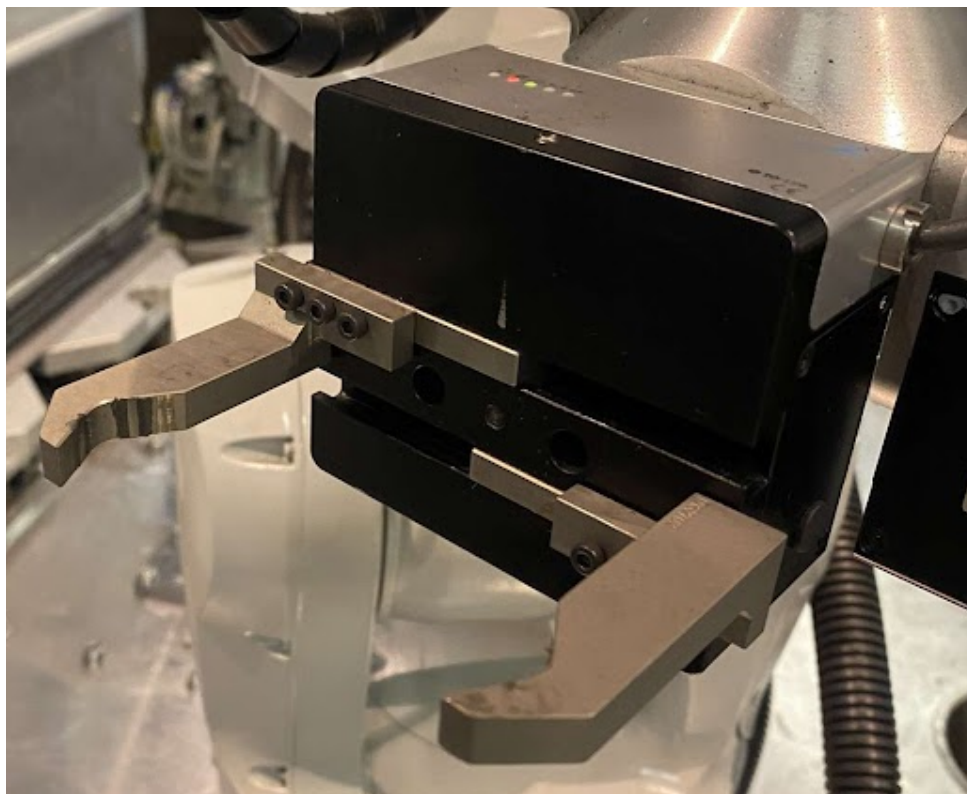




CHALMERS



Förlängning av livslängd för gripverktyg

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

MARIA RUNNEBERGER
VICTOR STRANDH

Institutionen för Mekanik och Maritima vetenskaper

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Gothenburg, Sweden 2023

www.chalmers.se

Förord

Examensarbetet har omfattat 15 HP och genomförts på uppdrag från Volvo Group Truck Operations. Projektet genomfördes under vårterminen 2023 från utbildningen Maskinteknik 180 hp på Chalmers Tekniska Högskola.

Vi vill tacka Volvo Group Truck Operations för möjligheten till projektet. Extra tack till våra handledare på Volvo, Johanna Andersson och Richard Holgersson samt Dan Nordberg för all hjälp genom projektet. Vi vill även passa på att tacka Jim Brouzoulis för all handledning på Chalmers.

Sammanfattning

Examensarbetet genomförs på Volvo Group Trucks Operations i Skövde med målet att förlänga livslängden på ett gripverktyg som används för att gripa små cylindriska detaljer. Problemet är att gripverktyget utsätts för utmattning genom upprepade greppningar vilket leder till att verktyget behöver bytas ut var tredje månad för att undvika avbrott i produktionen.

För att lösa detta problem samlades all viktig information om gripverktyget in och en FE-analys av det befintliga verktyget utfördes för att identifiera dess geometriska svagheter. Baserat på denna information genererades nya koncept som sedan analyserades och optimerades för att uppnå så lång livslängd som möjligt.

För att utvärdera sprickbildning, härdning och materialstruktur skickades ett sprucket gripverktyg till ett materiallabb på Volvo. Resultaten av dessa analyser användes sedan för att presentera en ny och förbättrad geometri tillsammans med ett alternativt material med specifik behandling. Simuleringar av det förbättrade gripverktyget visade en betydligt längre uppskattad livslängd jämfört med det tidigare verktyget, vilket visar att det nya konceptet har potential till en längre livslängd.

Abstract

The thesis project is carried out at Volvo Group Trucks Operations in Skövde with the aim of extending the lifespan of a gripping tool used to move small cylindrical parts. The problem is that the tool is subjected to fatigue due to repeated gripping, which leads to it needing to be replaced every three months to avoid interruptions in production.

To solve this problem, all relevant information about the gripping tool was gathered and an FE-analysis of the existing tool was conducted to identify its geometric weaknesses. Based on this information, new concepts were generated and then analyzed and optimized to achieve the longest possible lifespan.

To evaluate crack formation, hardening, and material structure, the fractured tool was sent to a material lab at Volvo. The results from these analyses were then used to present a new and improved geometry along with an alternative material with specific treatment. Simulations of the improved gripping tool showed a significantly longer estimated lifespan compared to the previous geometry, which shows that the new concept has potential for a longer lifespan.

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	4
1. Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	5
1.3 Mål	5
1.4 Avgränsningar	5
2. Metod	6
2.1 Informationsinsamling	7
2.2 Kravspecifikation	7
2.3 Idégenerering	7
2.4 3D-modellering av gripverktyg	7
2.5 Analys av gripverktyg	7
2.5.1 Belastningsfall och infästningsvillkor	7
2.5.2 Resultatverifikation	8
2.6 Reduktion av antal koncept	8
2.8 Materialanalys av befintligt gripverktyg	9
2.9 Generera alternativa material	9
3. Resultat	11
3.1 Informationsinsamling	11
3.2 Analys av befintligt gripverktyg	11
3.3 Resultat materialanalys	13
3.4 Konceptgenerering	14
3.5 Reduktion av antalet koncept.	16
3.6 Analys av framtagna koncept	17
4. Vidareutveckling koncept	18
4.1 Kombination koncept	18
4.2 Optimering av radier	19
4.4 Val av koncept	21
4.5 Generering alternativa material	22
4.6 Val av material	23
5. Diskussion	24
5.1 Projektet i allmänhet	24
5.2 Geometri	25
5.3 Material	26
6. Slutsats	27
7. Bilagor	28

1. Inledning

I rapportens inledande del presenteras kort bakgrund av företaget samt problemet.

1.1 Bakgrund

Volvo Group Truck Operations är en enhet inom Volvo Group som tillverkar lastbilar, bussar och motorer. En av deras största produktionsanläggningar finns i Skövde där de bland annat tillverkar motorer till lastbilar och andra tunga fordon. Anläggningen jobbar även mot en mer miljövänlig fordonsindustri genom forskning och utveckling av nya teknologier.

I en av monteringsfabrikerna har produktionen problem med gripfingrarna på en monteringsrobot. Det bildas utmattningssprickor från upprepade greppningar vilket gör fingrarna obrukbara. Roboten arbetar med att flytta små cirkulära detaljer med en kort cykeltid och många greppningar. I dagsläget går gripfingrarna sönder cirka en gång var tredje månad. För att undvika akuta stopp i produktionsflödet infördes en rutin med förebyggande underhåll genom att byta gripfingrarna innan sprickor uppstår. I dagsläget är det oklart hur spänningsfördelningen ser ut och hur stora spänningar som uppstår vid greppning. Samt är det okänt i vilken grad materialet utmattas. Det behöver också utvärderas om geometrin och materialet är optimalt för utmattning.

1.2 Syfte

Examensarbetet syftar till att förbättra produktionen och flödet genom att minska produktionsstoppen för byte av detta verktyg. Detta genom att arbeta för att minska spänningarna i verktyget och således förbättra livslängden på verktyget.

1.3 Mål

Målet med arbetet är att presentera minst ett nytt koncept på gripfingrar till uppdragsgivaren (konstruktionsavdelningen på Volvo GTO). Koncepten ska ha en mer utmattningshållfast geometri och förslag på alternativa material för en längre livslängd.

1.4 Avgränsningar

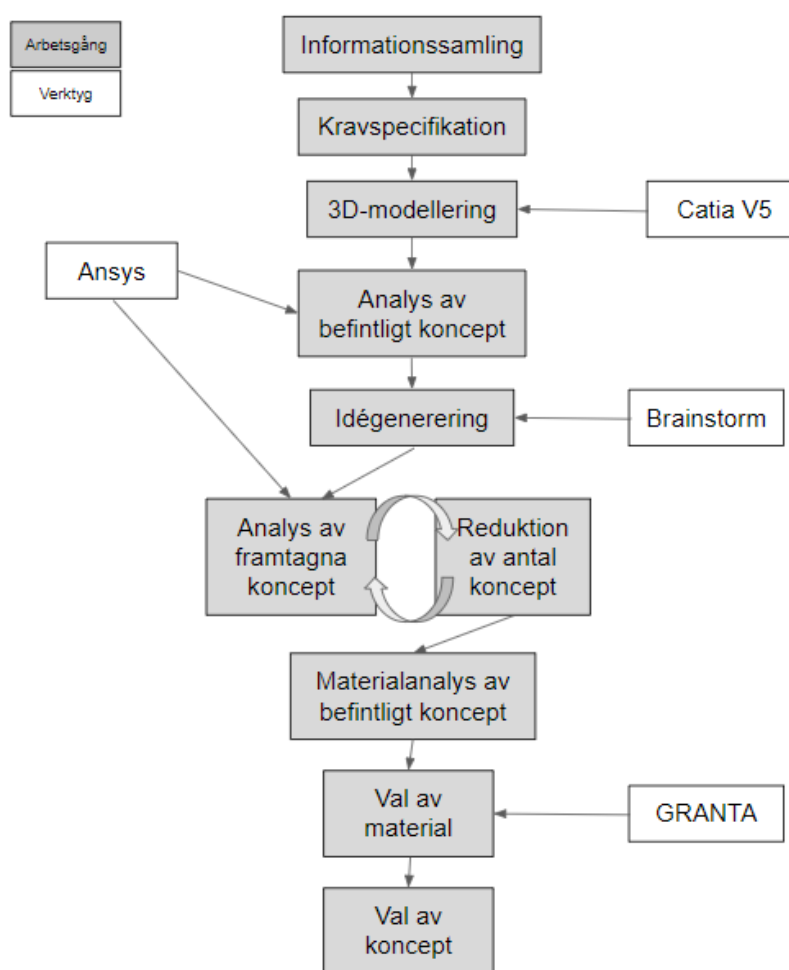
Arbetet begränsas till numeriska simuleringar och det kommer därmed inte att innefatta en fysisk modell utan endast CAD-modell samt ritningar på gripverktyget. Kostnader kring tillverkning kommer inte att studeras, dock beaktas kostnader av alternativa material.

2. Metod

För att uppnå målet med att ta fram ett nytt koncept struktureras projektet enligt följande:

- Informationssamling.
- Kravspecifikation.
- 3D-modellering av gripverktyg.
- Analys av gripverktyg.
- Idégenerering.
- Reduktion av antal koncept.
- Materialanalys av befintligt koncept.
- Generera alternativa material.
- Val av material.
- Val av koncept.

En visuell överblick ges i figur 1.1.



Figur 1.1. Flödesschema av arbetsgång, och de verktyg som används för att genomföra projektet

2.1 Informationsinsamling

För att få förståelse för problemet hölls möten med konstruktionsavdelningen på Volvo GTO samt underhållspersonal i produktion i början av projektet. Där samlades information om gripverktygets cykeltid, antal greppningar, ungefärlig livslängd, belastning samt ritningar. Även målen och leveranserna med arbetet fastställdes. Därefter kom möten att hållas varje månad för avstämning och lägesuppdatering.

2.2 Kravspecifikation

En kravspecifikation framställs för att tydliggöra de krav och önskemål som är viktiga för en ny produkts funktioner. I en kravspecifikation ska det även formuleras hur man kan verifiera och mäta de krav och önskemål som produkten ställs inför. I detta arbete framtog en kravspecifikation med de kriterier som ansågs viktiga för att förbättra det befintliga gripverktyget. Datan bestämdes utifrån nuvarande gripverktyg. Denna kom sedan att vara till hjälp för att filtrera de koncept som utvecklades. Kravspecifikationen presenteras i bilaga 1.

2.3 Idégenerering

I arbetet användes brainstorming för att komma fram till olika möjligheter på gripfingrarnas design för att förlänga livslängden. De olika ideerna diskuterades fram och skissades för hand. Under idégenereringen användes inget verktyg för att jämföra dem åt, utan koncepten analyserades i kommande steg.

2.4 3D-modellering av gripverktyg

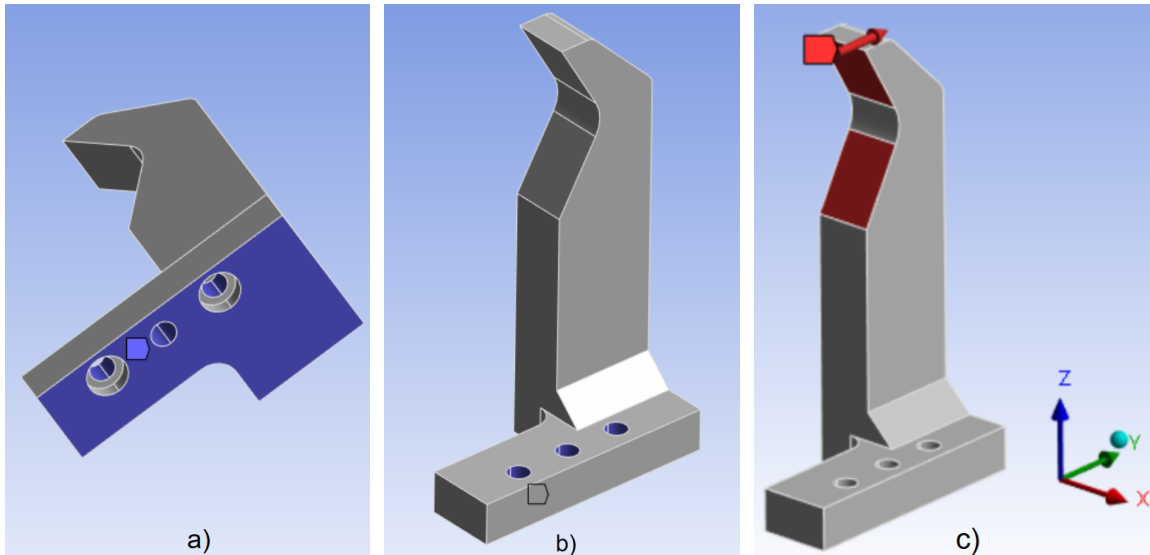
Gripverktyget konstruerades utifrån ritning med CAD-verktyget Catia V5. I arbetet användes CAD för att konstruera befintligt gripverktyg, men också för att göra förändringar som kan förlänga livslängden. Mjukvaran underlättar också FE-analyser då det är simpelt att exportera detaljerna till lämpligt FE-mjukvara, exempelvis Ansys.

2.5 Analys av gripverktyg

För att analysera olika koncept av gripverktyget utfördes FE-analyser med mjukvaran Ansys Mechanical för samtliga koncept. I huvudsak fokuserade analysen kring livslängdssimuleringar med stöd av verktyget *fatigue tool* men även andra verktyg som *convergence tool* och *biaxiality* användes för att kontrollera trovärdigheten av resultaten.

2.5.1 Belastningsfall och infästningsvillkor

För att få användbara resultat av FE-analysen är det av stor vikt att bestämma lastfall och infästningsvillkor. Lastfall och upplagsvillkor som används i samtliga simuleringar visas i figur 2.1.



Figur 2.1 a-c, där a) visar infästningsvillkor på bottenplattan, b) visar infästningsvillkor i infästningshålen och c) visar lastfall på gripvinkeln..

Infästningsvillkoren är friktionslöst stöd i botten av strukturen och i infästningshålen. Detta villkor förhindrar rörelse i normalens riktning till ytan som villkoret applicerats på, se figur 2.1 a-b. Lastfallet verkar på de delar av gripvinkeln som kommer i kontakt med detaljerna som verktyget är avsett för. Riktningen på kraften är endast applicerad som en komponent i y-axelns riktning (se pil i figur 2.1 c).

2.5.2 Resultatverifikation

När FEA utvärderas är det av vikt att resultatens pålitlighet verifieras. För att säkerställa resultatens nätkonvergens förfinades elementstorleken i området med högst spänningar och resultaten evalueras igen. Är resultaten likvärdiga de före förfiningen av elementstorleken är det trovärdigt. Elementen som användes var tetrahedrar med kvadratisk approximation av förskjutning och för att bekräfta konvergens användes *convergence tool*.

Livslängdsanalysen är spänningsbaserad och använder en SN-kurva för enaxlig utmattning. Därför är det av stor vikt att utvärdera ifall spänningstillståndet är fleraxligt i de områden med högst påkänning. Ett fleraxligt spänningstillstånd ger en opålitlig uppskattning av utmattninglivslängden medan ett enaxligt ger ett resultat som kan tolkas som pålitligt. Verktöget *biaxiality* i Ansys Mechanical användes för att kontrollera axialiteten i strukturen, visade det sig att resultatet var 0 så var det ett enaxligt spänningsfall i området och således ett pålitligt resultat.

SN-kurvan som livslängdsanalysen bygger på går att konfigurera till en reducerad SN-kurva som är anpassad till den miljön som strukturen är utsatt för. Detta medför en mer verklighetstrogen analys då den ursprungliga SN-kurvan är baserad på en ideal miljö. Samtliga resultat presenterade i rapporten har kontrollerats med avseende på konvergens och fleraxlighet, dock presenteras inte resultaten av dessa studier.

2.6 Reduktion av antal koncept

Koncepten som framtagits under idégenereringen eliminerades i samråd med underhållstekniker på Volvo samt uppdragsgivaren utifrån vad som är applicerbart i produktionen och vilka ändringar som är möjliga att göra i robotens program samt gripdon. De koncept som sedan valdes att jobba vidare

med utvärderades utifrån livslängd och därefter eliminerades de koncept med kortast livslängd. Därefter kombinerades de koncept som gav goda resultat för att generera ytterligare koncept.

2.8 Materialanalys av befintligt gripverktyg

Materialanalysen genomfördes av Volvos labbpersonal. Gripfingrarna sågades isär för att analysera härddjup och sprickbildning.

2.9 Generera alternativa material

För att föreslå alternativa material till uppdragsgivaren användes programvaran Granta EduPack. Granta är en databas med information om olika material och dess egenskaper. Ett urval av material genererades genom att begränsa materialen till de som har högre utmattningshållfasthet och högre brottgräns än nuvarande material. Även bearbetningsmetod och kostnad lades in som begränsning. Att materialet skall kunna gå att kallbearbeta anses viktigt för att möjliggöra formning av materialet till den geometri som önskas. Kostnaden är även den av vikt för att uppdragsgivaren skall finna materialet gynnsamt att köpa in.

3. Resultat

Skarpa kanter kan leda till spänningskoncentrationer i strukturer. Denna geometri kan också skapa problem vid FE-simuleringar då det skapar spänningssingulariteter i dessa skarpa kanter, spänningssingulariteter gör i sin tur att för varje förfining av beräkningsnätet så kommer spänningarna öka för varje iterering. Problemen gör att spänningarna inte konvergerar och inte kan användas. För att undvika spänningssingulariteter adderades en fiktiv radie på 0.4 mm som gör att övergången blir mjukare och att resultaten konvergerade. Storleken på radien valdes utifrån att de flesta fräsverktyg har en nosradie på 0.4 mm, därför finns troligtvis denna radien på strukturen men den är inte utsatt på ritningen som framtagits av Volvo.

3.1 Informationsinsamling

Utifrån informationsinsamlingen, sammanställdes den mest relevanta informationen för gripverktyget, se Tabell 3.1.

Tabell 3.1. Insamlad data.

Cykeltid	37 s
Antal greppningar per cykel	4 st
Bytesintervall	3 månader
Nuvarande gripkraft	800 N
Ritning	se bilaga 2.

Tabell 3.1 visar nuvarande data men gripkraften har tidigare varit högre. Precis före projektstarten gjordes en sänkning av gripkraften från 3,36 kN till 1 kN, efter denna sänkning av gripkraften har man bytt gripfingrarna före brott uppstår. Livslängden är därmed uppskattad utifrån tidigare gripkraft och har inte testats sedan gripkraften sänktes. Gripkraften ställs in i deras styrsystem, den faktiska gripkraften måste mätas upp med ett externt verktyg. Ett sådant test utfördes och visade att den reella gripkraften uppnår 800 N när den är inställd på 1 kN. Alltså blir den reella gripkraften endast 80% av den kraft som bestäms i systemet. Inget sådant test har utförts på den tidigare gripkraften.

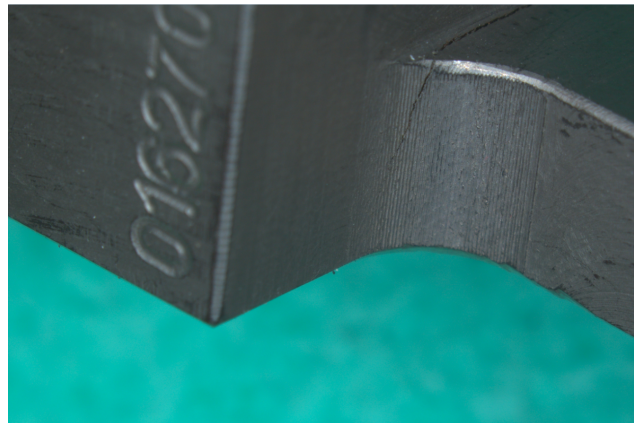
Med hjälp av ovanstående data uppskattades antalet greppningar gripklon klarar av innan utmattning. Det resulterade i en livslängd på cirka 550 000 greppningar. Denna livslängd är uppskattad utifrån den tidigare gripkraften. på 3,36 kN.

Det framkom även ett önskemål kring gripfingrarnas geometri från produktionens underhållstekniker, att förhållandet mellan gripvinkel och infästning förblir oförändrat. Förändras detta förhållandet krävs ändringar i robotens program eller gripdonet vilket helst undviks.

3.2 Analys av befintligt gripverktyg

Uppdragsgivaren gav tillgång till ett par gripfingrar som tidigare använts i produktionen. Analysen av den befintliga gripklon började med en visuell tolkning av var de största spänningskoncentrationerna troligtvis bildas hos den befintliga geometrin. Redan vid en första anblick uppmärksammades en 90° vinkel som kan påfrestas hårt i samband med den befintliga infästningen och lastfallet. En spricka

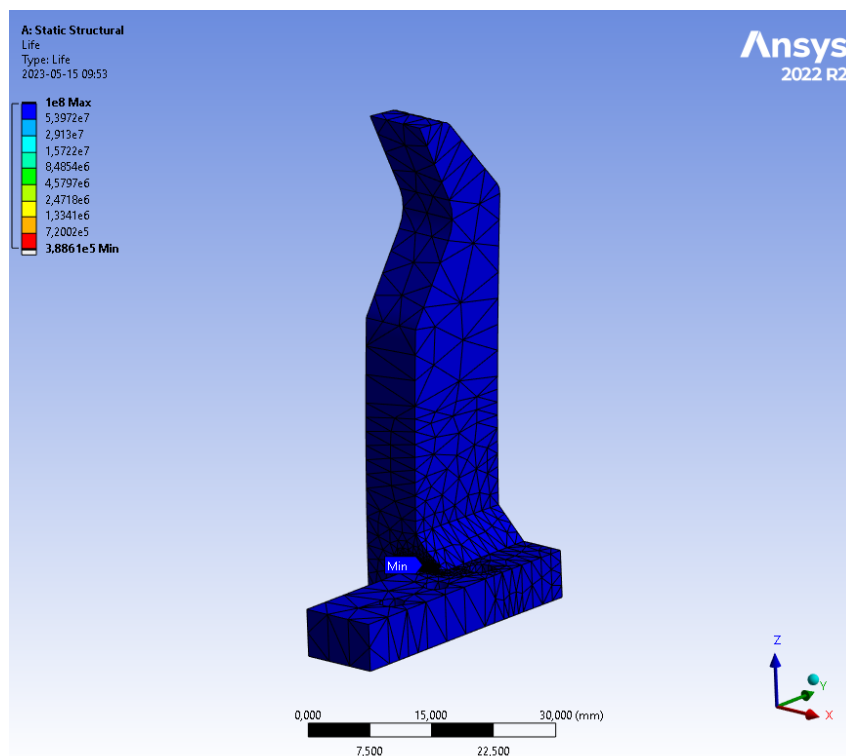
kunde även identifieras i just denna vinkel, sprickan går vidare från denna vinkel ut till ett av hålen som verktyget fästs i gripdonet med, se figur 3.1.



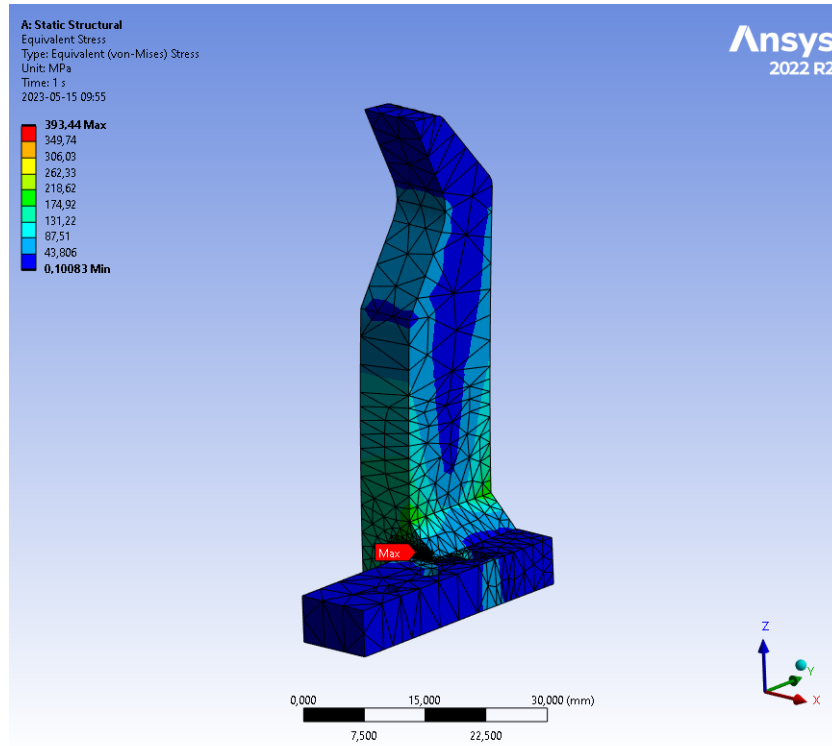
Figur 3.1. Spricka på befintligt gripverktyg.

Nästa steg var att utvärdera vart spänningarna blir som störst med hjälp av FE-analys. För att möjliggöra en FE-analys var det första steget att göra en 3D-modell av verktyget i CAD. När en modell var färdigställd exporterades denna till Ansys. Utifrån en initial analys visade det sig att de största effektivspänningarna uppstod i den 90° vinkel där sprickan identifierats.

Simuleringen utfördes med tidigare gripkraft och visade en livslängd på ca 390 000 cykler vilket är något lägre än livslängden som beräknats i avsnitt 3.1. Uppskattad livslängd samt effektivspänning visas i figur 3.2. respektive figur 3.3.



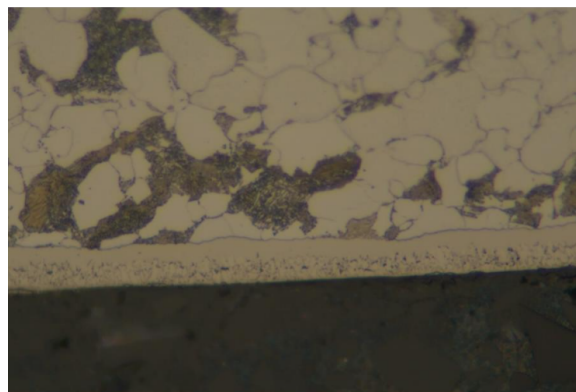
Figur 3.2. Simulerad livslängd på befintligt gripverktyg där blå pil visar placering av den kortaste livslängden.



Figur 3.3. Effektivspänning enligt von Mises i befintligt gripverktyg. Röd pil visar var högsta effektivspänning uppstår.

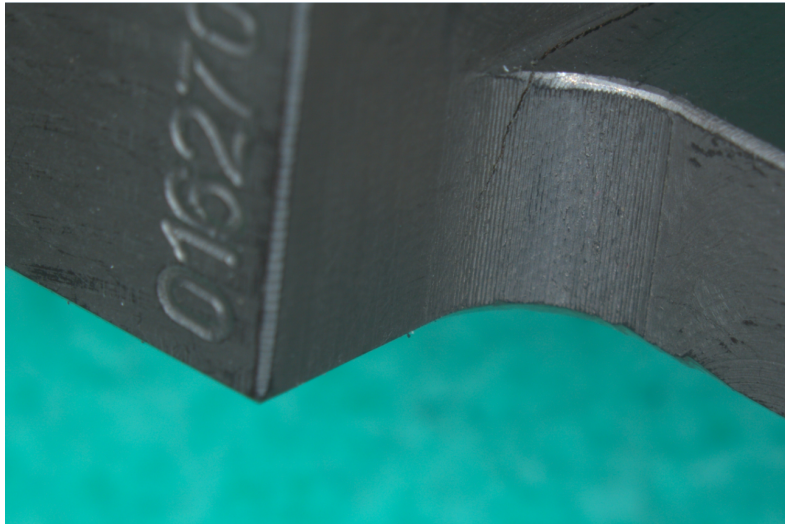
3.3 Resultat materialanalys

Materialanalysen visade att gripfingrarna har ett härdjup på 0,55 mm, se figur 3.4, och en ythårdhet på 320HV1. Härdningstypen som använts för att behandla gripfingret är nitrerhärdning. Nitrerhärdning ger fördelar för strukturer som skall ha en hög ythårdhet men samtidigt behålla hög utmattningshållfasthet. För att fortfarande kunna uppehålla god utmattningshållfasthet krävs kontroller av härdjupet då kärnan i materialet fortfarande behöver vara ohärdad för att behålla segheten. Ett optimalt härdjup för att behålla segheten ligger mellan 0,1 mm - 0,3 mm.



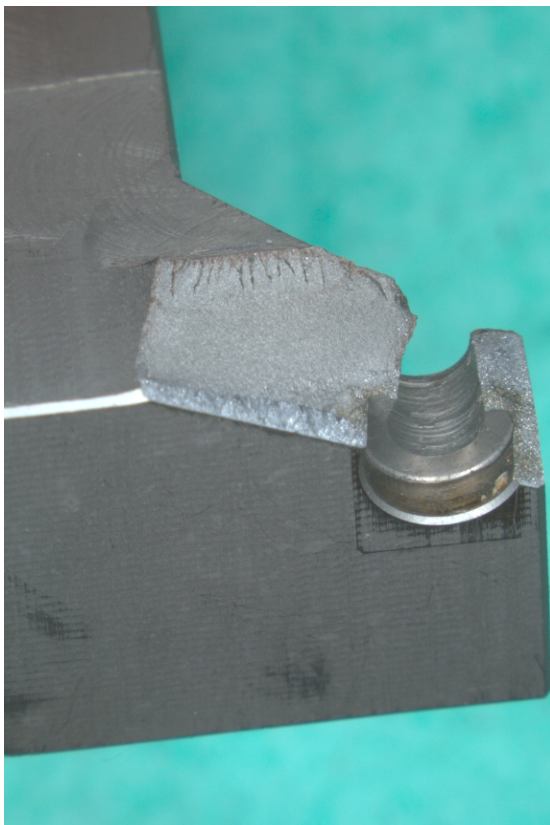
Figur 3.4. Mikroskopbild som visar härdzon och materialstruktur.

I figur 3.5 visas den spricka som framkommit av de belastningar som strukturen utsatts för. Sprickan är relativt djupgående och följer den skarpa kant där FE-simuleringarna visar högst spänningskoncentrationer.

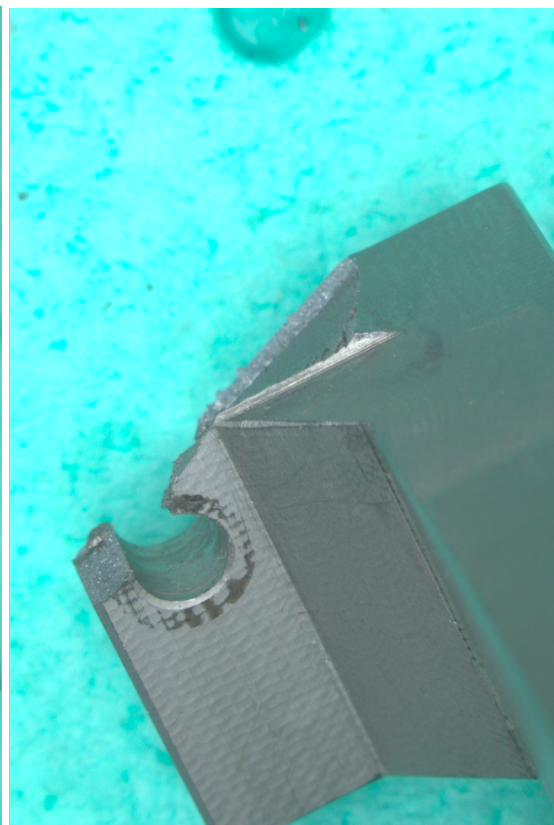


Figur 3.5. Sprickan i den skarpa kanten. (Republicerad)

Även en sprickundersökning utfördes där sprickan blottades för att kunna se hur den initierats, i figur 3.6 visas resultaten av undersökningen. Figur 3.7 visar sprickan ovanifrån och visar tydligt hur sprickan propagerat till hålet.



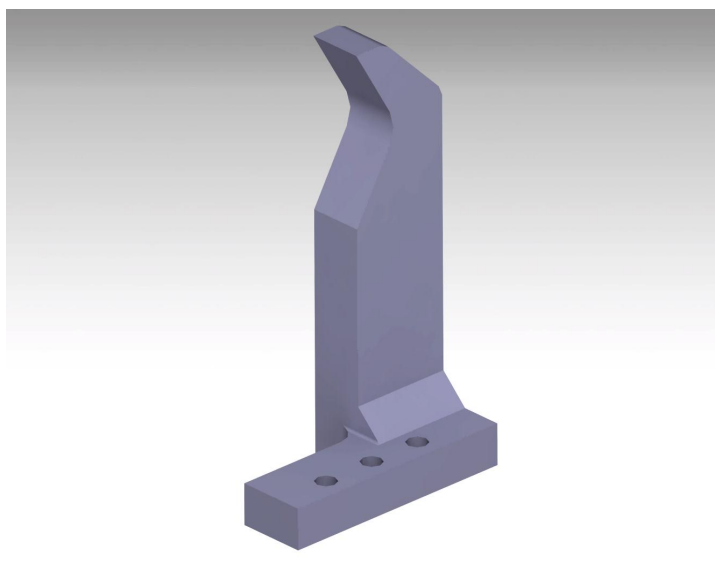
Figur 3.6. Sprickbildning från sidan.



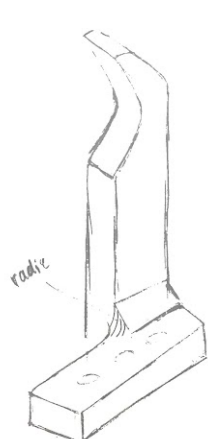
Figur 3.7. Sprickbildning ovanifrån.

3.4 Konceptgenerering

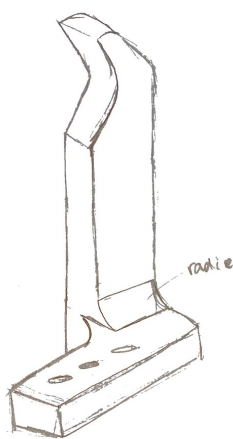
Brainstormingen resulterade i nio olika koncept för att minska spänningarna i gripfingrarna. De presenteras i figur 3.9. med en förklaring till varje skiss nedan. För en tydligare jämförelse med ursprungsgeometrin se figur 3.8.



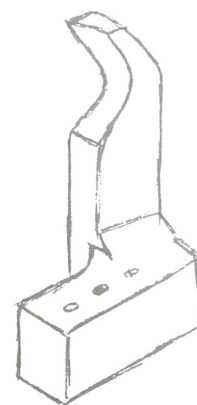
Figur 3.8. Ursprungsgeometrin för en gripklo



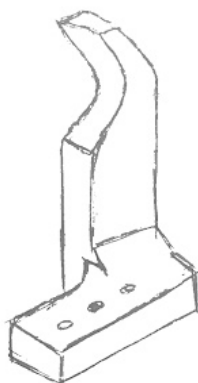
Koncept 1



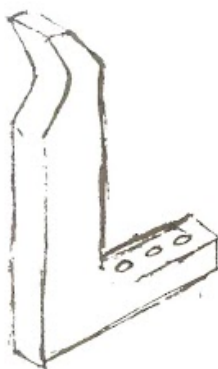
Koncept 2



Koncept 3



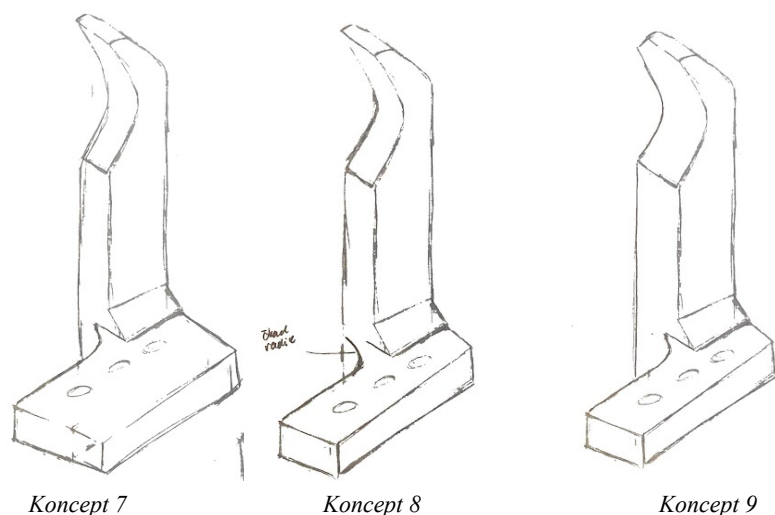
Koncept 4



Koncept 5



Koncept 6



Figur 3.9. Nio stycken koncept från brainstorming.

Koncept 1: Adderad radie där spänningen är som störst.

Koncept 2: Bytt fas mot radie.

Koncept 3: Ökad tjocklek av bottenplattan och därmed minskad hävarm.

Koncept 4: Minskad hävarm.

Koncept 5: Infästning i linje med gripare.

Koncept 6: Gripare centrerade över hålen i bottenplattan.

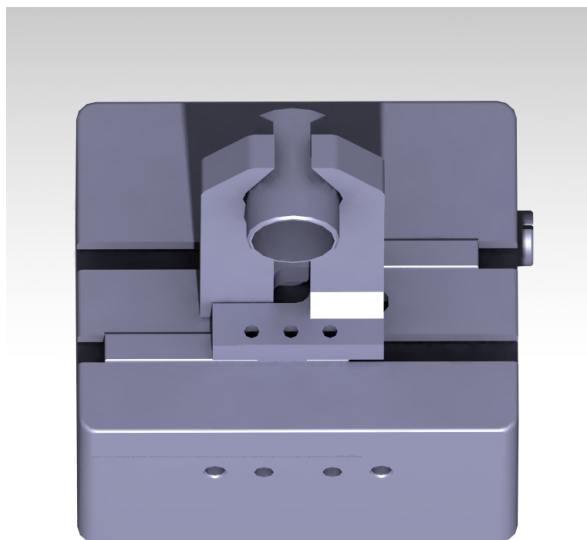
Koncept 7: Ökad bredd på bottenplattan.

Koncept 8: Ökad radie.

Koncept 9: Ökad bredd på gripfingern.

3.5 Reduktion av antalet koncept.

Efter idegenereringen reducerades antal koncept enligt metoden beskriven i avsnitt 2.6, med kravspecifikationen som underlag. Det resulterade i att koncept 4, med en kort hävarm, valdes bort för att undvika ändringar i robotens program. Koncept 5 ansågs lovande då infästningen var i linje med griparen och eliminerar den excentricitet som finns i geometrin, men konceptet valdes bort då det inte var av intresse med ett nytt gripdon. Koncept 6 där griparen var placerad centrerad över hålen eliminerades på grund av att när gripfingrarna sitter tätare behöver gripdonet öppna sig innan en greppning, vilket medför en längre cykeltid. Koncept 7, 8 och 9 elimineras av samma anledning, en ökning av dessa konturer skulle leda till att donet inte kan gripa alla detaljer. Donets utformning gör att fingrarna måste gå väldigt nära varandra för att kunna gripa de olika cylindrarna, se figur 3.10. En betydande dimensionsökning kommer leda till att fingrarna kolliderar.



Figur 3.10. Gripdon med gripfingrar som griper en cylinder, visar hur nära fingrarna går varandra vid greppning.

Efter sållningen kvarstod koncept 1-3 vilket innebär att gripverktygets excentricitet kommer att kvarstå.

3.6 Analys av framtagna koncept

De tre koncepten kvar efter första sållningen ritades upp i CAD och simulerades i Ansys, alla med samma belastningsfall och infästningsvillkor som tidigare, se avsnitt 2.5. Ursprungligen gjordes simuleringarna med radier på 4 mm och bottenplattan ökades med 6 mm för att få en bild om hur förändringarna påverkar spänning och livslängd för detaljen. Bilder på koncepten visas i bilaga 3. Resultaten som togs fram var maximal effektivspänning samt livslängd och visas i tabell 3.2.

Tabell 3.2. Effektivspänning och livslängd för ursprungligt koncept samt koncept 1-3.

	Effektivspänning [MPa]	Livslängd [antal cykler]
Ursprunglig	393	390 000
Koncept 1	387	597 000
Koncept 2	392	411 000
Koncept 3	395	344 000

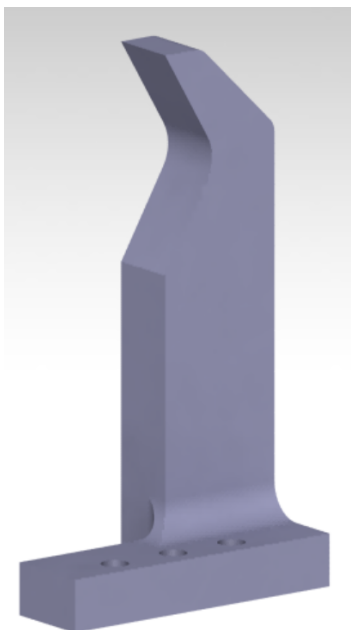
Simuleringarna visade att koncept 1 och 2 gav längre livslängd än ursprungsgeometrin medan koncept 3 gav kortare livslängd. Efter simuleringen elimineras koncept 3 och koncept 1 och 2 vidareutvecklas i nästa avsnitt.

4. Vidareutveckling koncept

I detta avsnitt vidareutvecklas de koncept som består efter sällningen i resultatavsnittet. Vidareutvecklingen utförs genom att kombinera koncepten, optimera storleken på geometriförändringarna samt undersöka alternativa material.

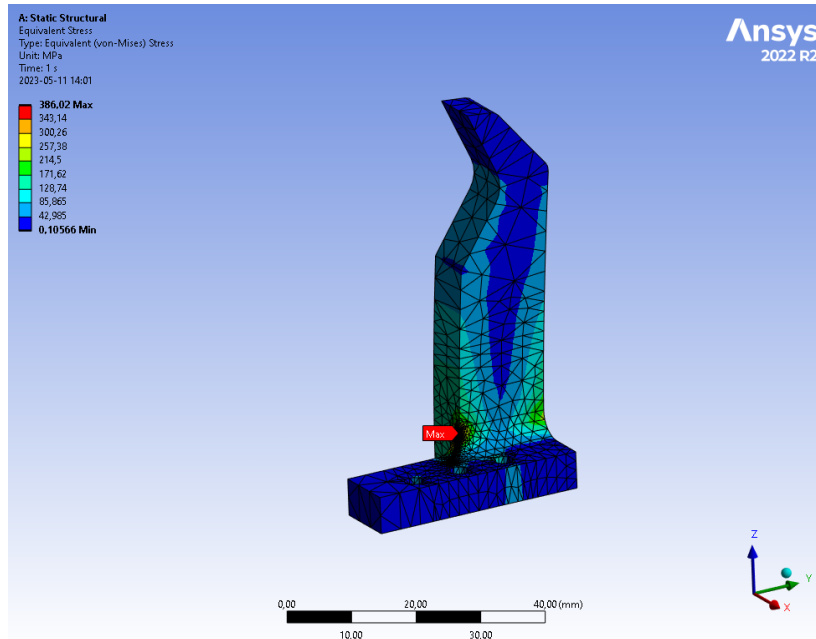
4.1 Kombination koncept

Koncept 1 och 2 kombinerades och bildade ett tionde koncept som visas i figur 4.1. Konceptet har både en fas istället för radie samt en radie vid spänningskoncentrationen. Båda radierna har dimensionen 4 mm.

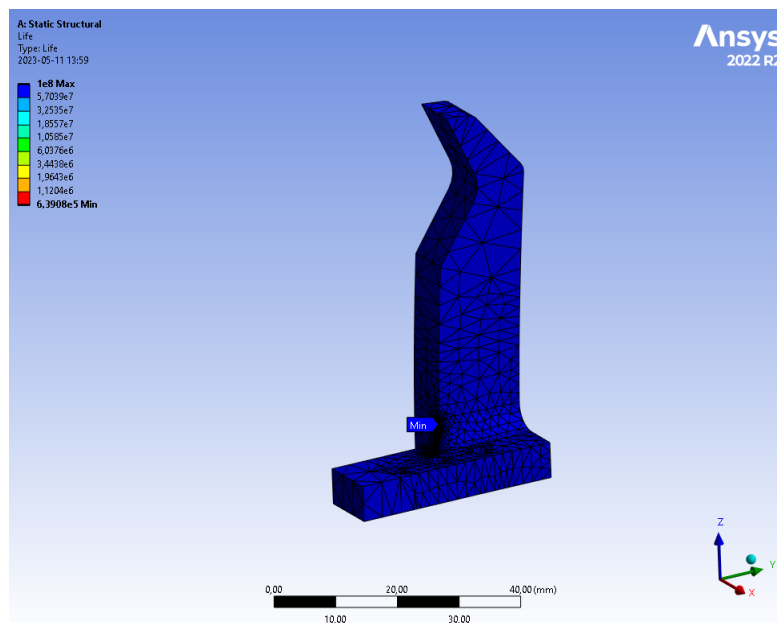


Figur 4.1. Koncept 10, radie istället för fas samt radie vid spänningskoncentrationen.

Koncept 10 utvärderades genom att simulera med samma parametrar som tidigare koncept och det resulterade i en effektivspänning på 386 MPa och en livslängd på 639 000 cykler, se figur 4.2-4.3. Det kombinerade konceptet fick en lägre effektivspänning än både koncept 1 och 2 och väljs därmed ut för att utvecklas ytterligare.



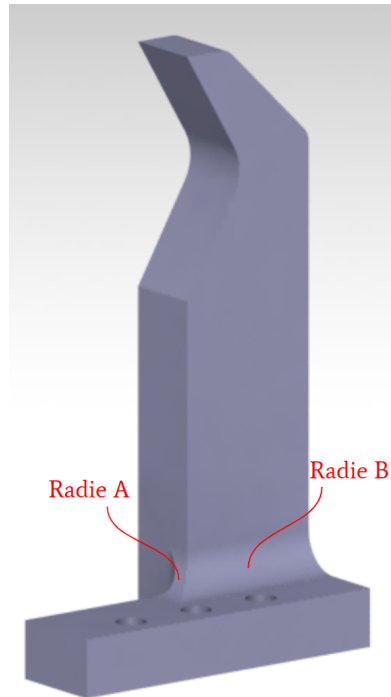
Figur 4.2. Effektivspänning koncept 10.



Figur 4.3. Livslängd koncept 10.

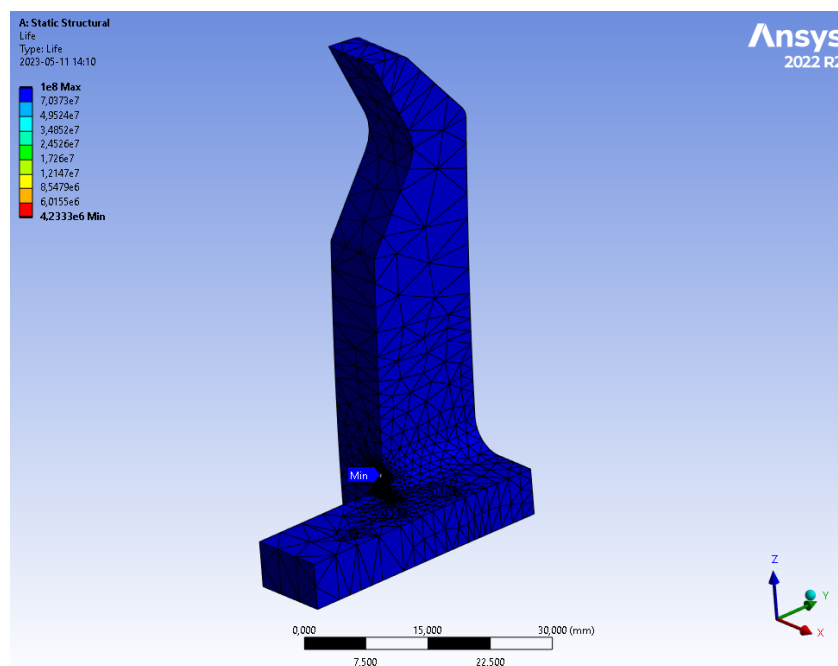
4.2 Optimering av radier

I samtliga simuleringar har storleken på radierna endast uppskattats då inga dimensioner har bestämts. Dessa mått har ingen kvalitativ betydelse utan är endast för att få en förståelse för hur förändringen påverkar effektivspänningen samt livslängden. Radien vid spänningskoncentrationen benämns framöver som radie A och radien vid den tidigare fasen benämns som radie B, se figur 4.4. Nedan presenteras optimering av radier.



Figur 4.4. Benämning radier

För att undersöka vilka radier som ger längst effektivspänning analyseras koncept 10 återigen men med olika kombinationer av storlek på radier. Storleken på radie B begränsas av placeringen på hålen i bottenplattan till maximalt 4 mm. Således testas alla kombinationer av radie A och B mellan 1-4 mm. Simuleringarna visade att lägst effektivspänning uppkommer när radie A är 2 mm och radie B är 4 mm. De dimensionerna gav en lägsta livslängd på ca 4,2 miljoner cykler vilket är betydligt längre än före optimering som var 639 000 cykler, se figur 4.5.



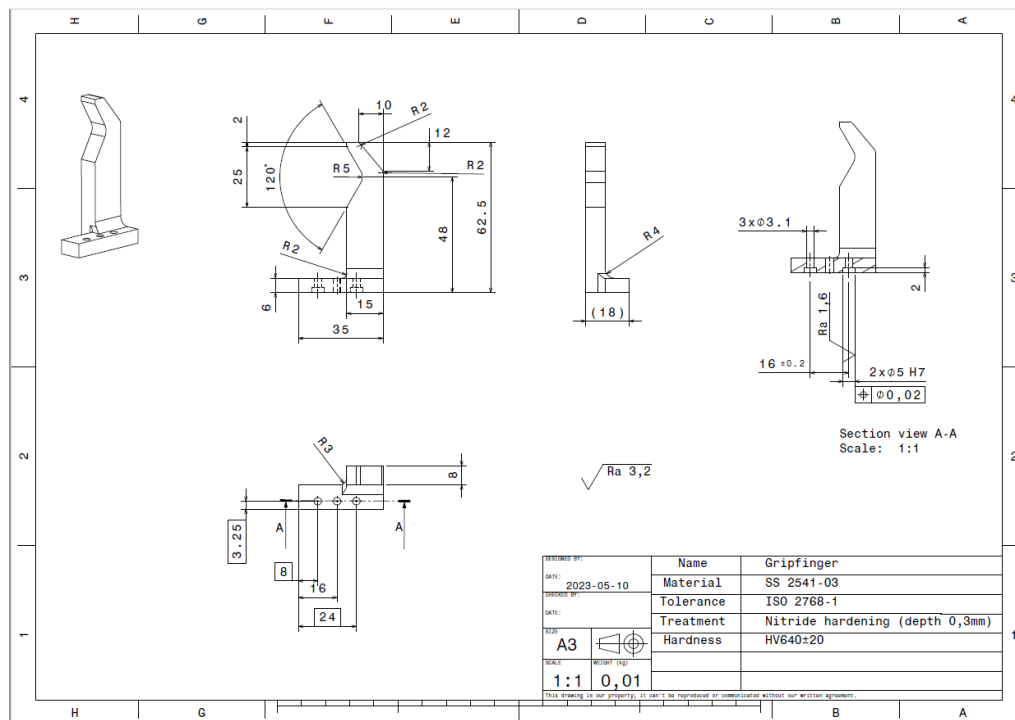
Figur 4.5 Livslängd av koncept med optimerade radier; blå pil visar var kortaste livslängden uppstår.

4.4 Val av koncept

Den slutgiltiga designen av gripfingret visas i figur 4.6. Förändringarna är följande:

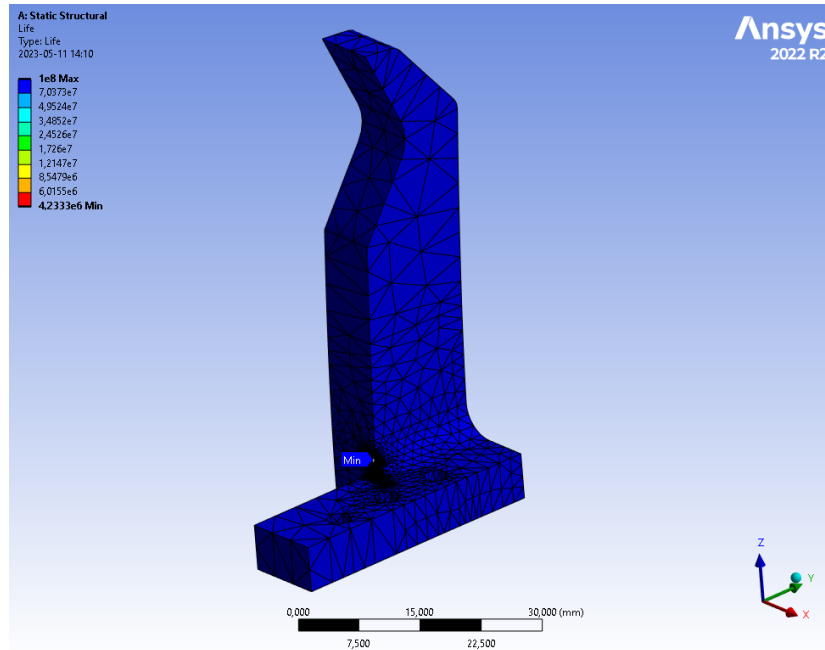
- Tidigare fas är bytt mot en radie (4 mm).
- Radie (2 mm) tillagd där högst effektivspänning uppstod.

Det uppkom även ett önskemål från uppdragsgivaren att jämna ut den skarpa kant som på ursprungsgeometrin förekommer i toppen av gripfingret. Därmed höjdes fingret 2 mm längst upp. Övriga mått och toleranser är oförändrade.

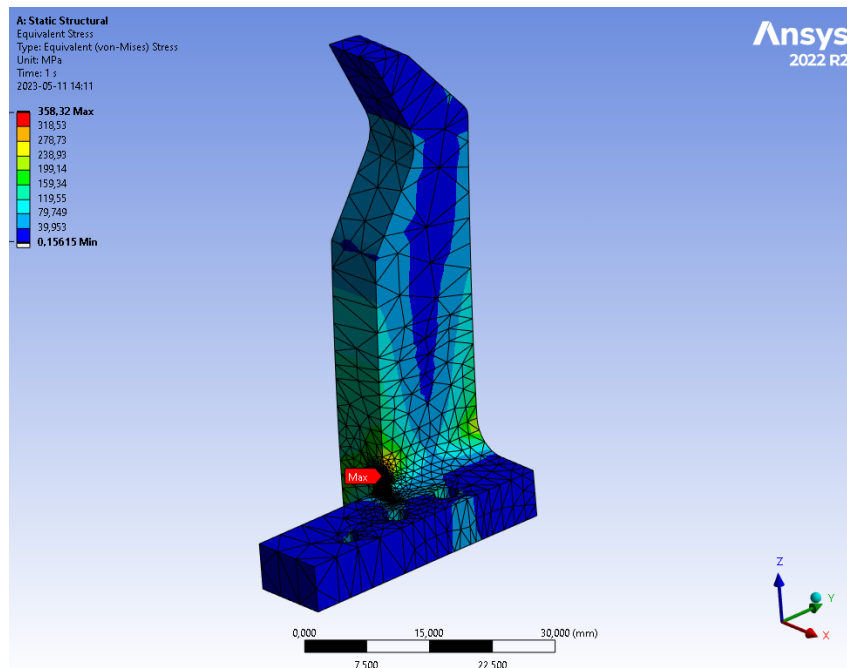


Figur 4.6. Ritning av det slutgiltiga konceptet.

Den simulerade livslängden samt effektivspänningen för det slutgiltiga konceptet visas i figur 4.7 och figur 4.8.



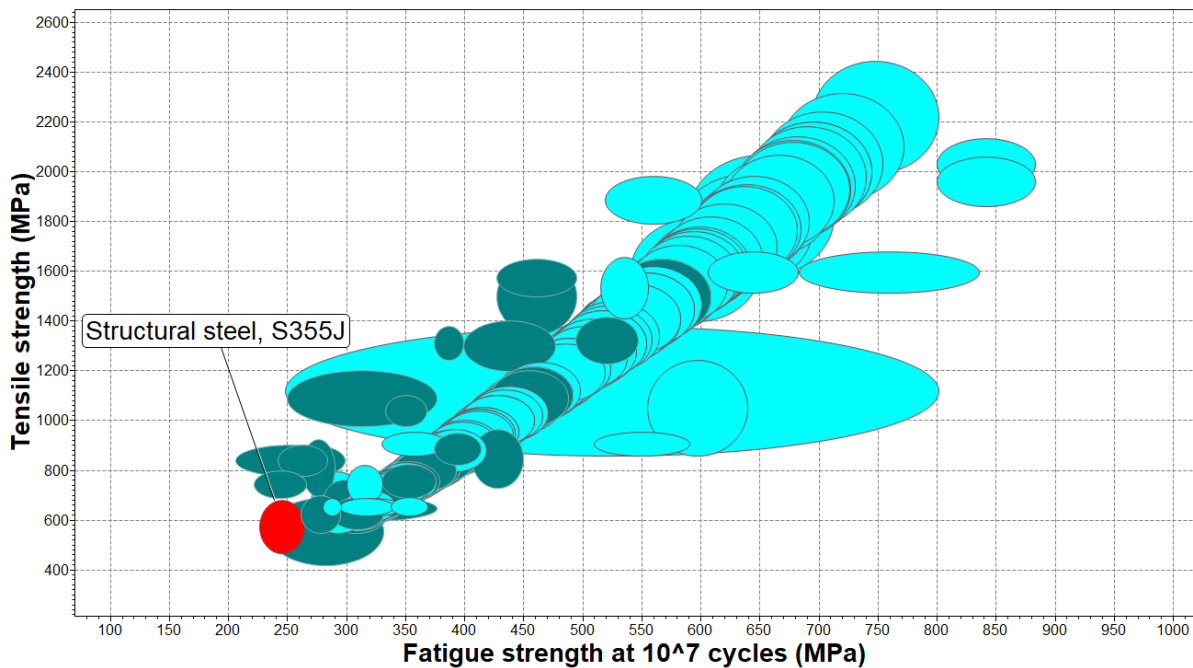
Figur 4.7 Livslängd på slutgiltig geometri, ~4,2 miljoner cykler.



Figur 4.8 Maximal effektivspänning slutgiltig geometri, ~358 MPa.

4.5 Generering alternativa material

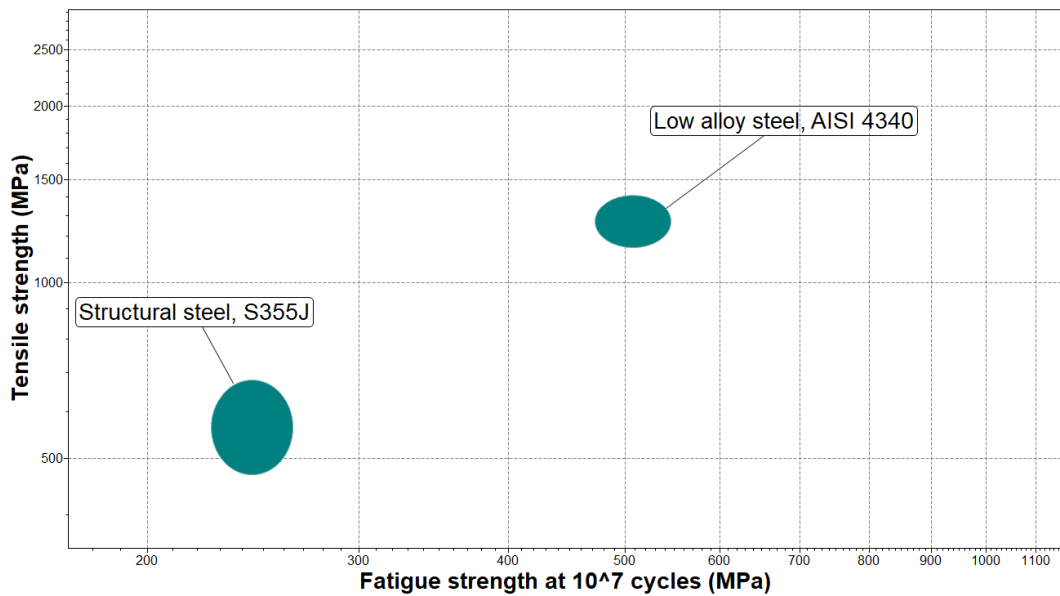
Materialet som används idag är S355JR, ett konstruktionsstål med en brottgräns upp till 680 MPa och en utmattningshållfasthet på 10^7 cykler upp till 264 MPa. De materialegenskaper tillades i Granta Edupack enligt avsnitt 2.9 och resulterade i ett urval på 247 st material. Majoriteten av materialen var låglegerade stål, de visas i ljusblått i figur 4.9. Figuren visar även att de material med högst brottgräns och utmattningshållfasthet i urvalet är låglegerade stål.



Figur 4.9. Diagram över genererade material sorterade efter brottgräns och utmattningshållfasthet, där nuvarande material är markerat i rött. Material med lägre brottgräns och utmattningshållfasthet än S355J visas inte i diagrammet.

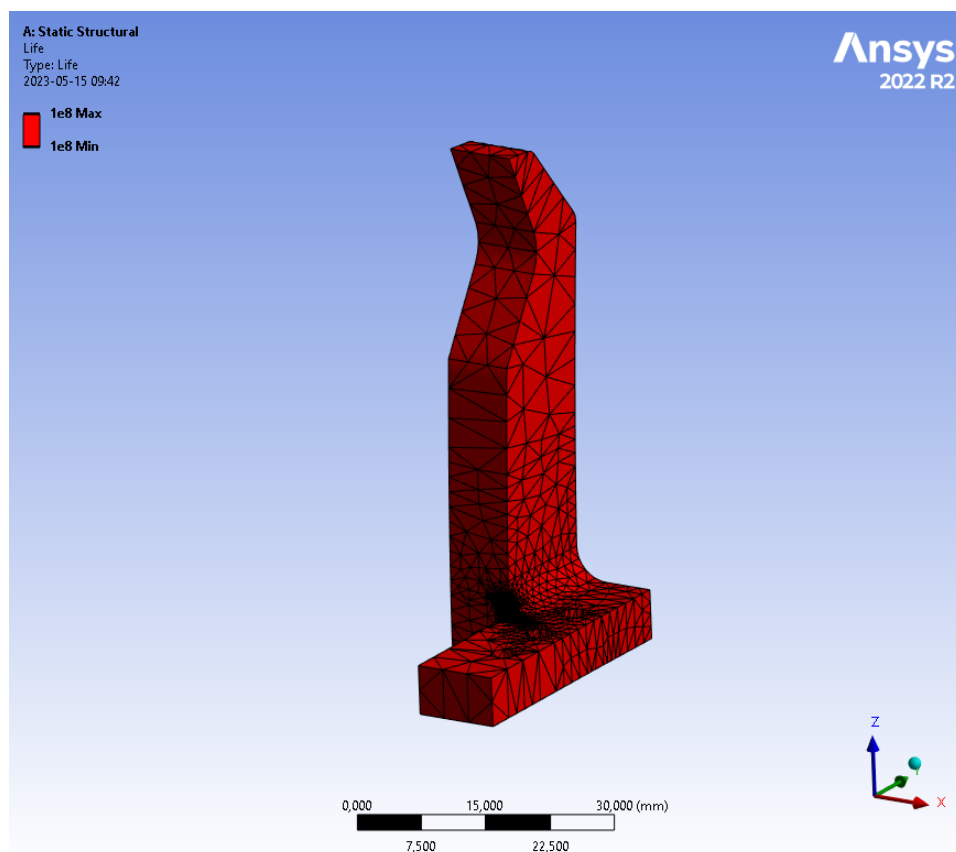
4.6 Val av material

Det krävs en viss försiktighet vid val av material då vissa material kan vara svåra att framställa och inte används så frekvent av leverantörer. Vid konsultation med uppdragsgivare presenterades låglegerade stål som ett alternativt material till konstruktionen. Material som tidigare använts för liknande verktyg diskuterades och där presenterades en rad material som har goda mekaniska egenskaper samt goda härdningsmöjligheter. Ett av dessa material var SS2541-03, detta låglegerade stål har högre brottgräns och utmattningshållfasthet än det material som används idag. Materialet är också enkelt för leverantörer att tillgå. I Granta finns inte detta materialet tillgängligt men liknande legeringar finns. Low alloy steel AISI 4340 har liknande sammansättning som SS2541-03 och används därför som referens. I figur 4.10 visualiseras förbättringen i mekaniska egenskaperna mellan de två materialen. SS2541-03 är med dess tillgänglighet och mekaniska egenskaper därför ett bra substitut till S355JR.



Figur 4.10. Diagram som visualiserar skillnaderna i brottgräns och utmattningshållfasthet mellan S355JR och Low alloy steel 4340.

Den slutgiltiga geometrin, se avsnitt 4.4, simulerades med det nya förslaget på material. Figur 4.11 visar resultatet från livslängdssimuleringen där uppskattad livslängd uppskattades till minst 100 miljoner cykler för hela geometrin.



Figur 4.11. Uppskattad livslängd av den förbättrade geometrin med det nya materialet.

5. Diskussion

I avsnittet diskuteras utvalda delar av projektet i allmänhet, geometrin och materialet.

5.1 Projektet i allmänhet

Den uppskattade livslängden som räknades ut vid projektets start var cirka 550 000 cykler. Den simulering som utfördes för att utvärdera den befintliga gripklon visade endast cirka 390 000 cykler. Denna avvikelse kan ha en rad olika förklaringar. Det har funnits en viss osäkerhet i hur stor gripkraften faktiskt varit, när programmet var inställt på 1 kN grep verktyget endast med 800 N enligt tester som utförts. Detta testet gav alltså en indikation på att gripverktyget endast griper med 80% av kraften som den är programmerad till att gripa med. Med denna information gjordes ett antagande att avvikelsen är linjär och att även tidigare gripkraft endast griper med 80% av kraften som programmeras in.

När ny geometri och nytt material var framtaget så uppnådde livslängden den högsta som mjukvaran kan uppskatta utifrån materialdata. Gripkraften som används för att uppskatta detta är betydligt högre än den som används idag. Den som används idag är endast cirka en tredjedel av den som resultaten bygger på. En fråga som kvarstår även efter detta projektet är ifall det hade uppstått några sprickor i det förra verktyget om gripkraften varit mycket lägre från början. Men det går helt klart att konstatera att livslängden hade varit betydligt längre.

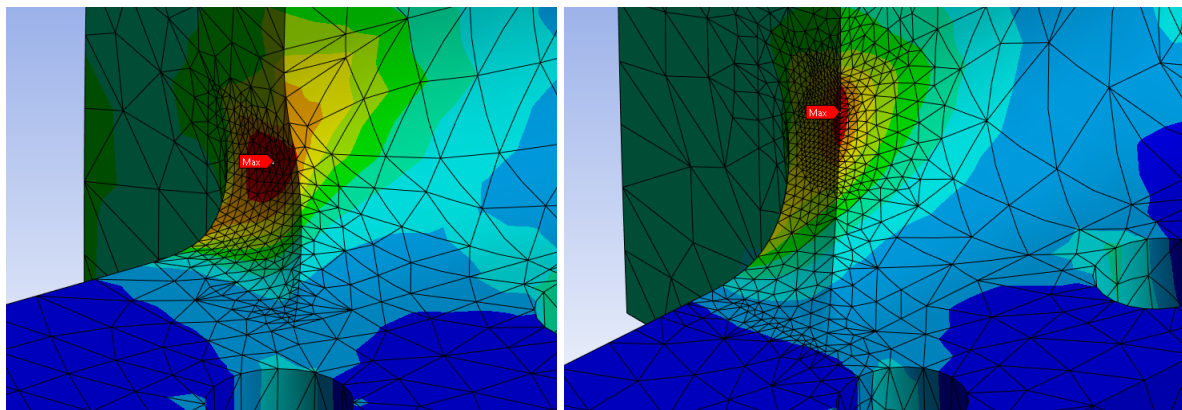
I Ansys finns SN-kurvor som livslängdsanalysen bygger på. Det fanns möjlighet att reducera denna SN-kurva från den ideala miljö som den ursprungliga kurvan bygger på till en reducerad som är anpassad till den miljön som detta gripverktyg utsätts för. De osäkerheter som gripkraften medför gjorde att en reducerad SN-kurva inte kommer tillföra något till resultatets pålitlighet då gripkraften redan utgör en relativt stor ovisshet. Hade projektet haft en tydlig utsatt gripkraft hade denna reducerade SN-kurva varit av stort intresse då de simulerade resultaten kan komma närmare verkligheten och projektet hade kunnat ge en mer precis uppskattning av hur många cykler som gripverktyget kan utstå.

5.2 Geometri

När det slutgiltiga konceptet var framtaget var det inte många förändringar av geometrin som hade gjorts. De begränsningar som projektet hade från start och de som uppkom under projektets genomförande lämnade inte mycket utrymme för geometriförändringar. De större geometriförändringarna var tvungna att sällas bort på grund av projektets begränsningar. Hade dessa begränsningar inte varit aktiva hade geometrin kunnat få ett helt annat utseende. Några av de koncept som genererades i avsnitt 3.3 hade potential att minska spänningarna ytterligare. Donet som används för att korrigera griparnas positioner medför en del begränsningar då den inte griper i linje med bottenplattans infästning. Detta gör att gripfingrarna måste anta en geometri som inkluderar en excentricitet mellan infästning och gripyta. Donets utformning låser också många dimensioner då gripfingrarna måste kunna överlappa varandra för att kunna gripa de minsta detaljerna. Hade det varit möjligt att programmera om robotprogrammet så hade en del förändringar av geometrin kunnat genomföras, exempelvis korta ner hävarmen mellan gripytan och bottenplattan. Alla dessa ändringar

hade varit intressanta att utvärdera vidare, men eftersom det inte var applicerbart i produktionen togs beslutet att inte undersöka hur stor förbättringen hade kunnat bli utan projektets begränsningar.

Vidare var resultatet av optimeringen något oväntat. Det förväntade resultatet vid optimering av radierna var att större radier skulle ge längre spänning. Simuleringarna visade dock att en mindre radie gav lägre spänning. Studerar man spänningsbilden i figur 5.1. förstår man att orsaken bakom detta är att placeringen av spänningskoncentrationen. När radie A och B är 4 mm uppstår den högsta effektivspänningen på en skarp kant medan när radie A är 2 mm och radie B är 4 mm uppstår den högsta spänningen på en yta. I geometrin där båda radier är 4 mm undersöktes inverkan av att lägga till en radie på den skarpa kanten. Simuleringen visade fortfarande en kortare livslängd än då radierna var olika stora.



Figur 5.1. Position av spänningskoncentration. Figuren till vänster visar störst effektivspänning då radie A är 2 mm och radie B är 4 mm. Figuren till höger visar då båda radierna är 4 mm.

5.3 Material

I tidigare ritning som återfinns i bilaga 2, var inget härd djup specificerat utan endast härdningsmetod. Härd djupet studerades därmed på det spruckna gripverkyget i syfte att se till att det inte var genomhärdat. Ett genomhärdat material förlorar sin seghet och blir därmed sprödare. Analysen visade ett härd djup på 0,55 mm vilket är vanligt djup för nitrerhärdning. Trots att materialet visade sig vara härdat enligt standard (0,5-0,6 mm) fanns möjlighet till förbättring. I skarpa hörn finns risk för förtjockning av det härdade skiktet vilket är orsaken till att den nya ritningen har ett specificerat härd djup på 0,3 mm.

För några av materialen som använts för simuleringarna i Ansys har de varit tvungna att vara behandlade av något slag, för till exempel AISI 4340 så fanns inget annat alternativ, där valdes en behandling som påverkade materialdatan så lite som möjligt. Men för S355J så fanns inget annat alternativ än obehandlat. Detta medför en osäkerhet i hur väl simuleringarna kommer stämma överens med verkligheten, då det framtagna verkyget skall vara nitrerhärdat.

Det finns en mängd olika varianter av S355 som är en standard för strukturella stål. Det verkyget som analyserades i projektet var i typen S355JR, men det finns fler varianter som har andra mekaniska egenskaper, till exempel S355J0 och S355J2. När simuleringarna utfördes hade stålet som användes i Ansys endast namnet S355J vilket gör att det inte går att vara säker på vilken sort av S355 simuleringarna bygger på.

Den mjukvara som simuleringarna utfördes i använder sig av en materialbank med många amerikanska standarder, till exempel så heter stålsorterna "AISI" följt av fyra siffror för att beteckna vilken stålsort. I Sverige används den svenska standarden och dessa korrelerar inte med varandra vilket gjorde det komplicerat när olika material skulle analyseras. För att kunna få en uppfattning om vilket stålsort som skulle kunna ha liknande egenskaper mellan de olika standarderna jämfördes legeringar och mekaniska egenskaper. Denna jämförelse var tvungen att utföras när S2541-03 skulle analyseras. Legeringen och de mekaniska egenskaperna var inte helt överensstämmande men antogs vara tillräckligt för att ge en bild av hur stor förbättringen skulle bli.

6. Slutsats

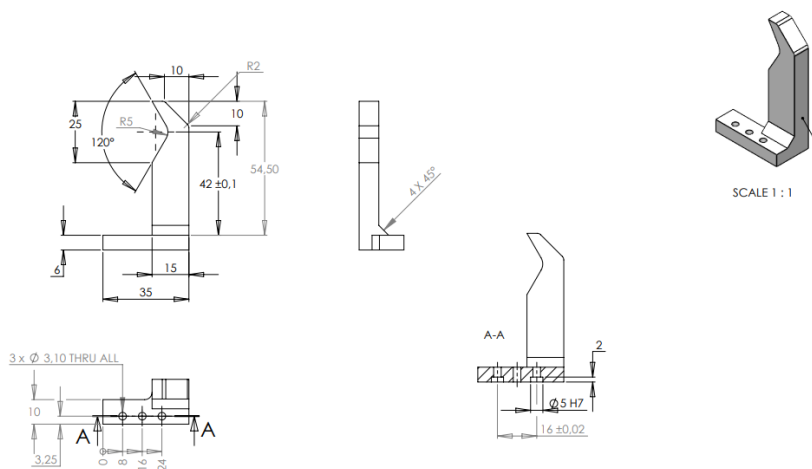
Slutsatsen dras att de primära faktorerna till att gripverktyget har gått sönder är en för hög gripkraft i kombination med en geometri som har gett upphov till stora spänningskoncentrationer. Simuleringarna av den nya geometrin med det nya förslaget på material visar en uppskattad livslängd på minst 100 miljoner cykler, vilket antas vara betydligt längre än så med den gripkraft som används idag. Efter projektet uppfyller det slutgiltiga konceptet alla krav angivna i kravspecifikationen. Projektets mål och syfte att förbättra produktionen genom förlängning av gripverktygets livslängd kan därmed anses uppfyllt. Det råder inga tvivel om att de geometriförändringar och materialförslag som tagits fram kommer att bidra till en längre livslängd och därmed även en bättre produktion.

7. Bilagor

Bilaga 1. Kravspecifikation

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation				
Utfärdare: Maria Runneberger, Victor Strandh		Skapad: 22-03-2023				
	Kriterier:	Mål:	KJÖ:	Vikt:	Verifieringsmetod:	Kravställare:
	Funktioner					
	Livslängd	>390 000 cykler	K1		Ansys	Volvo
	Livslängd	Oändlig	Ö		Ansys	Konstruktör
	Produktionsanpassad	Ökar inte cykeltid	K2		Produktionspersonal	Volvo
	Hårdhet	>200HV1	K3		Materiallabb	Konstruktör
	Förhållande gripvinkel/Infästning	Ingen stor omprogrammering	K4		Produktionspersonal	Volvo
	Förhållande gripvinkel/Infästning	Ingen omprogrammering	Ö		Produktionspersonal	Volvo

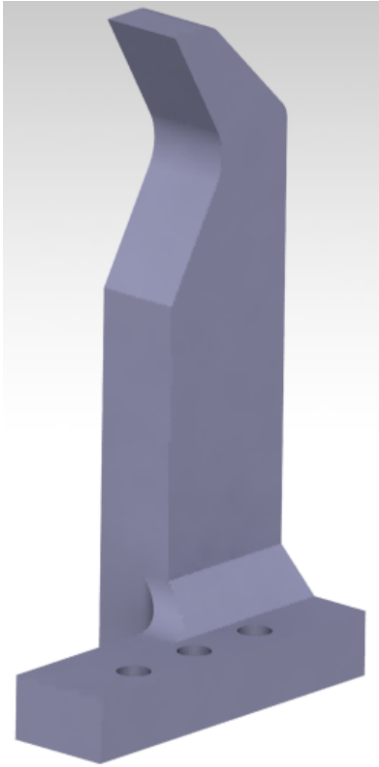
Bilaga 2. Ritning ursprungsgeometri



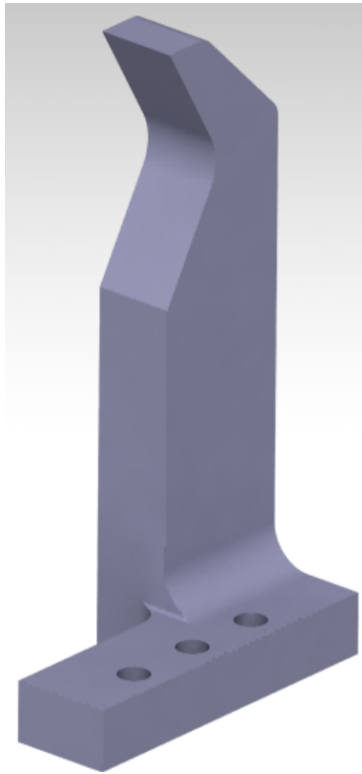
Revision table			
REV.	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

KONSTR. DESIGN	GRADFRIA KÄNTER/ FREE FROM BURS	CAD GENERATED DRAWING/ DO NOT MANUALLY UPDATE	DIMENSIONS ARE IN (mm)	
CAD-SYSTEM	TOLERANS/TOLERANCE	ISO 2768-1	MEKEL/MEDIUM	X FIN/FINE
GRANSKAD/CHECKED	BEHANDLING/TREATMENT	NITREHÄRDAD	GENERELL TITÄNSMET. B ₁	
GODKÄND/APPROVED	MATERIAL	EN S335JR (SS 2172)	VIKT/WEIGHT	0.06
RESERVEDEL/Sparepart	DIMENSION	-	ANNÄRINGSNOTA OTHER DIM. SEE 3D-MODEL	
JÄ/YES	BENÄMNING/NOME			
GRIPFINGER AXEL				
SIZE	DATE/DATE	REV.	BLAD/SHEET	RETN. NR. DRAWING/NO
A3			1 (1)	SKALA/SCALE
				1:1

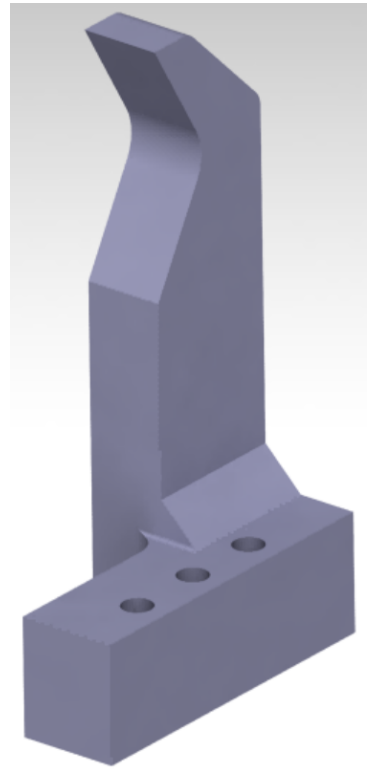
Bilaga 3. Bilder på koncept 1-3



Koncept 1



Koncept 2



Koncept 3