at sveisen går gjennom

temperatur på ca.4 grader celsius. Dette vil gi oss et svar på hvordan temperatur påvirker oksidlaget og evt. sveisestyrken.

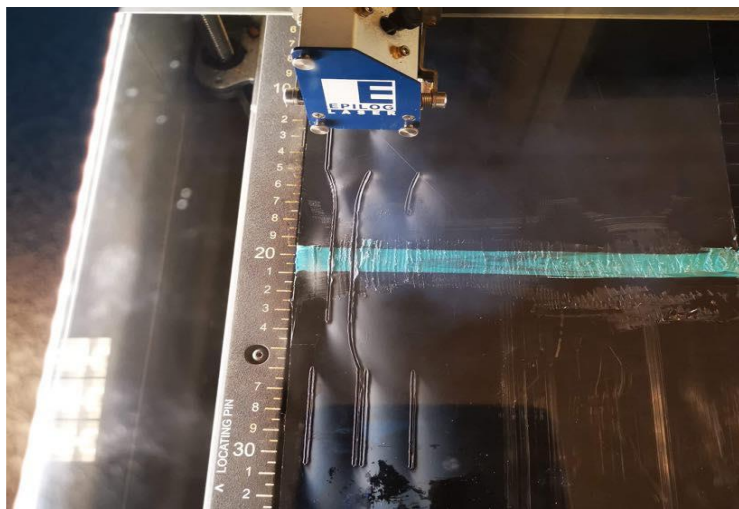
Helt på slutten av oppgaven så vi et behov for å teste en tidsperiode som var mye lenger enn det vi hadde testet til nå. Vi hadde liggende noen emner vi hadde produsert tidligere i oppgaven, og valgte derfor å lage prøvestaver ut av disse også. En utfordring med disse er at to av emnene var fra første test, og de to andre fra andre test. Prøvestavene ble likevel produsert som beskrevet ovenfor.

Etter at vi hadde sveist sammen alle delene, ble de tatt med tilbake til NTNU Ålesund der staver ble laserskjært ut fra emnene.

Slik fikk vi ut prøvestaver med mye bedre kvalitet, og var klar for å begynne testingen.



Figur 20: Lasekskjærer



Figur 18: Laserskjæring i gang



Figur 19: Ferdig laserskjært



Figur 21: Ferdige prøvestaver

3.3 Strekkprøving

Stavene ble strekktestet hos NTNU Ålesund ved bruk av en Galdabini Quasar 200. De ble oppspent som vist på figur 14 og 15 deretter strukket med en hastighet på 4 mm i minuttet.



Figur 23: testmaskin



Figur 22: oppspent prøvestav



Figur 24: Prøvestav 2.0 oppspent



Figur 25: Prøvestav 2.0 ferdigstrekt

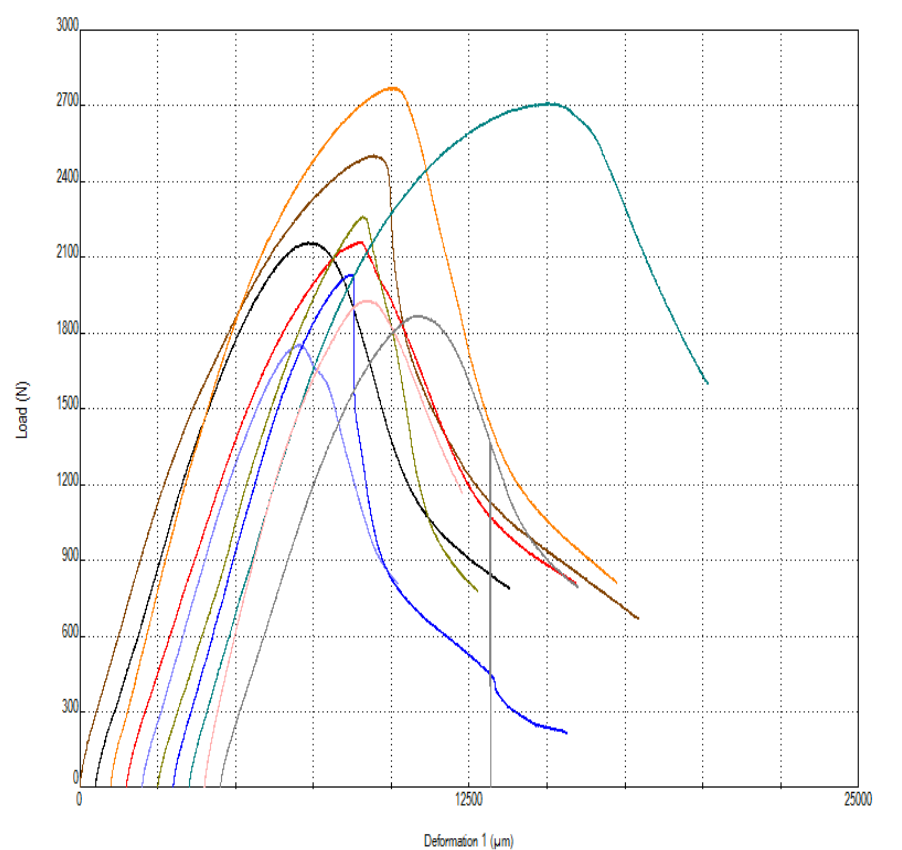
Selve strekkprøvingen ble utført av André Tranvåg ved NTNU Ålesund.

4. Resultat

I dette kapittelet finner du resultatene fra alle strekkprøvene vi har utført. Grafene og tabellene ligger også ved som vedlegg.

Vurderingene av de resultatene vi har fått, kommer i neste kapittel.

4.1. Første runde med strekkprøving



Figur 26: Grafer fra første test

I tillegg til de ti prøvestavene produserte vi to staver som ble sveist samme dag de ble produsert. Dette for å få et grunnlag vi kunne sammenligne resten av stavene med. Resultatet på disse to ble 2510N (Newton) og 2085N.

Grafen er hentet ut fra strekkprøvemaskinen, og viser forlengelsen langs x-aksen og kraften langs y-akse

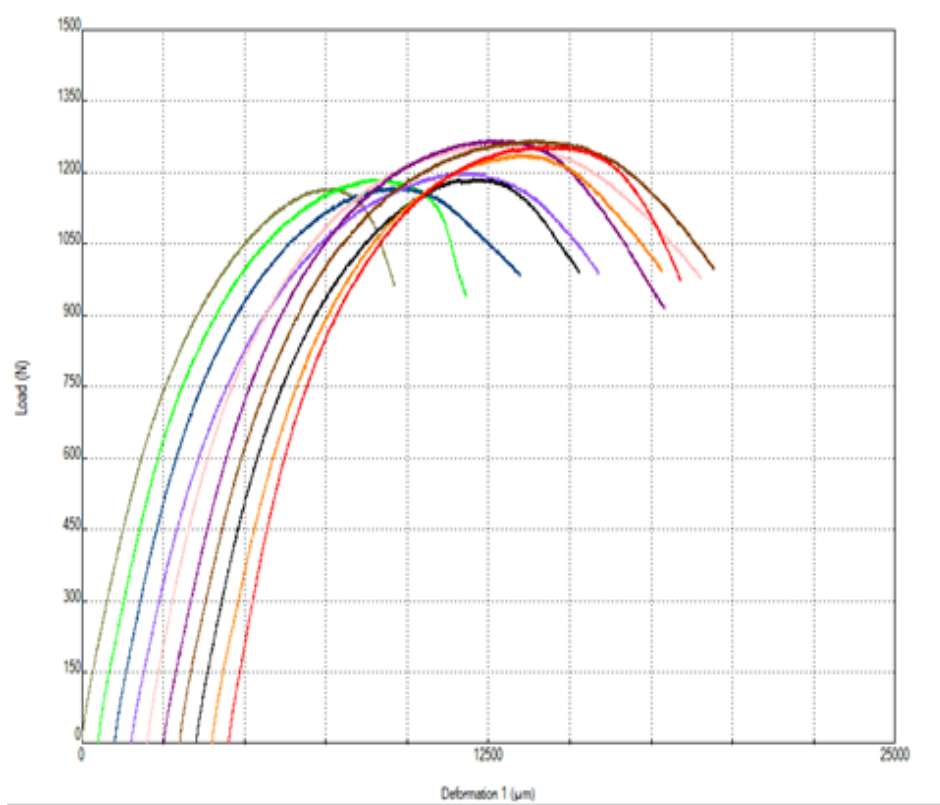
Tabell 3: Resultater fra første test

Dager*	Kraft (N)
SD**	2510
SD**	2085
1	2503
2	2157
3	2770
4	2160
5	1752
6	2260
7	2032
8	2708
9	1929
10	1868

* Dager viser til hvor mange dager det gikk fra maskinering av deler til sveising

** SD betyr «samme dag» og er de to stavene som ble skrapet rett før sveising for å gi et bilde av hvordan styrken er i vanlig produksjon

4.2. Andre runde med strekkprøving



Figur 27 grafer fra andre test

«Dager» viser til hvor mange dager det tok fra maskinering av delene til sveising. «SD» er de to stavene som ble produsert samme dag som de ble sveiset.

Grafen er hentet ut fra strekkprøvemaskinen, og viser forlengelsen langs x-aksen og kraften langs y-aksen

Tabell 4: Resultater fra andre test

Dager*	Kraft (N)
SD**	1180
SD**	1257
1	1268
2	1186
3	1238
4	1255
5	1218
6	1219
7	1232
8	1208
9	1190
10	1111

* Dager viser til hvor mange dager det gikk fra maskinering av deler til sveising

** SD betyr «samme dag» og er de to stavene som ble skrapet rett før sveising for å gi et bilde av hvordan styrken er i vanlig produksjon

4.3. Tredje runde med strekkprøving

Tabell 5: Resultater kalde staver

Kulde	Kraft (N)
Stav 1	1268
Stav 2	1257
Stav 3	1200
Snitt	1242

K1-3 er de tre stavene som ble lagret nedkjølt frem til sveising.

Tabell 6: Resultater varme staver

Varme	Kraft (N)
Stav 1	1169
Stav 2	1186
Stav 3	1167
Snitt	1174

V1-3 er de tre stavene som ble lagret i et oppvarmet lager frem til sveising.

Alle disse stavene ble produsert samme dag.

4.4. Fjerde runde med strekkprøving

Etter testene så vi et behov for å undersøke hvordan utviklingen så ut over en større tidsperiode. Vi hadde liggende noen emner fra første test, som på dette tidspunktet var 36 dager siden. Vi produserte derfor prøvestaver ut av de også for å gi oss et bilde.

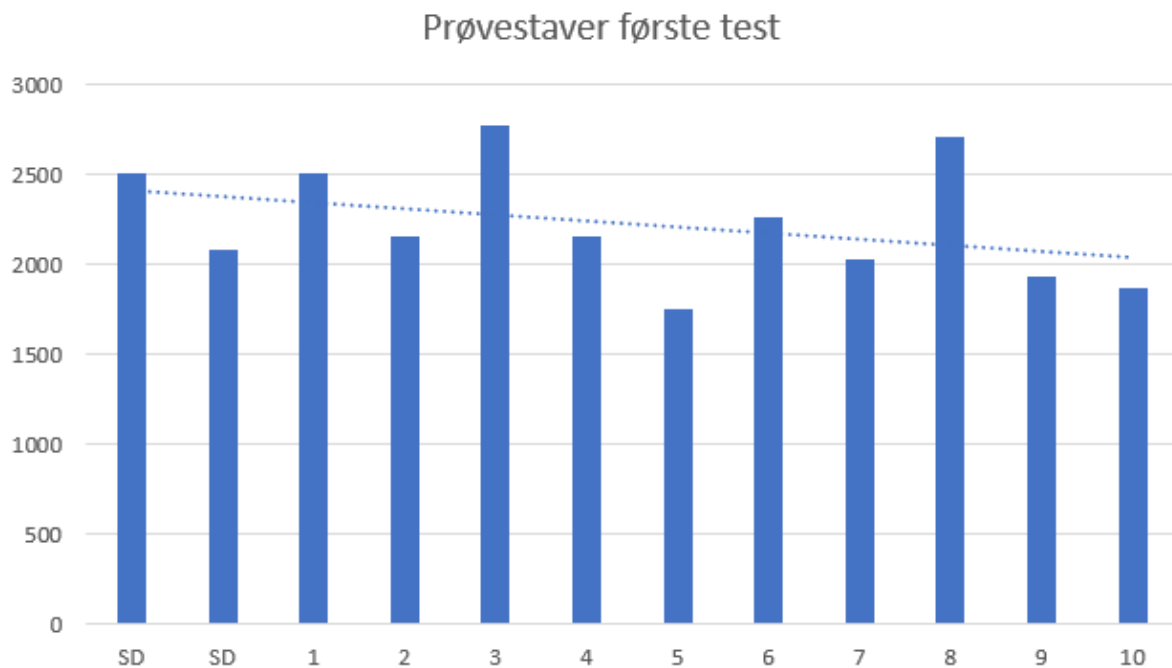
Den første av testene var av den første batchen, menst den andre testen var av den andre batchen og må derfor sammenlignes med de andre prøvestavene fra sin batch.

Den første testen ga oss et resultat på 2702N, dette var etter 36 dager

Den andre testen ga oss et resultat på 1225, dette var etter 39 dager

5. Diskusjon

5.1. Første runde med strekkprøving



Figur 28: resultat første test (y-aksen viser kraft, x-aksen viser dager før sveising)

Første runde med strekkprøving viser store variasjoner fra dag til dag, men det er vanskelig å lese veldig mye mer ut av resultatene. Største forskjellen er mellom dag fem (1752N) og dag tre (2770N). At den sterkeste staven skal være dag fem gir lite mening dersom det er en reell nedgang i styrken relativt til tid gått fra maskinering til sveising.

Man kan tegne en trendlinje som riktig nok viser en nedgang, men denne linjen er høyst



Figur 29: Prøvestaver

usikker. variasjonene mellom dagene er så store at det er vanskelig å lese noe ut av det. Vi kan derfor ikke konstatere en jevn nedgang i styrke relativt til hvor lenge det har tatt fra maskinering av materialet til sveis. Det var heller ikke en stor forskjell mellom stavene som ble sveist samme dag som de ble produsert og stavene fra de ti dagene. Det kan derfor se ut som at svaret på oppgaven er at oksidlaget ikke har relevant konsekvens for styrken på sveisen. Det ser ut til at det er andre faktorer som har mer å si, slik at oksidlaget blir en liten del av variasjonen i styrke. Dersom oksidlaget har noe å si i det hele tatt.

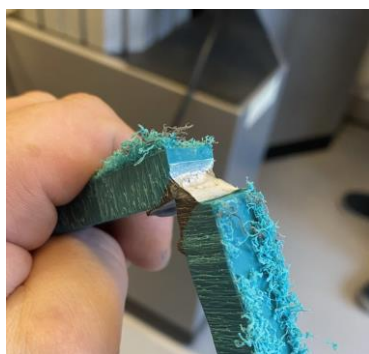
Denne testen har en del feilkilder som gjør at vi ikke vil bruke dette resultatet til å konkludere. Prøvestavene ble skjært ut med båndsgag og er følgelig ikke helt presise, noe som bryter med standarden vi har valgt å følge. Dette gjør at resultatet i praksis ikke kan brukes til noe annet enn å gi oss en indikasjon på hva vi må teste mer av. Siden stavene ikke er like geometrisk kan vi ikke regne ut for eksempel spenningen, men til nå har vi gått ut ifra at vi ikke har et behov for å vite hva den eventuelt er heller, da vi kun er ute etter å sammenligne styrken fra dag til dag. Det er likevel nyttig å få en indikasjon på hva vi bør se etter i den videre testingen.

For å kvalifisere resultatene etter første test vil vi lage nye prøvestaver som følger den valgte standarden. For å få til dette må vi finne en metode for å kunne skjære ut prøvestavene mer presist. Vi valgte å gå for en laserskjærer som vi hadde tilgang til hos NTNU Ålesund og det er nevnt mer om dette tidligere i rapporten under metode.

Dette er også viktig for at bedriften og eventuelt andre skal kunne bruke denne rapporten som et faktagrunnlag for å fastslå at oksidlaget faktisk ikke har relevant betydning for sveisekvalitet.



Figur 30: Hendelsesforløp strekktesting



Figur 31: Ikke brudd i sveis

På bilde en er emnet oppspent og klar. I bilde to har emnet begynt å strekke seg og man ser tydelig strekk/deformasjon. Her er det en ca. last på 2500N. tre har det gått over flytsonen og last/kurve har begynt å synke.

Som man kan se på figur 31 er ikke sveisen helt gjennomsvet. Det kan se ut som om sveisen ikke gir etter, men at stavene går fra hverandre i området som ikke er sveist, for å så strekke

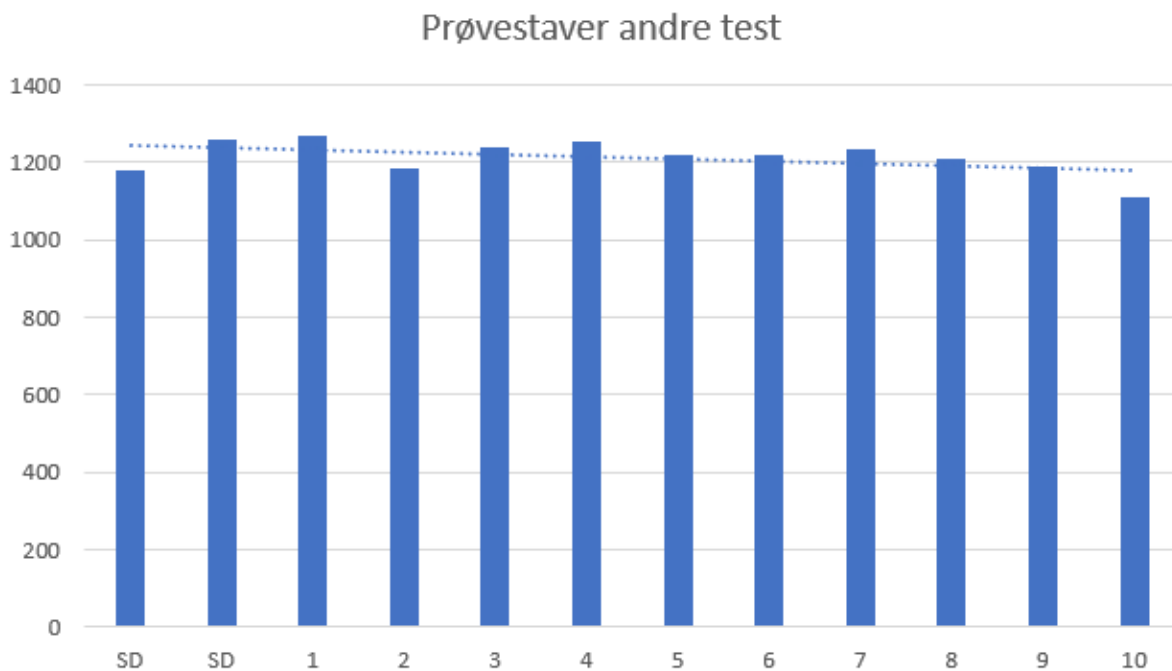
sveisen etter seg. Det er en relevant feilkilde og det kan derfor være lurt å sveise helt gjennom på de neste testene. Dette gir noen utfordringer i forhold til sveiseprosessen, og går mot det som var anbefalingen fra sveiserne angående hvordan vi skulle få best mulig sveis. Dette blir en avveining om man skal velge metoden som er best for å få en best mulig sveis, eller for å få et best mulig testresultat. Vi måtte uansett få brudd i sveisen, for å kunne måle styrken i sveisen.

Vi kan som nevnt tidligere se en liten nedgang etter hvor lenge delene står før sveising. Men det statistiske utslaget er større enn denne nedgangen. Prøvestaven som tålte mest, hadde stått i tre dager og den som tålte minst hadde stått i fem dager. Dersom vi skulle kunne bekrefte denne trenden, måtte vi brukt en lengre periode, slik at man fikk et større utvalg. Dersom man f. eks hadde gjort den samme testen over 50 dager, og sett den samme trenden, kunne en kanskje konkludert med at det er en trend, men at det ikke har så mye å si over en kort periode. Med det forbehold at avvikene i testresultatet er større enn trenden, vi måtte altså gjennomføre en ny test. Vi valgte å ikke røre lengden på perioden, siden resultatene i første test var så usikre, og ville derfor bare gjennomføre en identisk test, der vi satt inn tiltak for å redusere feilkildene. Slik kunne vi få bekreftet eller avkreftet det svaret vi fikk. Samtidig vil vi presisere at resultatene i denne testen kun kan brukes som en indikasjon, og ikke et sikkert resultat.

Resultatet av første runde med strekkprøving kan oppsummeres i tre punkter:

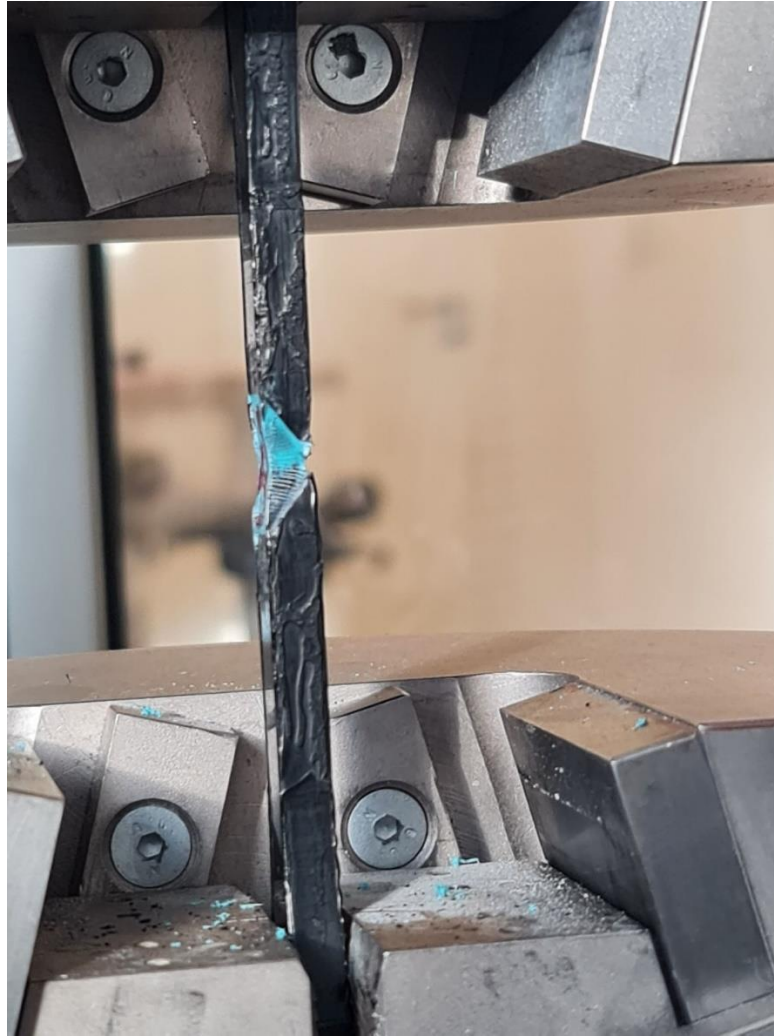
- Vi går videre med en teori om at oksidlaget ikke har relevant innvirkning på sveisekvalitet, og vil derfor ta en ny runde der vi gjør endringer for å få et bedre resultat, uten de store feilkildene.
- Første runde med testing har betydelige feilkilder som diskutert over, og den nye runden vil derfor være viktig for å finne ut om resultatene av første test er tilfeldigheter eller om vi faktisk har funnet et mulig svar på oppgaven.
- På grunn av feilkildene i disse resultatene ønsker vi ikke å bruke disse resultatene som et endelig svar på oppgaven.

5.2 Andre runde med strekkprøving



Figur 32: Resultat andre test (y-aksen viser kraft, x-aksen viser dager før sveis)

Det første vi ser på resultatene fra andre test er at det er mye mindre variasjoner fra dag til dag. Dette kan komme av at materialet er tynnere, men det gir uansett en indikasjon på at resultatet her er sikrere. Verdiene på resultatene er lavere her enn i første test, dette er en konsekvens av at vi måtte velge et tynnere materiale og skal ha lite å si for selve testen. Siden verdien er lavere, kan kanskje det bety at variasjonene også er lavere, og at det er derfor vi ser et jevnere resultat. Vi er kun ute etter å sammenligne utviklingen over tid, og det har derfor lite for seg å sammenligne disse verdiene med verdiene fra forrige test. Mindre variasjoner fra dag til dag kan også være en konsekvens av at vi denne gangen hadde en bedre sveis. Sveisen gikk helt gjennom, uten at det var kontakt mellom de to delene. Slik fikk vi brudd i sveisen hver gang uten at stavnene først går fra hverandre der det ikke er sveist for så å strekke sveisen etter seg.



Figur 33: strekt stav

Som man kan se på bildet (figur 33) har ikke staven gått helt av, det ville tatt veldig lang tid dersom man skulle strekke staven helt av og verdien som er valgt er derfor den største kraften maskinen har målt. Som man kan se på grafene i resultat kapittelet flater kraften ut, før den begynner å synke ganske kraftig. Det betyr at det er relativt lav kraft som skal til for å strekke resten, og man ville uansett ikke fått en høyere maksimal kraft. Uten å sku opp farten på maskinen vil det ta lang tid, og dermed uansett ikke gi oss noe annet resultat.

Om man setter inn en linje for å se på trenden her, kan man også her se en viss nedgang fra dag en til ti. Men igjen er nedgangen så liten at vi ikke kan konkludere med at det er slik. Andre variasjoner ser ut til å spille en langt større rolle, dersom oksidlaget spiller en rolle i det hele tatt. Det ville vært interessant å se hvordan utviklingen ville vært dersom man utførte lignende tester over en lengre periode, for eksempel en per uke i et halvår.

Ser vi på de to stavene som ble sveist samme dag som maskinering, så har vi både en som ligger i det «øvre» sjiktet av staver og en som ligger i det «nedre» sjiktet. Disse stavene skulle være utgangspunktet vårt, og burde etter hypotesen være de stavene med klart best resultat. Dette styrker teorien om at det er andre forhold enn oksidlaget som påvirker sveisekvaliteten, noe som gir grunnlag for nye undersøkelser med en annen inngangsvinkel enn å se på oksidlag. Vi har ikke hatt tid til å undersøke hva som eventuelt kan påvirke sveisekvaliteten, sett bort fra oksidlaget.

Et moment som er interessant her, som vi ikke fikk til i den første runden med strekkprøving, er at vi her får vår beste prøvestav på dag en, og den dårligste på dag ti. Ut fra teorien om at oksidlaget påvirker sveisekvalitet gir dette mening og er det resultatet vi var ute etter. Samtidig så er dag to nesten like dårlig som dag ti og det går litt opp og ned gjennom testene. Og stavene som ble skrapet rett før sveising (SD) viser lavere verdier enn dag en. Det kan derfor like godt være en tilfeldighet som en faktisk reell utvikling. Vi ser i ettertid at vi burde ha produsert flere staver hver dag, slik at vi kunne tatt gjennomsnittet mellom for eksempel tre staver istedenfor verdien av bare en. Dette kunne gitt mindre variasjoner og et enda sikrere resultat, men ville krevd at vi okkuperte strekkprøvemaskinen mye lenger.

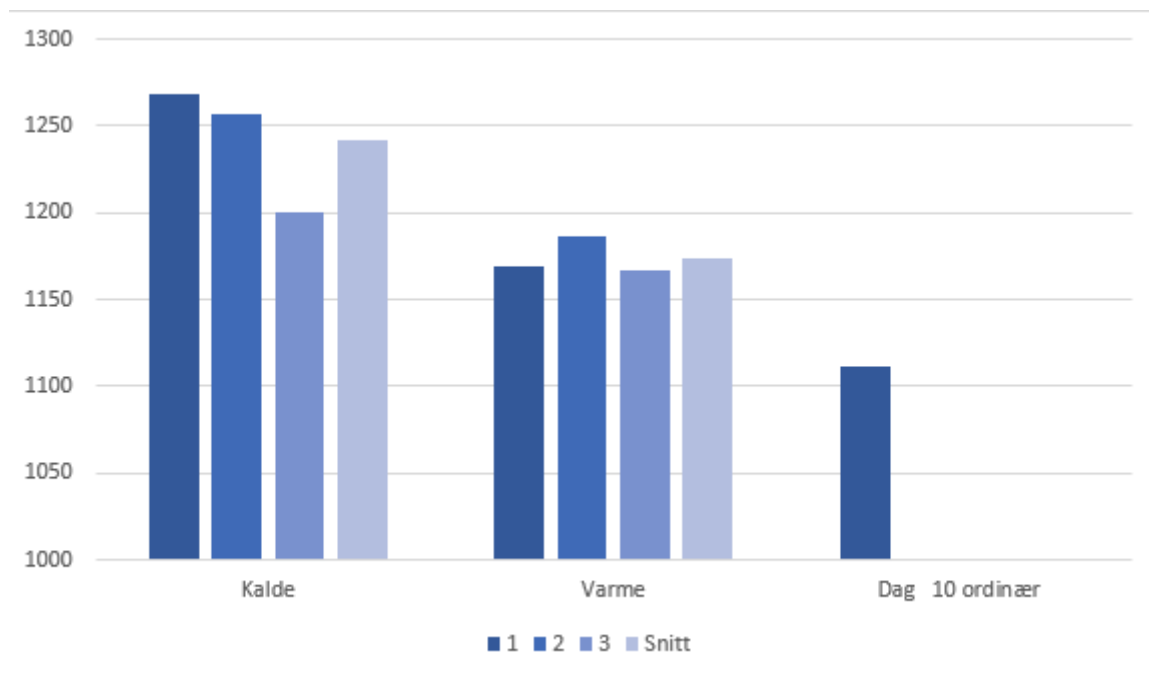
Ut fra denne runden med testing kan det se ut som oksidlaget ikke har betydning for sveisekvaliteten dersom man tar utgangspunkt i en periode på ti dager. Dette betyr at man kan produsere deler og la de ligge på lager i opptil ti dager før man sveiser de sammen. Det har mye å si for planlegging av produksjonen, for ikke å snakke om arbeidsmengde og belastning for dem som utfører oppgaven. Disse resultatene underbygger svaret vi fikk fra første runde med strekkprøving, og kan derfor peke på at feilkildene vi trodde var der, ikke var så store som vi trodde. Resultatene gir likevel nye spørsmål som vi ikke får svar på ut i fra de testene vi har gjort.

Hva er det som påvirker sveisekvaliteten? Det er ca. 6% forskjell på styrken på de to stavene som ble sveiset samme dag som maskinering. Altså staver som i utgangspunktet burde vise det samme. Det er mulig at det ligger så store variasjoner i styrken avhengig av sveiseren selv, at man må «godta» en viss variasjon. Dersom dette er tilfelle, kan det godt hente at den trendlinjen vi har funnet stemmer, men at variasjonene av andre årsaker er så store at oksidlaget får liten relevans innenfor den perioden vi har valgt.

Er trenden vi ser reell? For å finne ut dette må man kjøre tester over en større periode, for ti dager er for lite til å se en reell nedgang (13% nedgang fra dag en til ti). Dersom vi hadde

utført denne testen over 50 dager, og sett den samme trendlinjen, hadde det vært naturlig å konkludere på en annen måte.

5.3 Tredje runde med strekkprøving



Figur 34: varme, kalde, ordinær y-aksen viser kraft

En del av oppgaven var å teste hvilke parameter vi eventuelt kunne endre for å påvirke tiden det tar før kvaliteten på sveis blir for dårlig. Resultatene fra de to forrige testene gir et bilde av at oksidlaget ikke har en stor betydning innenfor den tidsperioden vi har valgt. Å begynne med endringer av forskjellige parameter for å eventuelt å forlenge tiden det tar før sveisen blir betydelig svekket, har derfor lite for seg.

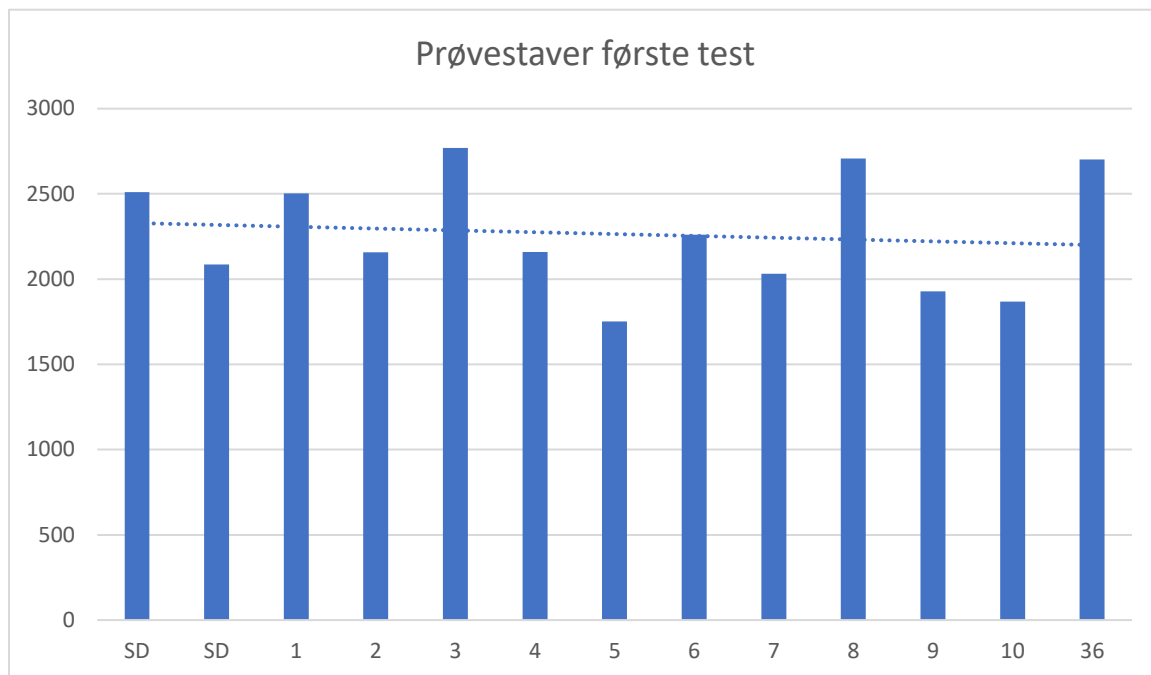
Vi har likevel valgt å teste hvordan temperatur påvirker styrken, og dette er et godt supplement til de andre resultatene i denne rapporten, som gir et godt utgangspunkt for fremtidige tester. Vi vet fra teorien at oksidasjon skjer raskere når temperaturen øker, og disse testene bekrefter langt på vei dette. Disse seks stavene ble alle sveiset ti dager etter produksjon. Målet med testene er å sammenligne styrken på prøvestaven med dag ti i den ordinære testen (andre testrunde, siden det er denne type prøvestaver).

Det første man kan se av resultatene er at begge gruppene med prøvestaver har høyere verdier enn dag ti av den ordinære testen. Dette er en del av problemet med alle testene der variasjonene er så store som de er. Hadde vi hatt et større utvalg av dag ti staver, som vi kunne tatt gjennomsnittet av, er det mulig vi kunne fått et sikrere resultat her også. Ser man bort fra at begge gruppene med staver (varme og kalde) fikk høyere verdier enn den ordinære dag ti staven, så kan man tolke resultatene slik at de stemmer med hva vi vet om oksidlag. Dette viser litt av svakheten med hele oppgaven, der naturlige variasjoner og tilfeldigheter kan ha store utslag. Disse resultatene må derfor leses med det forbeholdet.

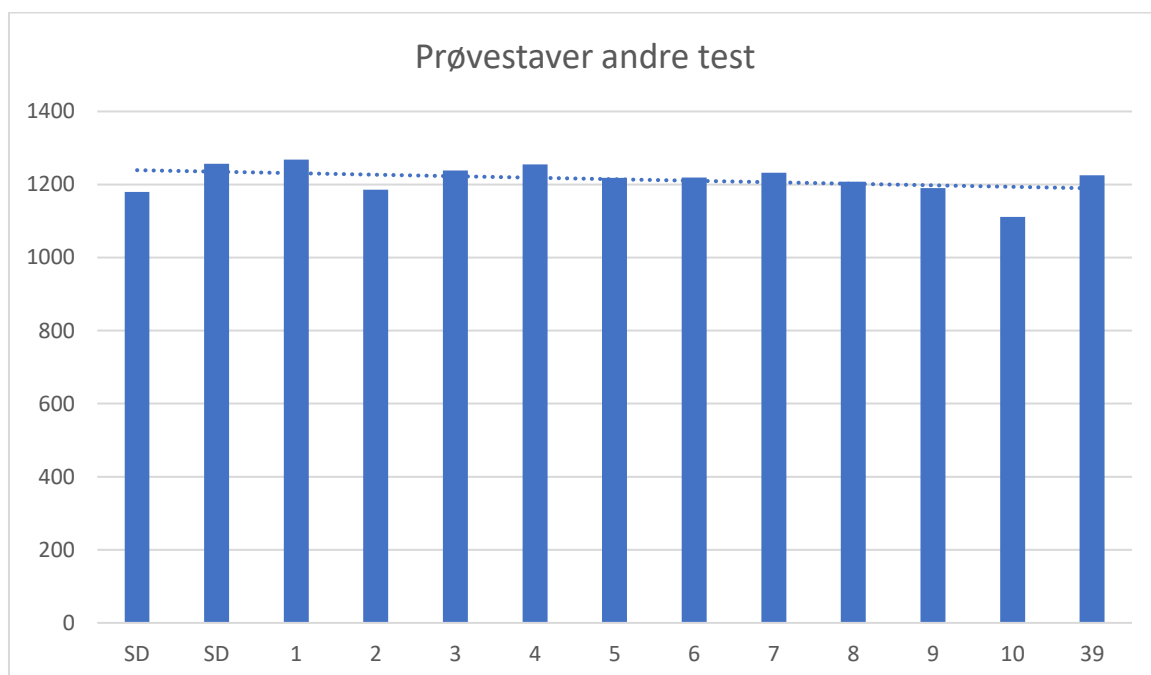
Testene viser at stavene vi har holdt kalde frem til sveising ligger på et jevnt høyere nivå enn dag ti testen av de ordinære stavene. En av stavene er faktisk den beste av alle vi testet. Dette kan selvsagt igjen være en tilfeldighet. Når det er så små utslag, er det vanskelig å lese veldig mye inn i det.

Vi ser også fra resultatet at stavene vi hadde holdt varme også hadde høyere verdier enn den ene ordinære dag ti staven vi hadde. For å kvalifisere disse funnene må det altså gjennomføres nye tester der en prøver å motvirke de store variasjonene i resultat. Dette kunne kanskje løses ved at man velger en lenger periode, som bør gi en større nedgang i styrke på den ordinære staven. «Naturlige» variasjoner i styrke blir dermed kanskje en mindre andel av den totale nedgangen.

5.4 Fjerde runde med strekkprøving



Figur 35: Resultat fjerde test sammenlignet med første test



Figur 36: Resultat fjerde test sammenlignet med andre test

Fjerde runde med strekkprøving var i praksis testing av to prøvestaver, med en betydelig lenger periode før sveising enn tidligere.

Vi hadde liggende ferdig utskjærte emner fra de tidligere testene når vi hadde gjennomført

runde tre med strekkprøving. Vi så at vi hadde behov for å teste en betydelig lenger periode, men hadde ikke nok tid igjen til å sette i gang en skikkelig test på flere måneder. Vi valgte å lage prøvestaver ut av det vi hadde liggende, som allerede hadde blitt maskinert til emner, og egentlig var klare for sveising. En utfordring med disse emnene var at de kom fra forskjellige tester tidligere. Slik av resultatene må sammenlignes med både testrunde en, og testrunde to.

Den ene staven ga et resultat på 2702 og må sammenlignes med resultatene fra første runde med prøvestaver. Dette resultatet ligger over snittet av de første resultatene.

Den andre staven ga et resultat på 1225 og må sammenlignes med resultatene fra andre runde med prøvestaver. Her også ligger resultatet over snittet.

36 dager, og 39 dager, er tilfeldige perioder som kan forklares i at vi var avhengig av at sveiser hadde tid til å sveise stavene. Målet med å teste disse to stavene var å få et siste resultat som kunne gi oss en indikasjon på hvordan en fremtidig test der man ser på en større tidsperiode ville sett ut.

Med forbehold om unøyaktighetene som tidligere er nevnt i første runde med strekkprøving, så ga disse to stavene et veldig overraskende resultat, vi hadde forventet at nedgangen fortsatte. Også staven som må sammenlignes med andre test, viser et langt høyere resultat enn det vi hadde forventet. Vi trodde frem til nå, at oksidlaget hadde en reell påvirkning. Men at denne påvirkningen var veldig liten, over en så kort periode som vi hadde valgt. Resultatene fra denne testen kan peke på at man må opp på en veldig lang periode før man faktisk ser en nedgang.

Resultatene sammenlignet med deres respektive sammenlignbare resultater i første og andre test gjør at vi heller ikke etter nesten 40 dager kan påvise en reell nedgang i styrken på sveisen. Dette betyr at dersom man skal gjennomføre nye tester med mål om å finne et kritisk tidspunkt der styrken på sveisen er betydelig svekket, må man ha en enda lenger periode enn dette. Man må få en nedgang som er så stor, at de naturlige avvikene ikke kan snu hele konklusjonen. Det kan se ut som man må opp på langt over 2 måneder før man ser en slik nedgang.

5.5 Generell diskusjon

Ut fra det kunnskapsgrunnlaget vi hadde tilgjengelig har vi gjennomført en rekke tester som har gitt oss en indikasjon på at oksidlaget ikke har så mye å si for sveisekvaliteten. Dersom det har en innvirkning, så er det i hvert fall ikke i den graden hypotesen vi hadde i starten av

oppgaven gikk ut ifra. Og man kan se helt vekk fra minutt og timer som kritiske. Vi ser at det er en del variasjoner i resultatene som vi ikke har greid å redusere nok. Dersom vi skulle gjennomført nye tester, ville vi produsert et større antall prøvestaver. Da kunne vi tatt gjennomsnittet av resultatene hver dag, og kanskje fått et «jevner» resultat.

Første runde med strekkprøving ga oss et bilde av at oksidlaget kanskje ikke hadde så mye å si for sveisekvaliteten innenfor den perioden vi hadde valgt. Flere feilkilder og et litt utydelig resultat førte likevel til at vi ikke ville bruke disse resultatene til noe annet enn å gi oss en indikasjon. Andre runde med strekkprøving var laget for å verifisere den første. Denne gangen hadde vi større fokus på å produsere prøvestaver som møtte standarder, og på den måten få et resultat som kan brukes offisielt.

Andre runde med strekkprøving ga mye av det samme svaret som første runde, men viste et mye tydeligere svar. Et veldig jevnt resultat over ti dager gir et bilde av at oksidlaget ikke har betydning for sveisekvalitet. Resultatene viser likevel en viss nedgang. For å bekrefte dette må man teste over en lenger periode, med et større utvalg prøvestaver hver produksjonsdag.

Vi ser at vi burde ha gjort en kontinuerlig test helt fra starten, der vi produserte for eksempel tre prøvestaver samme dag en gang i uken i flere måneder. På denne måten ville vi fått et resultat som strakk seg over en større tidsperiode, som vi kunne avsluttet først når vi så at vi hadde tilstrekkelig nedgang i styrke. Vi tror at den trenden vi har sett tendenser til i våre resultat er reell, og at oksidlaget derfor har en påvirkning på styrken. Men at dette skjer over en mye større tidsperiode enn først antatt.

Dersom det er slik at variasjonene fra dag til dag skyldes naturlige variasjoner som det er vanskelig å gjøre noe med, kan det bety at grunnen til at oksidlaget ser ut til å ha liten relevans, være at nedgangen er liten i forhold til de større variasjonene. Dersom vi hadde gjennomført en test med en mye lenger tidsperiode, ville vi kanskje fått en nedgang som var så stor at den naturlige variasjonen ble mindre relevant. Vårt tips til en eventuell fremtidig test vil være å følge disse vurderingene. Det kan også være nyttig å undersøke hvilke andre faktorer som spiller inn på styrken til sveisen.

Vi har ikke benyttet oss av OIT testen da vi ikke hadde tilgang til utstyret som trengs, og det ikke virket relevant for oppgaven. Dersom vi hadde funnet et resultat som pekte på at oksidlaget var et problem, kunne det vært interessant å undersøke hvor bra dette materialet egentlig var, og om det finnes bedre alternativ. Den kunne kanskje også være interessant for å

se hvordan utviklingen ser ut for materiale som har ligget lagret ute lenge, eller som kommer fra underleverandører.

Vi utførte en test som tok for seg temperatur. Denne testen indikerte at kulde er bedre enn varme, selv om begge deler viste seg å være bedre enn den ordinære testen. Det betyr at dersom en bedrift får en vareleveranse av deler som blir lagret ute i vær og sol, kan altså dette ha en ganske stor konsekvens.

Selv om oksidlaget ikke får en reell innvirkning før det har gått flere måneder, så vil det fortsatt være relevant å finne det kritiske tidspunktet. Man vet ikke alltid hvor lenge, eller hvordan deler man får fra underleverandører har vært lagret. Dette betyr at dersom man skal sveise på en overflate som er maskinert hos en underleverandør, vet man ikke hvor lang tid det har fått fra maskinering, til man får den. Og teoretisk kan det ha gått flere måneder.

6. Konklusjon

På bakgrunn av de testene vi har gjort, konkluderer vi med en teori om at oksidlaget ikke har relevant betydning for sveisekvaliteten dersom man forholder seg til en periode på ti dager. Ut fra testene ser vi at andre faktorer gjør at du kan få en like god sveis dersom du sveiser rett etter maskinering, som dersom du sveiser etter ti dager. Vi har ikke gjennomført undersøkelser for å finne ut hvilke andre faktorer som kan spille inn.

Vi ser også at det er bedre å holde delene kjølig enn å holde de varme, det vil altså ikke lønne seg å varme opp et lagerbygg. Men det kan være lurt å holde det på en viss temperatur. Disse faktorene trenger mer testing for å gi et sikrere resultat, da alle ga høyere verdier enn våre ordinære staver. Det kan også i fremtiden være interessant å undersøke hvilken temperatur som er «optimal» Dersom oksidlaget har betydning over en større periode enn ti dager, vil det være relevant å se om eventuell nedkjøling av delene til forskjellige temperaturer kan motvirke det problemet.

Konklusjonen betyr at «skraping» av delene ikke er en nødvendig prosess, men bare ekstraarbeid (innenfor en tidsperiode på ti dager). Svaret på spørsmålet som dannet grunnlaget for oppgaven er derfor slik vi tolker disse resultatene, at man i stor grad kan se bort fra oksidlaget, innfor en periode på ti dager, og kanskje så lenge som 40 dager.

Selv på tester av deler som ble sveiset hele 36 og 39 dager (fjerde runde med strekkprøving) etter maskinering ser vi ingen tendenser til at styrken er svekket. De dårligste stavene er

fortsatt staven som ble sveiset etter fem dager, og staven som ble sveist etter en dag i henholdsvis testrunde en og to.

Denne konklusjonen må likevel leses med et forbehold. Konklusjonen vår er vår teori. Og vi har påpekt flere momenter som bør gjennomgås grundigere for å kvalitetssjekke den teorien. En bør gjennomføre flere tester for å verifisere svaret, der man gjerne har et større utvalg per produksjonsdag for å redusere ujevnheter. Man bør også utføre tester over en større tidsperiode for å finne det kritiske punktet der oksidlaget får for mye betydning, i tillegg til at man får en nedgang som er større enn feilkildene som vi har gått ut ifra er naturlige variasjoner. Det kan også være smart å undersøke hvordan en kan redusere disse variasjonene, eller så godt som fjerne de. Hva som kan regnes som for stor nedgang i styrke bør også avklares. Det har ikke vært naturlig for oss å vurdere hvor stor nedgang som er akseptabel da vi ikke har kunnet konstatere en reell nedgang i styrken over tid, som er større enn de naturlige variasjonene. I våre tester ser det ut til at styrken like godt kan være dårligst etter en dag, og best etter 40.

Vi vil også anbefale at man produserer flere identiske prøvestaver, og tar gjennomsnittet av resultatene over en mye lenger periode enn det vi har lagt til grunn. For eksempel som nevnt flere ganger tidligere, at man produserer tre (samme dag) hver uke frem til man ser en tydelig, nedgående trend i styrken.

Referanser

Almar-Næss, A., 2018. *SNL*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/anodisering>
[Funnet 10 12 2020].

Almar-Næss, A., 2019. *SNL*. [Internett]

Available at: <https://snl.no/materialprøving>
[Funnet 20 09 2020].

Astrup AS, 2020. *Astrup*. [Internett]

Available at: [file:///C:/Users/espen/Downloads/Plastkatalog_HIGH_jan_2015_red%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/espen/Downloads/Plastkatalog_HIGH_jan_2015_red%20(1).pdf)

Ceresana, 2019. *Market study: Polyethylene - HDPE*. [Internett]

Available at: <https://www.ceresana.com/en/market-studies/plastics/polyethylene-hdpe/>
[Funnet 22 09 2020].

corrosionpedia, 2015. *corrosionpedia*. [Internett]

Available at: <https://www.corrosionpedia.com/definition/1619/oxide-layer>
[Funnet 02 11 2020].

Galdabini, 2020. *Galdabini*. [Internett]

Available at: <https://www.galdabini.eu/datasheets/quasar-200>
[Funnet 09 10 2020].

Hofstad, K., 2020. *SNL*. [Internett]

Available at: https://snl.no/teknisk_standard
[Funnet 15 10 2020].

Høgskolen i Gjøvik, 2020. *ansatt.hig.no*. [Internett]

Available at:

[http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/9.%20mekaniske%20egenskaper%20og%20testing/Materiallaere-IM-9-Mekaniske%20egenskaper%20og%20testing%20\(IM+TDL\)-10.pdf](http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/9.%20mekaniske%20egenskaper%20og%20testing/Materiallaere-IM-9-Mekaniske%20egenskaper%20og%20testing%20(IM+TDL)-10.pdf)

Munsch Plastic Welding Technology, 2020. *Munsch Plastic Welding Technology*. [Internett]

Available at: <https://munsch-kunststoff-schweisstechnik.de/en/product-detail/mak-25/>

NDLA, 2018. *NDLA*. [Internett]

Available at: <https://ndla.no/subjects/subject:28/topic:47c00c4d-baf3-4b87-9771-8fdd5ad282ce/topic:1:24813/topic:1:45061/resource:1:82555?filters=urn:filter:84d4651b-fc52-4876-a066-f8567ecf79a6>

[Funnet 20 11 2020].

Ore, S., 2017. *SNL*. [Internett]

Available at: https://snl.no/sveising_av_plast
[Funnet 20 11 2020].

Pedersen, B., 2019. *SNL*. [Internett]
Available at: <https://snl.no/oksidasjon>
[Funnet 24 10 2020].

Peng Ye, B.-C. T., u.d. *PerkinElmer*. [Internett]
Available at: https://www.perkinelmer.com/lab-solutions/resources/docs/APP_HowToOptimizeOITTests.pdf
[Funnet 10 12 2020].

Standard Norge, 2020. *Standard Norge*. [Internett]
Available at: <https://standard.no/standardisering/>

Tveit, I. R., 2020. [Internett]
Available at:
<http://www.ansatt.hig.no/henningj/materialteknologi/Materiallare/arbeidsplan/plastmaterialer/Plast-varmforming-sveising-bearbeiding,%20Reidar%20Tveit.pdf?fbclid=IwAR0ApxCNKfY0lI0F49cTYlwKFS7kSkHr13YzXfZ30UnlCWTw2UDdqp88IY>

UNSW, 2013. *materials.unsw.edu.au*. [Internett]
Available at: <http://www.materials.unsw.edu.au/tutorials/online-tutorials/2-formation-oxide-layer>
[Funnet 25 09 2020].

