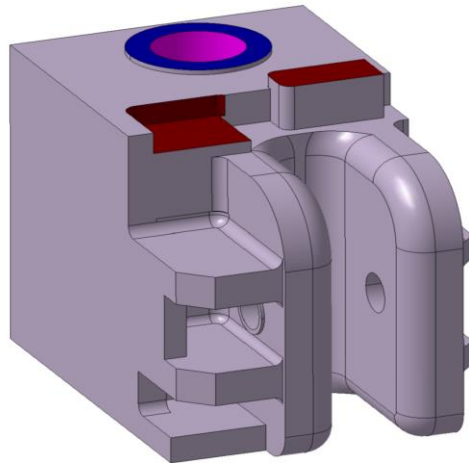




CHALMERS



Förbättring av design för gjutning av lyftöron till pressverktyg

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Elin Nilsson
Jonathan Östergren

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se

Examensarbete 2022

Förbättring av design för gjutning av lyftöron till pressverktyg

Konceptframtagning av geometriförändringar för att förbättra gjutbarheten

Elin Nilsson & Jonathan Östergren



CHALMERS

Institutionen för Industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
Göteborg, Sverige 2022

© Elin Nilsson, 2022

© Jonathan Östergren, 2022

Handledare: Per Gustavsson, Johan Pilthammar, Ocie Olsson & Chistofer Mattsson, Volvo Cars

Handledare: Gustav Holmqvist, Industri- och materialvetenskap

Examinator: Gustav Holmqvist, Industri- och materialvetenskap

Examensarbete IMSX20

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

Chalmers tekniska högskola

SE- 412 96 Göteborg

Tel: +46 31 772 1000

Förord

Detta examensarbete har utförts av två teknologer från Chalmers tekniska högskola inom programmet Maskinteknik (180 hp). Arbetet omfattar 15 hp av utbildningen.

Arbetet genomfördes åt Volvo Cars i Olofström.

Först av allt vill vi tacka Volvo Cars för att de låtit oss utföra detta examensarbete för dem och för att de varit stor hjälp under arbetets gång. Det har varit en intressant och lärorik erfarenhet som satt våra ingenjörskunskaper på prov.

Vi vill även en tacka Massifond i Turin, Italien, för samarbetet under projektets gång och de framtagna gjutsimuleringarna.

Även ett tack till vår examinator och handledare från Chalmers, Gustav Holmqvist, som stöttat oss under arbetets gång.

Göteborg, juni 2022

Elin Nilsson
Jonathan Östergren

Sammanfattning

Detta examensarbete utfördes åt Volvo Cars i Olofström och handlar om att förbättra gjutbarheten hos lyftöronen på deras pressverktyg. Projektet startade då de av en tillfällighet upptäckte en kavitet bakom ett lyftöra. Detta ledde till funderingen kring om det kunde uppstå i fler lyftöron då de är standardiserad, och vad man kunde göra för att motverka att det uppstår.

Projektets mål är ge förslag till ändringar av geometrin för att förbättra gjutbarheten hos lyftöronen. Rapporten innefattar FEM-modellering och hållfasthetsberäkningar i CATIA v5 av olika geometriförändringar, där utgångspunkten för förändringarna kommer från litteraturstudier samt data från gjutsimuleringar som tillhandagavs från gjuteriet Massifond.

Arbetet undersöker vilka geometriförändringar som kan genomföras för att motverka defekter som kan förekomma vid gjutning av lyftöronen till pressverktyg. Olika defekters uppkomst undersöks men defekten rapporten behandlar i synnerhet är den kavitet som hittats i gjutgodset.

En litteraturstudie och inläsning kring ämnet gjordes för att få en förståelse av problemet. En undersökning av problemet görs också genom att diskutera med konstruktörerna på Volvo Cars samt handledaren på Chalmers. Detta gav grunden till de resulterande förändringarna av geometrin.

Rapporten resulterar i tre förslag och uppmaningar om hur man kan ska ändra geometrin för att minska masskoncentration och på så sätt få bort defekten. Den kan användas som ett underlag för hur geometrin i lyftöronen kan förändras för att bibehålla hållfastheten, minska massan och förbättra gjutbarheten.

Slutsatsen i rapporten är att det finns stora möjligheter till att minska massan och förändra geometrin utan att hållfastheten försämras och blir sämre än originalkonstruktionen i de lastfallen som undersöks.

Abstract

This bachelor thesis was done in collaboration with Volvo Cars in Olofström and is about improving the castability of the lifting lugs on their stamping tools. The project started when they, by a coincidence, discovered a cavity behind one of the lifting lugs. This led to the question of whether it could occur in more lifting lugs since it is standardized, and what could be done to prevent it from occurring.

The goal of the project is to propose ideas on how to change the geometry to improve the casting quality of the lifting lugs. The report covers FEM-modeling and strengthening calculations in CATIA v5 of various geometry changes, where the starting point for the changes comes from literature as well as data from casting simulations provided by the foundry Massifond.

The work examines what geometry changes that can be implemented to counteract defects that can occur during casting of the lifting lugs to the stamping tools. The occurrence of various defects is investigated, but the defect the reports deals with in particular is the cavity found in the casting. First, a literature study and reading on the subject was conducted to gain an understanding of the problem. An investigation of the problem was also done by discussing with the designers at Volvo Cars and the supervisor at Chalmers.

The conclusion of the report is that there are great opportunities to reduce the mass and change the geometry without the strength deteriorating and becoming worse than the original construction.

Terminologi

Pressverktyg - Ett rektangulärt verktyg bestående av en undre och övre del som tillsammans pressar och formar ett plåtark till en karossdetalj. I denna rapport undersöks endast stommen av verktyget, den del som är gjuten och inte övriga delar och komponenter av verktyget. Rapporten undersöker endast den undre delen men lyftörats geometri är av samma slag oberoende om det är den undre eller övre delen av verktyget.

Lyftöra - I detta fall hänvisat till den gjutna delen av pressverktyget som traversen kopplas till för att sedan kunna lyfta och förflytta hela pressverktyget. Lyftörat sitter i varje hörn av de två delarna av pressverktyget. Gjuts tillsammans med övriga delar av pressverktyg i ett stycke.

Fallringsbult - Bulten som är placerad i lyftörat som traversen kopplas till vid förflyttning av pressverktyget. Den har en låsmekanism som består utav en lös ring som trillar ner och låser efter den har monterats på lyftörat.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Mål	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Precisering av frågeställning	3
2. Metod	4
2.1 Litteraturstudie	4
2.2 Undersökning av problemet	4
2.3 Gjutningssimulering	4
2.4 Hållfasthetsberäkningar	4
2.5 Konceptutveckling	5
2.5.1 Konceptgenerering	5
2.5.2 Konceptutvärdering	5
3. Litteraturstudie	6
3.1 Gjutprocessen	6
3.2 Defekter	8
3.2.1 Sprickor	8
3.2.2 Slaggdefekter	8
3.2.3 Kaviteter, mikro- och makrosugningar	9
3.2.3.1 Mikrosugningar	9
3.2.3.2 Makrosugningar och större kaviteter	10
3.3 Förebyggande av defekter	11
3.3.1 Geometri	11
3.3.1.1 Större ansamling av massa	11
3.3.1.2 Korsningar	11
3.3.1.3 Hörn med små radier	12
3.3.2 Gjutning	13
3.3.2.1 Kyl- och Värmningssystem	13
3.3.2.2 Matare	13
3.3.2.3 Parametrar	14
3.4 Gjutjärn	14
3.4.1 Gråjärn	14
3.4.2 Segjärn	16
4. Simuleringprocessen	17

4.1 Gjutsimulering	17
4.2 Hållfasthetsberäkningar	18
5. Undersökning av problemet	20
5.1 Bakgrund av undersökning	20
5.2 Befintlig design på lyftörat	20
5.3 Lastfall	21
5.4 Nuvarande defekt	23
6. Simulering av befintlig konstruktion	24
6.1 Resultat från befintlig designs gjutsimulering	24
6.2 Resultat från befintlig designs hållfasthetsberäkningarna	26
6.3 Analys av resultaten	28
7. Koncept	29
7.1 Koncept 1: Flytta in lyftöra	29
7.2 Koncept 2: Ändring bakom lyftöra	29
7.2.1 Sned vägg	29
7.2.2 Rak vägg	30
7.3 Koncept 3: Förflyttning av vägg	30
8. Resultat av enskild simulering	31
8.1 Koncept 1: Flytta in lyftörat	31
8.2 Koncept 2: Ändringar bakom lyftöra	31
8.2.1 Sned vägg	31
8.2.2 Rak vägg	33
8.3 Koncept 3: Förflyttning av vägg	34
9. Diskussion	37
9.1 Resultat	37
9.2 Vidareutveckling	37
10. Slutsats	39
Källförteckning	40

1. Inledning

Detta examensarbete utfördes åt Volvo Cars i Olofström och handlar om att förbättra gjutbarheten hos lyftöronen på deras pressverktyg. Genom att ändra geometri och/eller gjutprocessen förbättra gjutkvalitén hos lyftöronen. Arbetet innefattar modellering och hållfasthetsberäkningar i CATIA v5. Gjutsimulering görs av Massifond i Turin, Italien, i programvaran MAGMA. Följande kapitel behandlar examensarbetets bakgrund, syfte, mål, avgränsningar och precisering av frågeställning.

1.1 Bakgrund

På Volvo Cars i Olofström pressas karossdetaljer och på avdelningen ME-stamping tillverkas pressverktyg som används för att pressa plåtark till exempelvis dörrar eller huvar. Konstruktörerna i Olofström gör endast modelleringen av pressverktyg för att sedan utkontraktera gjutsimuleringen samt gjutningen av verktyget. Utkontrakteringen beror på storlek och vilket projekt som pressverktyget ingår, alltså kan olika gjutföretag användas. I detta examensarbete kommer pressverktyg där gjutning och simulering är gjord av företaget Massifond undersökas.

Pressutformningen av verktygen är unik beroende vad som ska pressas. Verktygen använder sig utav standardiserade lyftöron beroende på vilken vikt som hela pressverktyget har, i detta projekt undersöks modellgruppen A innehållande modellerna A1 och A2 som tål de maximala vikterna 10 000 kg respektive 15 000 kg. (Fristedt, 2020)

Dessa pressverktyg är i största del gjutna i gråjärn. Vid gjutning kan det förekomma defekter och vid lyftöronen på pressverktyget har det upptäckts en defekt i form utav en hålighet. Defekten i just detta fall upptäcktes när ett haveri hade uppstått på ett pressverktyg med lyftöronmodellen A. Man fräste bort 70 mm från botten av lyftörat och där upptäcktes kaviteten. Det lyftörat där kaviteten hittades var inte helt som ett standardiserat lyftöra, dock väldigt likt. På grund av att det av så likt ledde ovissheten kring om defekten eventuellt kunde förekomma i fler pressverktyg till starten av detta projekt.

Pressverktygen transporteras med hjälp av en travers som är antingen är kopplad till alla de fyra lyftöronen eller i vissa fall två. Effekten av håligheten kan i värsta fall leda till brott och är därmed en fara för säkerheten.

1.2 Syfte

Uppdragets syfte är att finna metoder för att motverka defekter som kan förekomma vid gjutning hos lyftöronen till pressverktygen. Olika defekters förekommande kommer att undersökas men defekten rapporten behandlar i synnerhet är den kaviteten som hittats i gjutgodset, syftet är att hitta metoder för att motverka denna defekt. Detta utan att öka risken för att övriga defekter ska förekomma och/eller försämra hållfastheten hos lyftörat. Detta

kommer att nå genom att göra ändringar i geometrin hos lyftörat där hållfastheten sedan verifieras med hjälp av finita elementberäkningar (FEM) i CATIA v5.

1.3 Mål

Arbetets mål är att ge förslag på geometrier som är lämpliga att använda för att motverka och förebygga den defekten som uppkommit vid gjutningen. Detta utan att försämra hållfastheten.

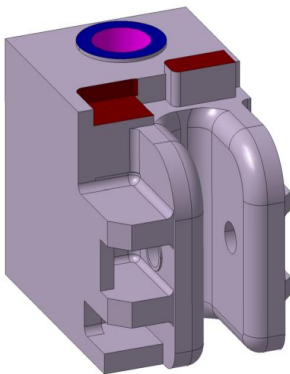
1.4 Avgränsningar

Arbetet kommer inte att undersöka metoder för defekter som hamnar någon annanstans än vid lyftöronen. Vid eventuella förändringar av utformningen av lyftöronen kommer inte designförändringarna resultera i en sämre hållfasthet än den befintliga designen. Motverkan av ytdefekter eller liknande behandlas inte i arbetet, endast de defekter som består utav en kavitet vid gjutgodsansamling undersöks. Med det förenämnda sagt kommer övriga defekter tas i beaktning vid ändring av geometrin, detta för att förhindra att nya och/eller fler defekter uppkommer.

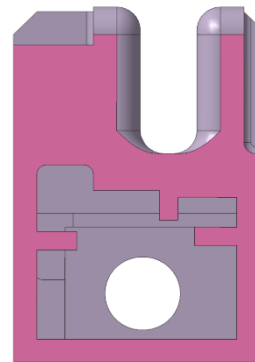
Det kommer inte göras en undersökning kring byte av material på lyftörat. Då hela verktygsstommen gjuts i ett stycke kommer hela verktyget påverkas av materialbytet och detta arbete berör endast lyftörat.

Geometriändringar görs endast i en viss pressverktygsmodell med det standardiserade lyftöra modellen A1. Arbetets resultat och analys utgår från teori och hållfasthetsberäkningar samt mottagna gjutsimuleringar och inte praktisk prövning.

Vid ändring av geometrin avgränsas verktyget till endast lyftörat samt en bit bakom lyftörat, detta illustreras i figur 1. Annars gjuts hela pressverktyget i ett stycke med lyftörat integrerat. Geometrin på undersidan bakom lyftörat, enligt figur 2, ser ungefär likadant ut i alla pressverktyg men det kan skilja lite. Geometriändringarna kommer endast baseras på denna utformning.



Figur 1: Bild på avgränsat lyftöra, sidan



Figur 2: Bild på avgränsat lyftöra, undersidan

1.5 Precisering av frågeställning

Projektet avser att i möjligaste mån undersöka, bekräfta, eller besvara följande punkter:

- När uppstår kavitetdefekten och under vilka förhållande?
- Vilka metoder finns för att motverka defekten?
- Vilka geometriförändringar kan förbättra gjutbarheten utan att försämra hållfastheten?

2. Metod

Under detta kapitel beskrivs de olika metoder som används under projektets gång. Litteraturstudie, Undersökning av problem, Gjutsimulering, Hållfasthetsberäkningar och Konzeptutveckling är delkapitlerna till detta kapitel.

2.1 Litteraturstudie

Det första som genomfördes var en litteraturstudie och inläsning kring ämnet för att få en förståelse av problemet. En undersökning av problemet görs också genom att diskutera med konstruktörerna på Volvo Cars samt handledaren på Chalmers.

För att få en förståelse kring hur gjutsimulering går till och fungerar genomfördes några övningslabrationer i programmet NovaFlow&Solid från kursen *LMU234 Tillverkningsteknik* samt övrigt material som ansågs aktuellt för arbetet. Detta för att kunna förstå och analysera resultatet från simuleringen.

2.2 Undersökning av problemet

En undersökning för att ta reda på hur gjutningen går till idag genomfördes. Med stöd från gjuteriet Massifond, som har gjutit andra gjutgods åt Volvo tidigare, kunde undersökningen genomföras och grundläggande fakta kring gjutprocessen kunde uppdagas.

Ursprungsverktyget där problemet först detekterades är gjutet hos en annan leverantör men i och med att det lyftörat skiljer sig något från det standardiserade undersöks därmed ett lyftöra som är standardiserad. Detta är gjutet hos Massifond.

2.3 Gjutningssimulering

CAD-filer på pressverktyget tillhandagavs från Volvo som sedan exporterades till gjuteriet Massifond. Först simulerades hela pressverktyget för att se om deras simulering kunde detektera en defekt. Efter att ha detekterat ett problemområde simulerades endast lyftörat där defekten kvarstod.

2.4 Hållfasthetsberäkningar

Verifieringen av att pressverktyget inte får sämre hållfasthet efter ändringar genomfördes även hållfasthetsberäkningar. Dessa beräkningar utfördes i CATIA. Beräkningarna gjordes utifrån fyra lastfall baserade på tre sätt som pressverktygen kan transporteras med en travers.

För att verifiera att inte de nya geometrieförändringarna hade sämre hållfasthet än originalgeometrin gjordes först liknande beräkningar på den befintliga geometrin som sen användes för att analysera de nya, alternativa geometrierna.

2.5 Konzeptutveckling

Konzeptutvecklingen delades upp i två steg: konceptgenerering och konceptutvärdering. Dessa beskrivs separat nedan.

2.5.1 Konceptgenerering

Framtagningen av olika koncept gjordes med utgångspunkt av den litteraturstudie som ligger som grund i rapporten samt resultatet från hållfasthetsberäkningarna på ursprungsdesignen. En dialog med gjuteriet och konstruktörerna på Volvo fördes där idéer kring möjliga förändringar och eventuella implementeringar diskuterades. Även metoden brainstorming tillämpades för att komma på möjliga förändringar.

2.5.2 Konceptutvärdering

Då säkerhets- och verktygsstandarder på pressverktyget skulle uppnås och följas diskuterades sedan geometrikoncepten med konstruktörerna för att verifiera att en sådan lösning skulle vara i praktiken. Skulle ett geometrikoncept då vara möjligt att genomföras implementerades hållfasthetsberäkningar för att verifiera att verktyget inte försämrades i förhållande till ursprungsdesignen.

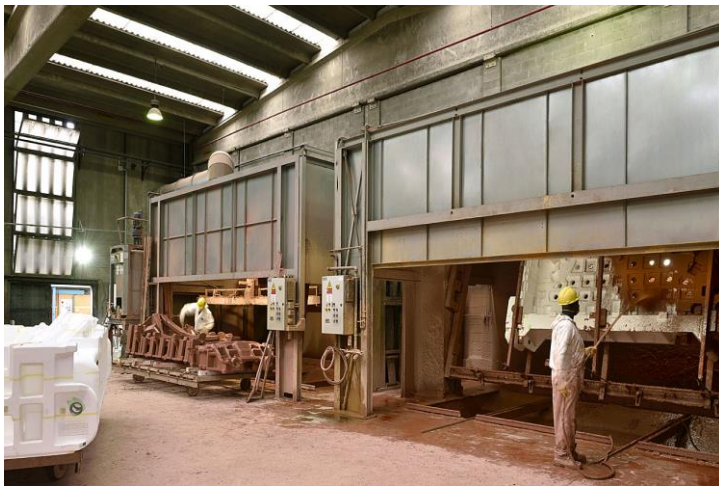
3. Litteraturstudie

För att få en förståelse kring gjutning, dess defekter och hur de kan motverkas gjordes en litteraturstudie av existerande information kring ämnet. I kapitlet nedan presenteras den information som är relevant för projektet.

3.1 Gjutprocessen

Metoden som gjuteriet Massifond använder sig av idag för att gjuta pressverktygen är fullformsgjutning, *Lost-foam casting* på engelska. Det är en gjutmetod som används för att skapa fasta metalldelar av smält metall. Vid fullformsgjutning är gjutmodellen gjord av polystyrenskum, *frigolit*, som förbränns under gjutprocessen när flytande metall smälter den och ersätter modellen - därmed namnet "förlorat skum".

Det första steget med gjutning av fullformsgjutningen är skapandet av skummodellen. Ett block av polystyrenskum skärs till den exakta formen på den färdiga produkten med hjälp av hand- eller elverktyg. Formen besprutas därefter i lera och bstryks noggrant, se figur 3. När skummodellen är klar begravs den i en behållare fylld med komprimerad sand med bindemedel, se figur 4.



Figur 3: Verktygen besprutas med lera. (Massifond, <http://www.massifond.it/castings/forming-melting>)



Figur 4: Verkytet begravs i sand med bindemedel. (Massifond, <http://www.massifond.it/castings/forming-melting>)

För gjutgods med hög komplexitet som kräver en kärna¹ är detta en fördelaktig gjutprocess. Dimensionellt noggrann, ger en bra ytfinish, kräver ingen släppvinkel² och har inga skiljelinjer så att ingen skäggbildning³ kan bildas. Metoden fullformsgjutning är mer ekonomisk än vaxursmältning i allmänhet, detta eftersom den innehåller färre steg.



Figur 5: Gjutning av verkytet. (Massifond, <http://www.massifond.it/castings/forming-melting>)

De två huvudsakliga nackdelarna med denna metod är att för applikationer med låg volym kan formkostnaderna bli höga och modellerna lätt kan gå sönder i och med den låga hållfastheten. Dessa nackdelar är inget som berör gjutning av pressverkytet i detta projekt i någon större utsträckning. (Lost-foam casting, 2021; Hallström, 2006)

¹ Kärna - en anordning som används vid formningsprocessen för att producera inre hålrum i detaljen.

² Släppvinkel - den vinkel som vid gjutning krävs för att formen ska kunna tas bort efter att den skapat formen på föremålet, mäts i grader.

³ Skäggbildning - överflödigt material som fästs på produkten som vanligtvis måste tas bort. Orsakas vanligtvis av läckage av materialet mellan två ytor som möts.

3.2 Defekter

Vid gjutning kan det förekomma flera olika typer av defekter som kan skapas på grund av olika anledningar. Exempelvis en inloppstemperatur eller hastighet som inte är optimal, om en permanent form används kan det vara rester kvar från tidigare gjutningar eller kan det vara problem med utformningen av formen. Defekter är något som kan ge stora eller små konsekvenser, generellt är defekter på ytan av gjutgodset ett större problem än inuti. I detta kapitel tas några olika defekter upp samt hur de kan motverkas.

3.2.1 Sprickor

Det kan uppkomma sprickor i olika storlekar, från mikrosprickor till större sprickor. De kan förekomma inuti samt på ytan av gjutgodset. Sprickor benämns vanligtvis beroende på temperaturen när de bildas, två typer är kallsprickor och varmsprickor. Områden som är speciellt känsliga för sprickor är små radier, hål eller kanter. Ställen där spänningen koncentreras.

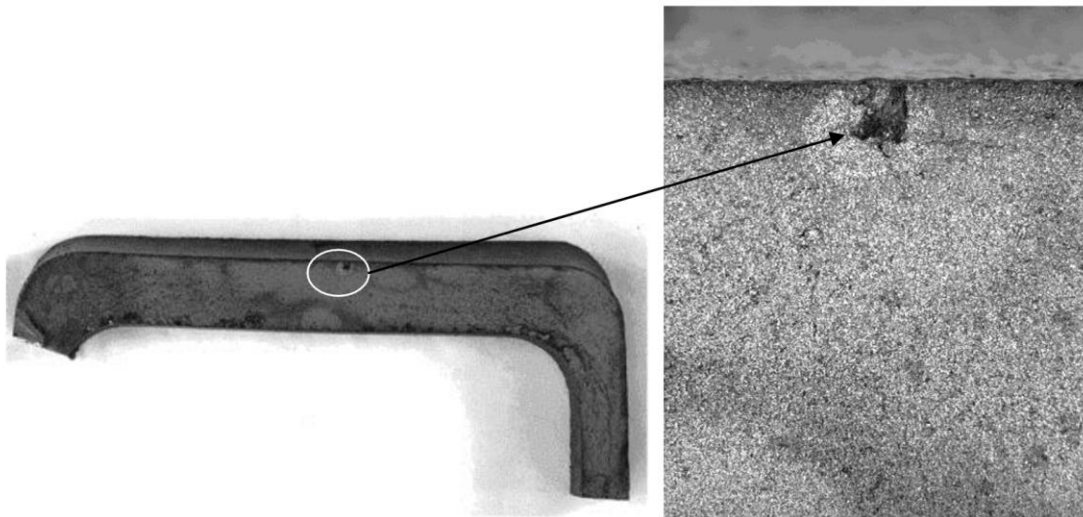
Varmsprickor bildas då stora dragspänningar kan uppkomma vid krympning. Det kan bli stora dragspänningar vid stora geometriskillnader, från tjocka till tunnare partier i formen. Denna typ av sprickor sker ofta precis innan materialet stelnar, detta på grund av att materialet inte kan uppta särskilt stora dragspänningar.

Kallsprickor bildas vid svalningen av gjutgodset och sker på grund av restspänningar som uppkommer under svalningen.

För att förhindra att sprickor sker är det viktigt att dimensionera ställen där spänningskoncentrationer uppkommer rätt, så de inte är för små radier eller liknande. (Hamberg, 2014)

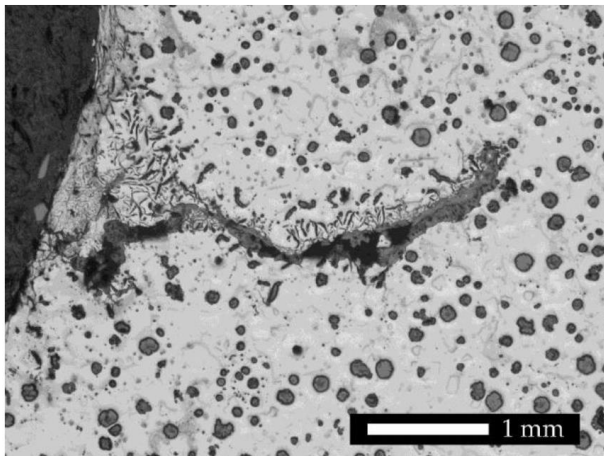
3.2.2 Slaggdefekter

Slagg uppkommer då smältans inlopp är turbulent. När flödet är turbulent kan smuts eller andra partiklar samt luft blandas in i smältan och detta ger slagg i gjutgodset. Det kan orsaka en slaggblåsa vilket är som det antyder, en blåsa där slagget samlas. I blåsan samlas det även gas som bildas vid en reaktion mellan oxiden och smältan. Generellt hamnar en slaggblåsa strax under ytan av gjutgodset. Detta är inte ett jättefarligt fenomen för hållfastheten av gjutstycket. Det kan dock ge problem vid ytbehandling eftersom ytan inte blir homogen. Detta visas i figur 6 nedan.



Figur 6: Bild på slagglåsa. (Hamberg, 2014, s. 34)

Ett annat fenomen som kan bildas är en slagglira, detta kan ge betydligt större konsekvenser för hållfastheten. Den har ett utseende och effekt som liknar sprickor och kan även ge samma konsekvenser. Detta visas i figur 7. För att undvika att slag åker med i smältan är ett laminärt flöde att föredra då mindre partiklar och luft dras med ner i gjutgodset. (Hamberg, 2014)



Figur 7: Bild på slagglira (Hamberg, 2014, s. 34)

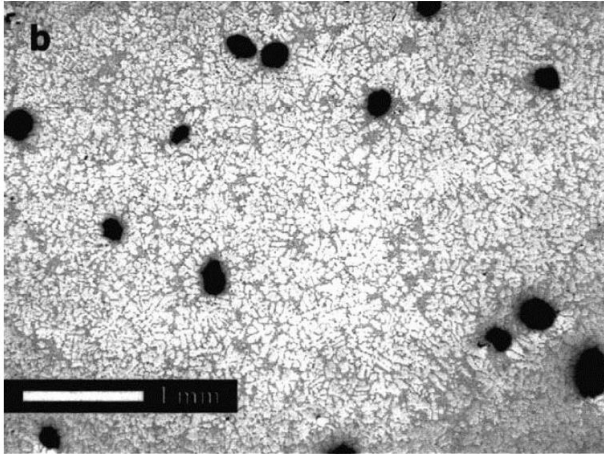
3.2.3 Kaviteter, mikro- och makrosugningar

I detta delkapitel behandlas defekter som består av håligheter i olika storlekar inuti gjutmassan. Dessa bildas under stelningen då materialet krymper och inte tillräckligt med material finns.

3.2.3.1 Mikrosugningar

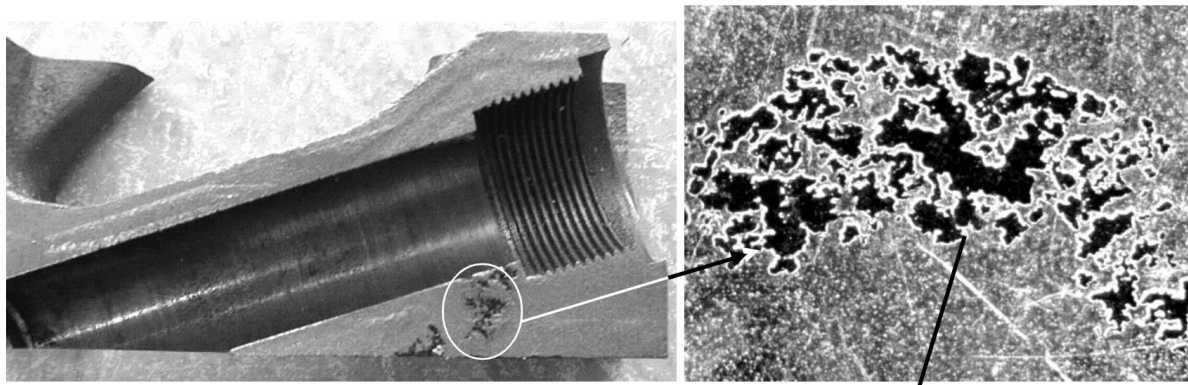
En typ är porer som kan bildas kallas mikrosugningar, det är små regelbundna hål där det har samlats luft eller annan gas. Det sker när smältan stelnar i gjutgodset då stelnar det utifrån och in, det är lägre temperatur vid formen än mitt i smältan. De gaser som inte kan lösas upp i smältan bildar porer längre in i gjutgodset. Detta medför också att porerna inte ligger vid ytan

utan en bit ner. Därav kan även porer upptäckas vid bearbetning av gjutgodset. För att förhindra att detta sker kan man kontrollera atmosfären, exempelvis ha vakuum, använda en typ av skyddsgas med låg löslighet i smältan eller desoxidera vilket innebär att ett annat ämne tillförs som binder gasen. En annan möjlighet är att kontrollera ventilationen i formen eller dimensionera inlopp och kanaler på ett annat vis.



Figur 8: Bild på regelbundna, gasporer (Hamberg, 2014, s. 31)

Det kan även bildas likt porer små hål men som är oregelbundna. Dessa uppkommer vid stelkrympningen. Det som sker är att det saknas smälta i dessa områden när smältan stelnar, detta kan ge små hål och detta kallas mikrosugningar. (Hamberg, 2014)



Figur 9: Bild på mikrosugningar (Hamberg, 2014, s. 33)

3.2.3.2 Makrosugningar och större kaviteter

Större oregelbundna hål kan också förekomma men det är mindre vanligt. Det sker oftast i delar där det är tjockt med smälta och där det även svalnar och stelnar sist. Vanligt är att de förekommer i delar där en smal och en tjock del möts. Där stelnar den smala delen först och det gör att för lite smälta kommer till den tjocka delen och ett hål bildas. Hållrummet kan variera mycket i storlek och form. Denna typ av defekt kan upptäckas med ultraljud eller röntgen av gjutstycket. Beroende på vart kaviteten hamnar kan den ha varierande konsekvenser för gjutningen, detta har mycket att göra med geometrin av gjutstycket. För att undvika kaviteter är den framförallt designen av gjutstycket som bör beaktas men även gjutprocessen kan påverka det. (Hamberg, 2014)

3.3 Förebyggande av defekter

För att försöka förhindra olika typer av defekter finns det olika saker man kan tänka på, både i geometrin och i gjutprocessen. Detta presenteras i kapitlet nedan, uppdelat i Geometri och Gjutning. Den typ av defekt som framförallt tas upp, som förändringarna är riktade mot, är större kaviteter och krympningar i gjutgodset.

3.3.1 Geometri

Kvaliteten på gjutningen och hur defekter bildas kan kopplas till hur geometrin är utformad och det gör att geometrins utformning är väldigt viktigt. Saker som påverkar mycket är små radier i hörn, korsningar där flera partier blir går ihop och andra typer av geometrier där smältan har svårt att ta sig in.

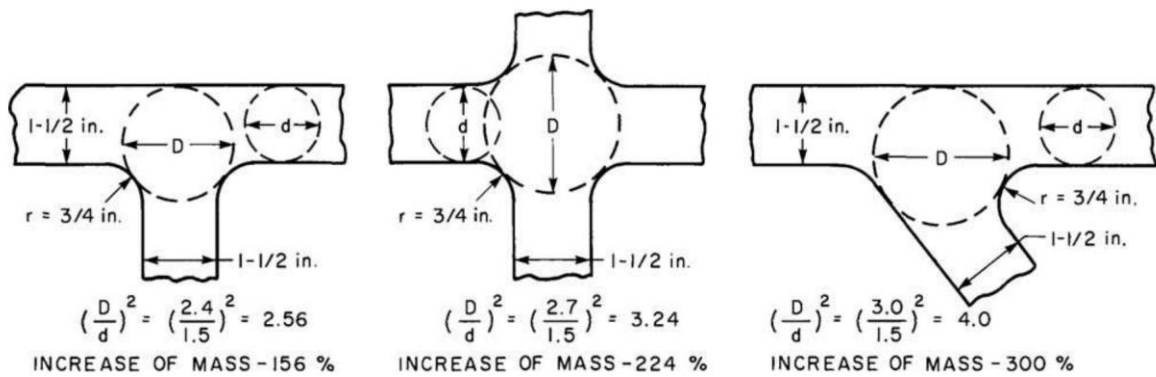
3.3.1.1 Större ansamling av massa

Om det är en plats i gjutgodset där det är en större ansamling av massa, det blir en relativt stor masskoncentration, kan detta leda till problem. Det kan leda till kaviteter, mikro- eller makrosugningar. Detta exempelvis på grund av att de smala delarna stelnar fortare vilket gör att inte tillräckligt med smälta kommer fram till den stora ansamlingen av massa. För att undvika detta bör masskoncentrationer av gjutgods undvikas. Framförallt bör det inte vara smala ingångar till större delar av gjutgodset. Detta kan undvikas med hjälp av sluttningar eller att placeringen av ingångarna vid korsningar görs annorlunda enligt kapitel 3.3.1.2 och 3.3.1.3. (Blair & Stevens, 1995)

Detta är generellt ett problem som är väldigt beroende på situationen och en generell lösning finns inte utan varje situation är unik. Det finns dock riktlinjer kring hur en del situationer kan hanteras, såsom korsningar och radier i hörn.

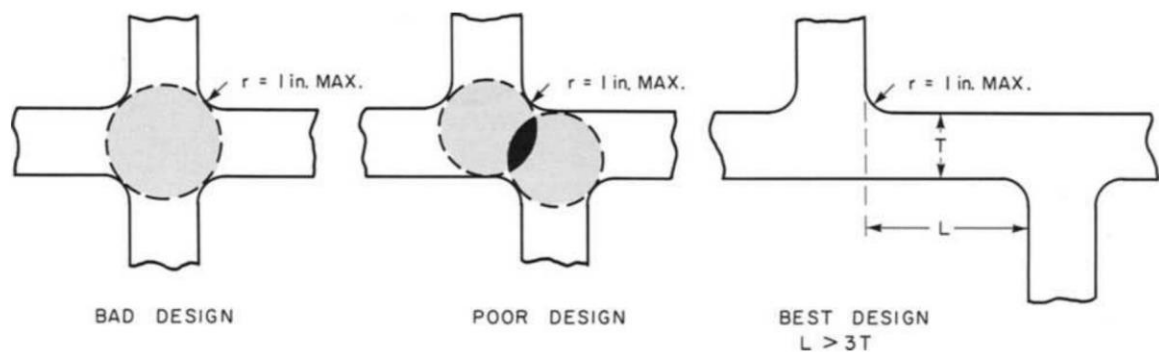
3.3.1.2 Korsningar

Vid ställen i geometrin där olika delar förs samman bildas korsningar. Detta är ett ställe där det naturligt samlas mer massa på en plats vilket är något som vill undvikas då det lätt kan bli defekter där. Beroende på hur många vägar man vill föra samman kan man få olika situationer kring hur mycket massan ökar i korsningen. I figur 10 visas skillnaden i massökning vid tre- och fyrvägs korsningar. I figuren studeras massans ökning med hjälp av cirkeln som bildas i korsningen, i detta fall benämns diametern i cirkeln med D . Det som kan ses är att om vägarna in i korsningen har samma diameter (d), kommer ökningen av massan bli större i fallet där det är en fyrvägs korsning. Därav är trevägs korsningar att föredra. Figuren visar också att det blir en större massökning om vägen kommer in i en vinkel.



Figur 10: Bild som visar tre- och fyrvägs korsningar och deras massökning (Blair & Stevens, 1995, s. 9)

För att undvika att få fyrvägs korsningar kan en av vägarna in förskjutas, detta ger fallet att man har två stycken tvåvägs korsningar istället för en fyrvägs korsning. Detta visas i figur 11. (Blair & Stevens, 1995)

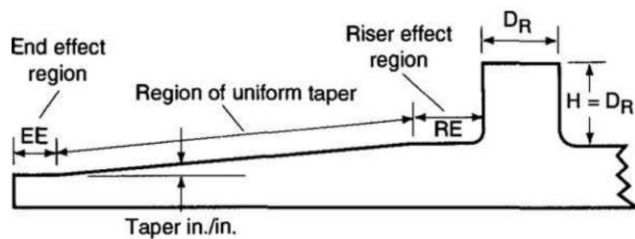


Figur 11: Bild där förskjutning av väg ger tvåvägs korsningar istället för fyrvägs korsning. (Blair & Stevens, 1995, s. 13)

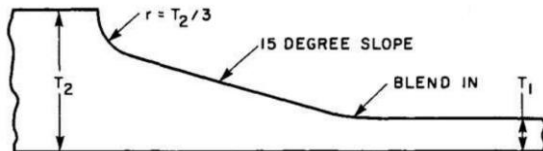
3.3.1.3 Hörn med små radier

Att ha hörn i en geometri där radien är liten kan vara problematiskt på flera sätt. En anledning till att små radier i hörn bör undvikas är för att det bildas spänningskoncentrationer, små hål har också samma effekt. Spänningskoncentrationerna kan ge stora problem för hållfastheten i gjutgodset, det kan i värsta fall leda till sprickor eller andra typer av brott.

För att undvika att ha för små radier kan man öka radierna, det kan dock resultera i en stor massökning i hörnet. Om det vill undvikas och massökningen hellre vill spridas ut kan en sluttning läggas in inför hörnet för att kunna ha en större radie men inte så stor koncentration av massa. Detta sätt kan göra att en mindre radie kan användas i jämförelse med om endast en ökning av radien sker på grund av att geometrin i hörnet ser annorlunda ut på grund av sluttningen. I figur 12 visas ett sätt att göra en lutning på, ett annat förslag visas även i figur 13. (Blair & Stevens, 1995)



Figur 12: Bild på lutning inför ett hörn. (Blair & Stevens, 1995, s. 5)



Figur 13: Bild på lutning inför ett hörn. (Blair & Stevens, 1995, s. 19)

3.3.2 Gjutning

För att förebygga defekter kan även en del förändringar göras i gjutprocessen. Det kan göras olika typer av förändringar för att manipulera stelningstid, orientering på stelningen samt andra förändringar som kan göra skillnad i gjutförloppet.

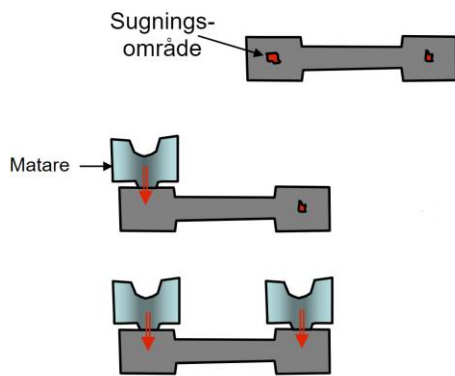
3.3.2.1 Kyl- och Värmningssystem

Vid förändring av temperaturen i olika delar av formen kan stelningen förändras på olika sätt. En värmekälla kan läggas in vid en plats för att smältan ska stelna långsammare i det partiet, detta kan leda till att mer smälta rinner förbi eller vill man göra stelningstiden längre i det partiet.

Motsatt till det kan en kylkälla också läggas till på en plats för att få smältan att stelna fortare. Detta kan göras genom att en kylkälla är i anslutning till formen, så temperaturen på formen i ett parti är lägre än resterande delar. Det kan även göras med hjälp av geometrin. Om de sluttningarna som beskrivs i kapitel 3.3.1.3 finns i geometrin leder även det till att en annan temperaturgradient. Det kommer leda till att svalningen och svalningstiden förändras. (Blair & Stevens, 1995)

3.3.2.2 Matare

Matare kan användas i en gjutprocess då extra smälta behöver tillsättas under stelningstiden, detta på grund av stelningsskrumpning i materialet. En matare kan placeras på olika ställen och se olika ut. Mataren kan vara en del av designen som sedan i efterhand bearbetas bort. Detta kan var för att man vill förflytta en kavitet i gjutgodset och därmed kan den läggas i mataren som sedan ändå tas bort. Mataren kan antingen vara stängd inuti formen eller öppen ut ur formen. Detta beror på olika situationer. För att det ska fungera att använda en matare behöver det vara den delen som svalnar sist, för att inte samma problem med krympning inuti gjutgods ska kvarstå. I figur 14 visas en simpel figur hur matare kan hjälpa till vid en kavitet. (Metallkompetens, hämtad: 2022-05-30)



Figur 14: Bild på matare. (Hamberg, 2014, s. 30)

3.3.2.3 Parametrar

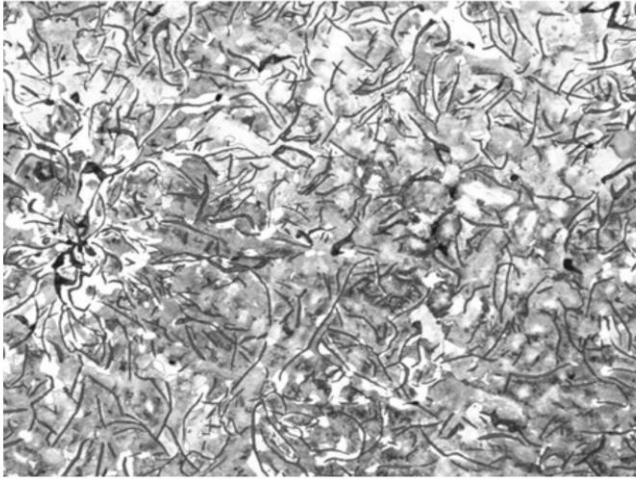
I gjutningen finns det en mängd olika parametrar på allt från inloppshastighet till temperatur till inloppstid. Allt detta och fler parametrar har stor betydelse för hur gjutningen blir. Exempelvis avgör inloppshastigheten om inloppet är turbulent eller laminärt. Detta kan påverka slag i gjutgodset. Temperaturen påverkar stelningen och stelningstiden. Alla gjutningar är unika och bör därför undersökas så alla parametrarna är optimala, annars kan olika typer av defekter eller andra problem uppkomma.

3.4 Gjutjärn

Gjutjärn är en grupp material och inte ett specifikt material. De materialen som är intressanta för detta arbete är de vanligaste materialen gråjärn och segjärn. I detta kapitel presenteras information kring de två materialen.

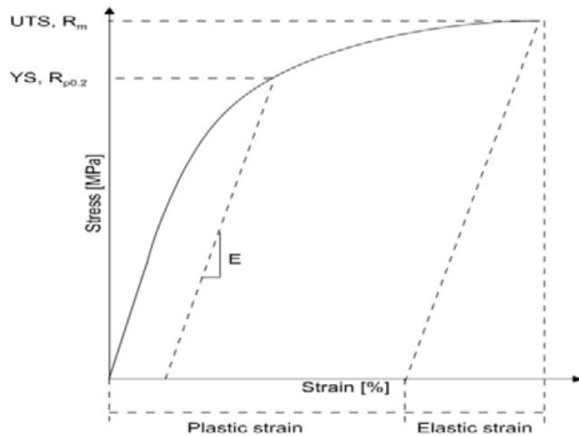
3.4.1 Gråjärn

Gråjärn är ett material som används i stor utsträckning vid gjutning och det har en god bearbetningsförmåga. Detta är på grund av att mikrostrukturen består av fjälliggrafit. Detta ger den goda bearbetningsförmågan samt ger det god vibrations- och bullerdämpning på grund av att sprickorna/fjällen inte sitter ihop överallt. Detta gör det svårt för vibrationer att föras vidare. Den fjälliga mikrostrukturen kan ses i figur 15. Sprickorna i mikrostrukturen gör att materialet är relativt sprött på grund av de stora spänningskoncentrationerna som bildas vid ändarna. Det gör även att materialet inte klarar så mycket dragkrafter men det klarar dock mycket tryckkraft. (Samuelsson, 2011)

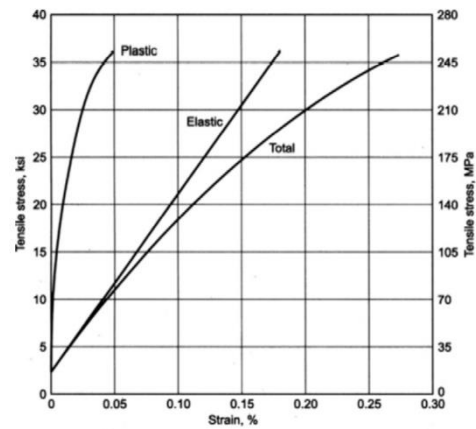


Figur 15: Mikrostrukturen av gråjärn, x100. (Metallkompetens, 3.2 Gråjärn)

Gråjärn har inte en tydlig sträckgräns, detta kan ses i dragprovskurvan som kan ses i figur 16. Detta på grund av att så fort en last läggs på, antag att lasten är en dragkraft på grund av att det är ett dragprov, så kommer vissa delar av materialet plasticera med en gång. Detta resulterar i att det inte finns en tydlig sträckgräns för hela materialet. På grund av att materialet är delvis elastiskt och delvis plastiskt vid dragkrafter görs en total kurva, denna kan ses i figur 17.



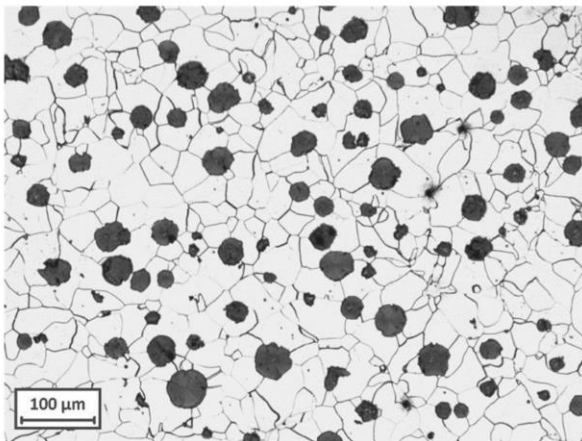
Figur 16: Dragprovskurva för gråjärn (Samuelsson, 2011, s.16)



Figur 17: Total kurva (Samuelsson, 2011, s.17)

3.4.2 Segjärn

Materialet segjärn är som namnet antyder ett segare typ av gjutjärn. Detta har att göra med mikrostrukturen, till skillnad från gråjärn har inte segjärn samma grafitfjäll. Den är istället uppbyggd av grafitpartiklar, detta kan ses i figur 18. Segjärn har goda glid-, gjut- och utmattningsegenskaper, det har även bättre hållfasthet än vad gråjärn har. Detta är för att de runda kornen inte ger samma spänningskoncentration som fås vid fjällen i gråjärn. En fördel med segjärn är att det kan användas i en obehandlad form. En nackdel med segjärn är dock att det har sämre bearbetbarhet än exempelvis gråjärn, detta på grund av sin seghet. (Metallkompetens, hämtad: 2022-05-30)



Figur 18: Mikrostruktur på ferrit/perlitiskt segjärn (Metallkompetens, 3.4 Segjärn)

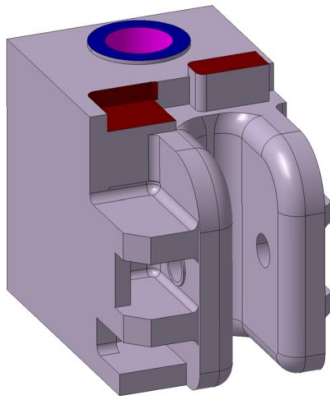
4. Simuleringprocessen

Under detta kapitel framförs hur simuleringen av gjutningen och hållfastheten går till. Det befintliga lyftörats simuleringsresultat presenteras sedan i kapitel 6.1 *Resultat från befintlig designs gjutsimulering* och resultaten från de förändrade geometriförändringarna presenteras i kapitel 8. *Resultat av enskild simulering*.

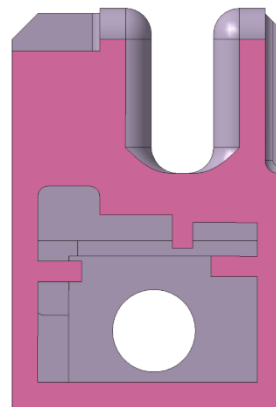
4.1 Gjutsimulering

Gjuteriet Massifond använder sig av programvaran MAGMA vid simulering av gjutningen. I mån om att få simuleringsresultat kompatibelt med det tillverkade gjutgodset har de ersatt de modellerade borrhålen med gjutgodsmassa. Detta för att den simulerade modellen ska motsvara den faktiska gjutningen så mycket som möjligt. De använder sig även av sina standardparametrar vid gjutning vid skapandet av simuleringen.

Vid simulering avgränsas verktyget till endast lyftörat samt en bit bakom lyftörat, detta illustreras i figur 19. Detta för att spara tid och resurser då det visar samma resultat som att simulera hela pressverktyget.



Figur 19: Bild på avgränsat lyftöra, sidan



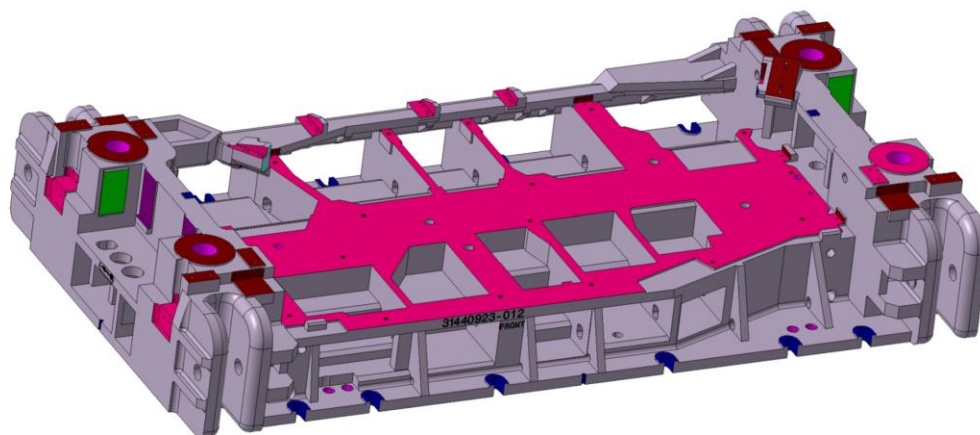
Figur 20: Bild på avgränsat lyftöra, undersidan

4.2 Hållfasthetsberäkningar

För att undersöka om ändringarna av geometrin försämrar eller förbättrar hållfastheten används produkten Generative Structural Analysis (CAE) i modelleringsprogrammet CATIA. Valet av att använda denna programvara som simuleringsverktyg är för att det används av Volvo Cars i Olofström idag vid lättare simuleringar. Detta gav oss därför möjligheten till att åstadkomma en god upprättning av beräkningsmiljön samt handledning vid eventuella frågor.

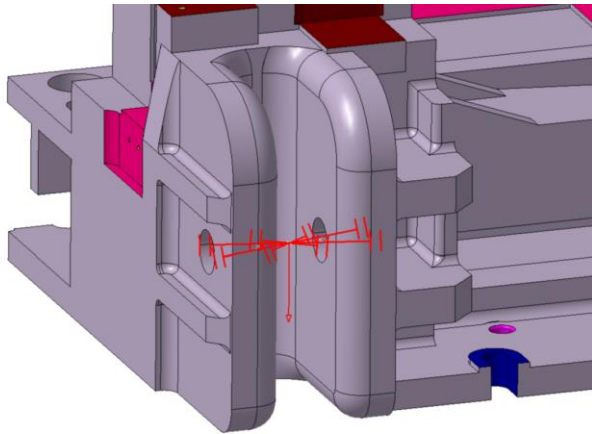
Produkten CAE tillåter användaren att utföra första ordningen mekaniska analyser för 3D-system. Användargränssnittet är en förlängning av CATIA-designens arbetsbänkar. Detta gör det intuitivt att använda för designers och konstruktörer som tidigare använder CATIA för modulering och är därav anledning till varför det används på Volvo.

För att dra ner på simuleringstiden valde vi att kolla på en fjärdedel av verktyget, alltså vid endast ett lyftöra. För att kompensera denna handling valdes randvillkor mot de borttagna delarna för att rättfärdiga simuleringen. Även onödig geometri såsom text och hål togs bort eller fylldes ut.



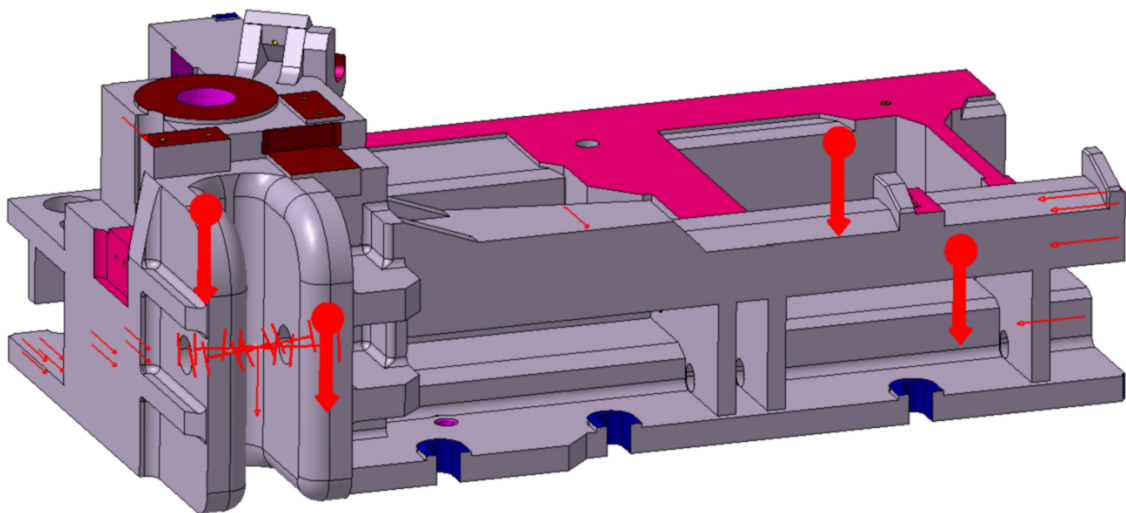
Figur 21: Hela den gjutna delen av pressverktyget

Fallningsbulten som traversen sedan ska tillkopplas till representeras med verktyget Contact Virtuel Part. Detta verktyg medför att man kan ansluta alla stödoffsetnodpunkter till handtagspunkten till en stel kropp och överföra alla åtgärder via kontakt förhållanden mellan offsetnoder och stöd, se figur 22.



Figur 22: Randvillkor för fallringsbult

Nedan visas det första lastfallet då traversen är kopplad till alla fyra hörn och endast en del av verktyget lyfts, se figur 23. Först beräknas originalgeometrin, den oförändrade modellen, med endast gravitationen som last. Von Mises-spänningen noteras och används som en referens. Versioner med förändrade geometri beräknas sedan för att jämföras mot originalet. Blir det en för stor spänningsskillnad vid lyftöronen appliceras en noggrannare beräkning.



Figur 23: Randvillkor samt tyngdkraften

5. Undersökning av problemet

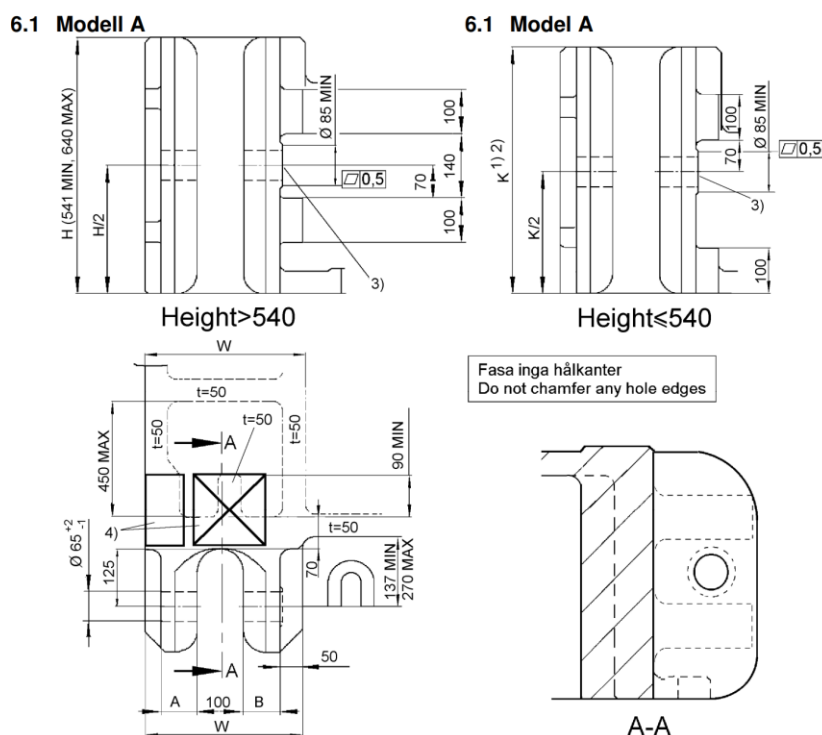
I detta kapitel beskrivs hur den nuvarande defekten uppstår, hur den befintliga designen på lyftörat ser ut samt resultaten från hållfasthetsberäkningarna och gjutsimuleringen på den nuvarande designen. Detta för att ge ett underlag till vad som kan förbättras.

5.1 Bakgrund av undersökning

Bakgrunden till projektets start är att Volvo fann en kavitet bakom lyftörat för ett visst pressverktyg. Pressverktygets lyftöra skiljde sig däremot lite mot det standardiserade lyftörat. Därför undersöks det lyftörat som är mest standardiserat och inte specialfallet där kaviteten först hittades.

5.2 Befintlig design på lyftörat

Lyftöronen Volvo använder sig av i majoriteten av fallen på sina pressverktyg är standardiserade och är beroende av vikten på verktyget. Det finns olika modeller och för varje modell finns olika storlekar. Samma storlek måste alltid väljas för överdel och underdel. Detta för att hela verktyget ska kunna lyftas i båda delarnas lyftöron vid underhållsarbete. Dock måste inte samma modell på överdel och underdel användas. Modellen som används på verktyget som undersöks är modell A som kan ses i figur 24. Vid användning av modell A får över- och underdel inte väga mer än 10 respektive 15 ton beroende på storlek, det kan ses i tabell 1. Modellen A har två storlekar, A1 och A2, där de har samma design på de flesta ställena men A2 är lite bredare samt lite högre. De olika måtten och ritningar på lyftöronen kan ses i figur 24 och tabell 1. (Fristedt, 2020,)



Figur 24: Bild på lyftörat, modell A. (Fristedt, 2020, s. 9)

Table 1: Storleksskillnader på A1 och A2. (Fristedt, 2020, s. 9)

Size	Weight of the heaviest die part ⁵⁾	Model	A	B	W	H MIN	H MAX	K MIN	K MAX
1	Max 10 000 kg	A1	60	60	305	541	640	340	540
2	Max 15 000 kg	A2	80	80	345	541	640	400	540

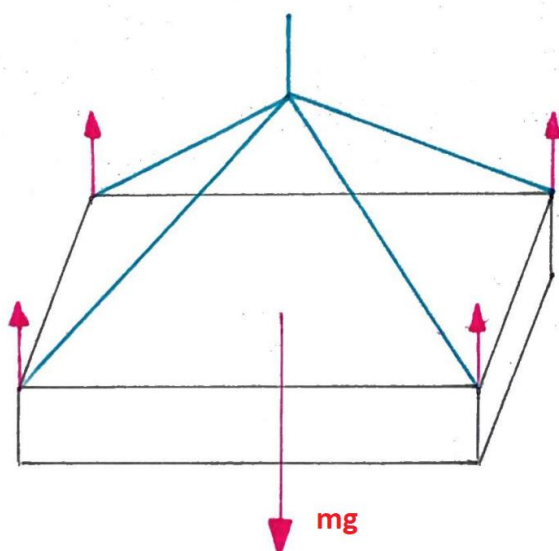
Lyftörat är utformat på ett sätt för att möjliggöra att pressverktyg ska kunna staplas på varandra. Den brunfärgade-delen på lyftörat är ytan där ovanstående pressverktyg kan placeras på. Väggarna bakom lyftörat har funktionen att bära upp den last som ovanliggande pressverktyg orsakar. Dessa väggar bakom har även funktionen att bära upp andra komponenter i verktyget som kan placeras ovanpå och kräver att extra stöd i form utav väggarna. Hålet som sitter överst på lyftörat måste finnas kvar då dess placering uppfyller andra komponenters funktion. Se figur 19.

5.3 Lastfall

Vid transport lyfts verktyget med hjälp av en travers. Det kan lyftas på flera olika sätt, beroende på situation. Det är tre sätt som undersöks: över- och underdel lyfts var för sig, hela pressverktyget lyfts tillsammans där både över- och underdel sitter ihop eller då en halva lyfts på högkant.

Lastfall A

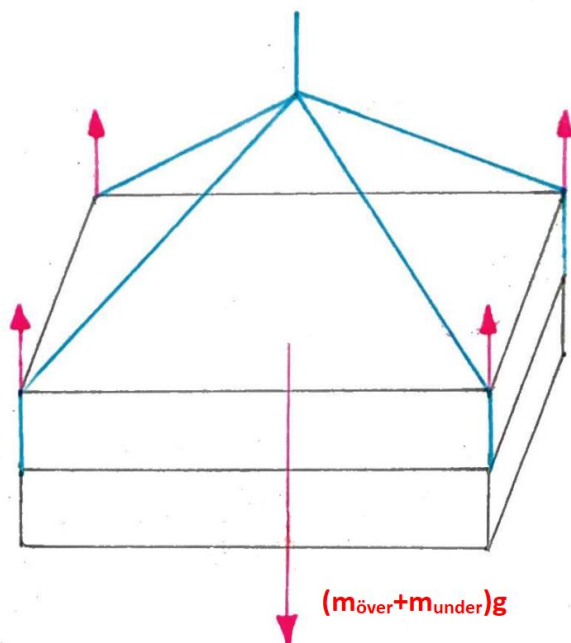
I det första sättet där över- och underdel lyfts separat är traversen kopplad i alla fyra lyftöron på verktygshalvan. Detta lastfall benämns A och visas i figur 25 nedan. De krafter som blir i lyftöronen visas med rosa pilar. Traverskättingarna visualiseras med blåa streck. Krafterna som bildas i lyftöronen är egentligen riktade i samma vinkel som traverskättingarna men en approximation görs där endast tas hänsyn till den vertikala komponenten på grund av hur krokarna är kopplade i verktyget samt hur kättingarna hamnar. Approximationen görs för att få ett så simpelt lastfall som möjligt och tar hänsyn till den kraften som påverkar mest.



Figur 25: Lastfall A

Lastfall B

I det andra sättet transporteras hela verktyget tillsammans, över- och underdel sitter ihop. I detta fall sitter traversen kopplad i alla fyra lyftöron på det undre verktyget. När verktyget transporteras på detta sätt kan det transporteras på rätt håll där överdelen är överst och underdelen är underst, det kan även transporteras upp och med där överdelen är underst och underdelen överst. Detta lastfall benämns B och visas i figur 26. Liknande approximation som i lastfall A görs där endast den vertikala komponenten av kraften tas hänsyn till.



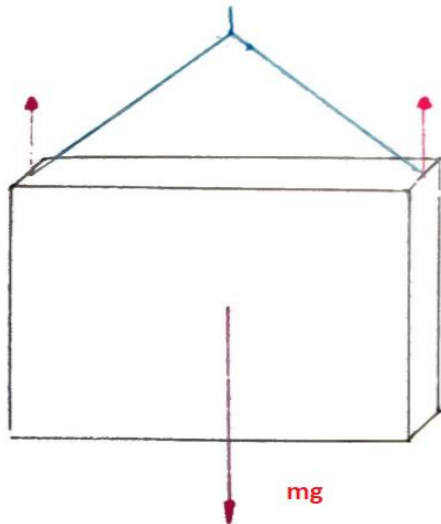
Figur 26: Lastfall B

Lastfall C

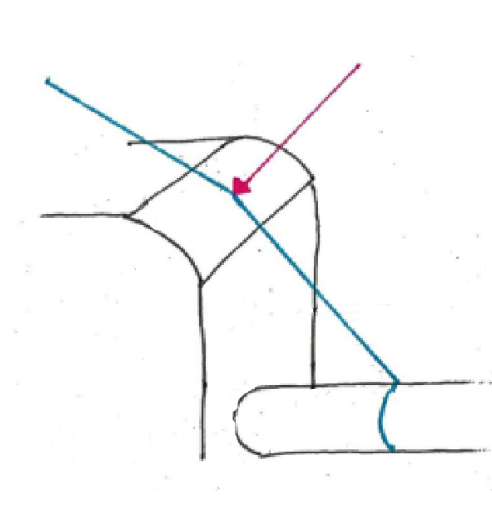
I det tredje och sista lastfallet som undersöks är verktyget bara kopplat i två lyftöron och transporteras på högkant. I detta fall kommer belastningen på lyftöronen bli annorlunda, de kommer vara vridna 90°, tyngden på de två lyftöronen som är kopplade kommer också vara dubbelt så stor på grund av att hela tyngden endas delas upp på två kopplingspunkter. I detta fall tillkommer en last på radien på grund av vinkeln på traverskrokarna. För att ta hänsyn till både kraften som blir i fallringsbulten samt på radien på lyftörat delas lastfallet upp i två separata lastfall. Detta för att få en bild av hur de olika krafterna påverkar lyftörat utan att risken för att de tar ut varandra i analysen, samt görs i två separata beräkningar för att få ett så simpelt fall som möjligt.

I ett av lastfallen är det endast en kraft i fallringsbulten, den är vertikal i förhållande till hur verktyget är vänt. Detta lastfall benämns C1 och visas i figur 27. I det andra lastfallet läggs en tryckkraft vinkelrätt mot radien på lyftörat. Denna kraft som läggs på är 7 ton. För att räkna med lite större än kraften som blir i verkligheten (för att räkna med en säkerhetsfaktor) antas verktygshalvan som lyfts väga totalt 14 ton. Denna vikt delas på två eftersom det hänger i två

lyftöron. Detta resulterar i att den sneda kraften som används är 7 ton. Detta kan ses i figur 28 och lastfallet benämns C2.



Figur 27: Lastfall C1



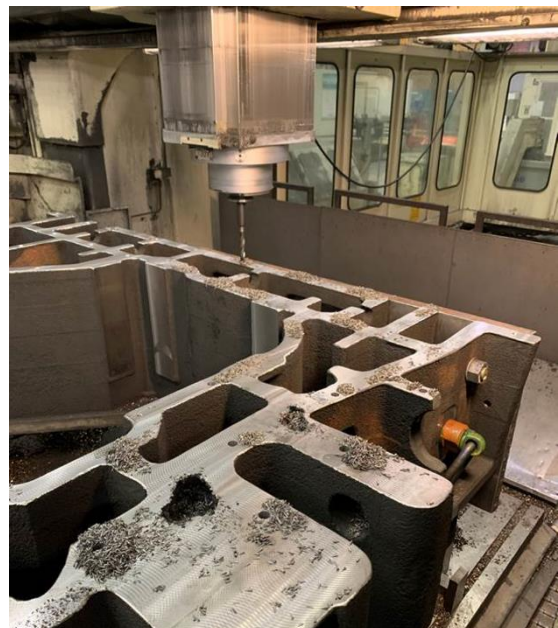
Figur 28: Lastfall C2

5.4 Nuvarande defekt

Defekten som är ursprunget till varför projektet drogs igång är en kavitetbildning bakom lyftörat. Denna upptäcktes först vid ett haveri, ej kopplat till defekten i fråga, där man var tvungen att fräsa bort en del från verktyget för att reparera. Från undersidan av verktyget (ovansidan i figur 29 och 30) frästes 70 mm bort och då befann man sig mitt i kaviteten, uppskattningsvis var diametern på hålrummet runt 80 mm.



Figur 29: Bild på defekt



Figur 30: Bild på defekt

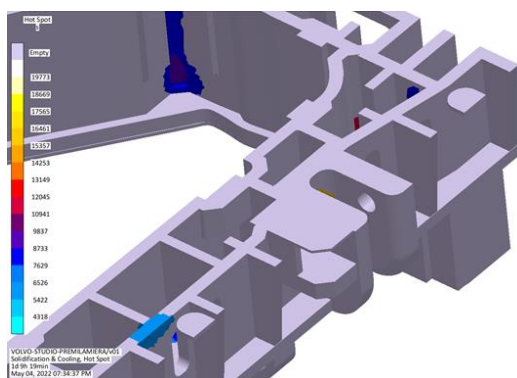
6. Simulering av befintlig konstruktion

I detta kapitel tas resultaten från den befintliga designens gjut- och hållfasthetssimulering upp.

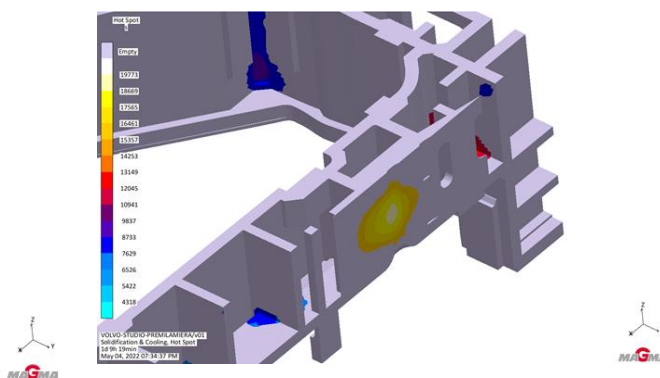
6.1 Resultat från befintlig designs gjutsimulering

Simuleringen är gjord av Massifond med deras standardparametrar i programvaran MAGMA. Då inte Massifond gjutit just det verktyg som kaviteten först upptäcktes kan det finnas skillnader i gjutparametrarna som används vid gjutningen jämfört med de som användes vid simuleringen. Detta kan leda till att resultaten kan vara lite avvikande jämfört med verkligheten.

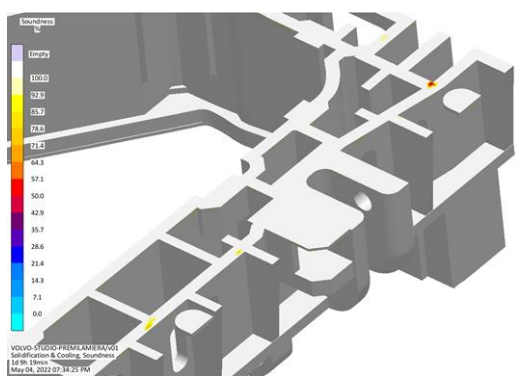
Först simulerades hela originalverktyget för att se om kaviteten kunde upptäckas. Ingen kavitet upptäcktes vid 70 mm höjd där kaviteten i verkligheten hade hittats men en möjlig hotspot upptäcktes i det bakre området av lyftörat i medelhöjd, se figur 31, 32, 33 och 34.



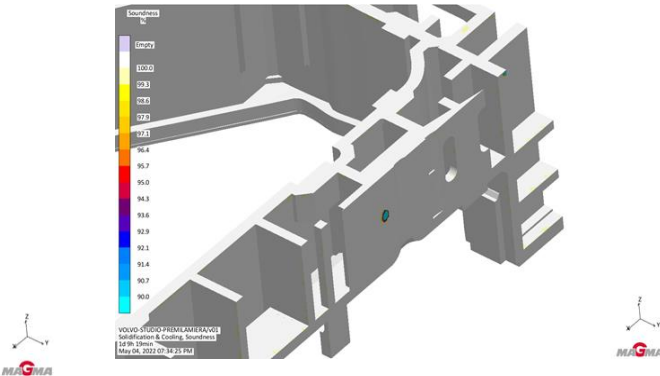
Figur 31: Bild lyftöra



Figur 32: Bild hotspot

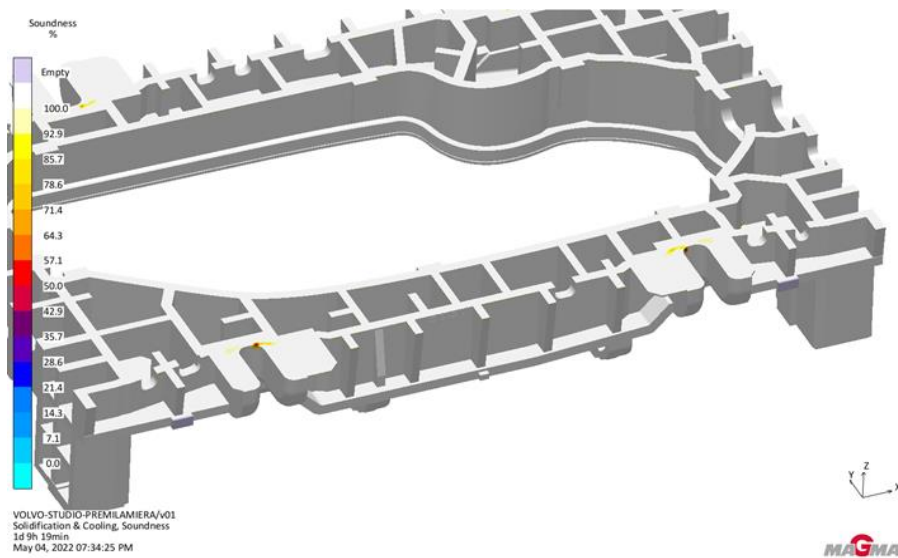


Figur 33: Bild lyftöra



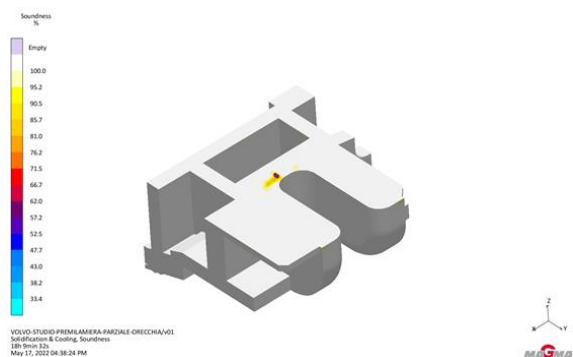
Figur 34: Bild hotspot

Denna potentiella hotspot återfanns sig även hos de andra lyftöronen, vilket stödjer tesen om att det kan förekomma i alla lyftöron.

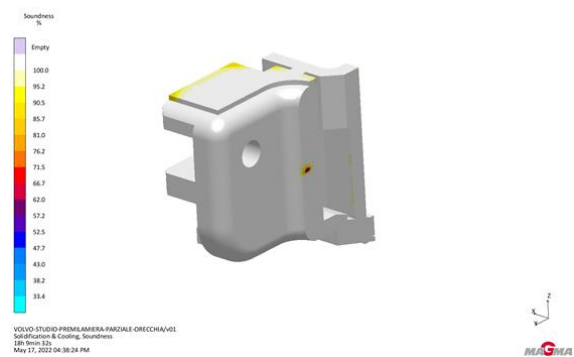


Figur 35: Hela verktyget, hotspot markerat

För att underlätta undersökningen avgränsades CAD-filen till lyftörats område och en ny simulering genomfördes.



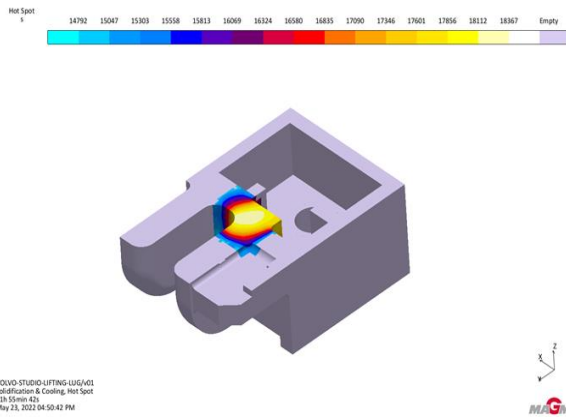
Figur 36: Delat lyftöra, hotspot



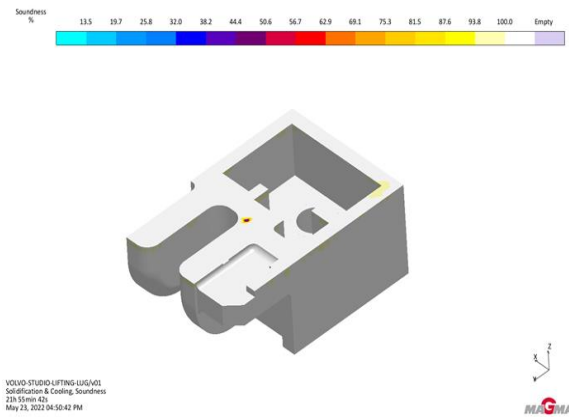
Figur 37: Hela lyftörat hotspot

Eftersom resultatet liknar en komplett gjutsimulering blev det möjligt till att endast simulera det avgränsade området.

För att se om hotspotten även skulle befinna sig i det vanligast förekommande lyftörat genomfördes även en simulering av detta, se figur 38 och 39.



Figur 38: Standard lyftöra, hotspot



Figur 39: Standard lyftöra, hotspot

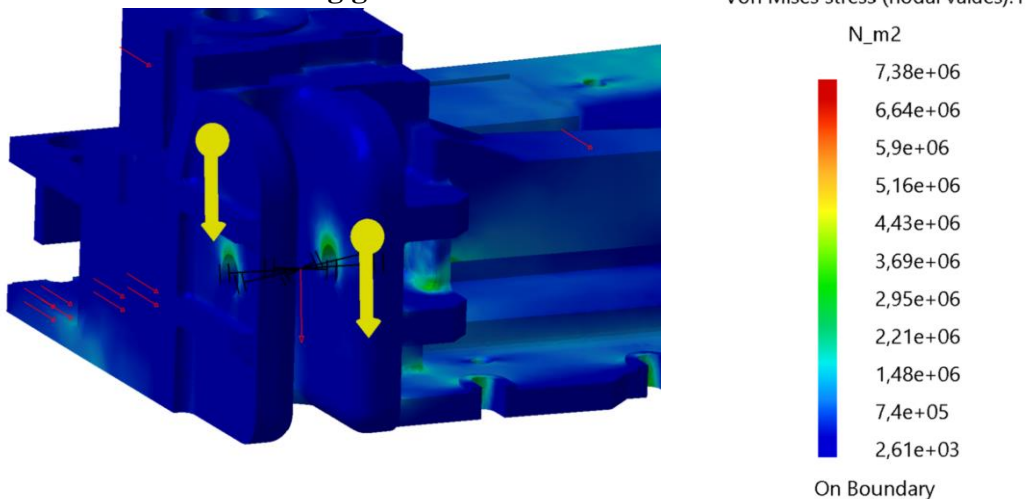
Resultatet från simuleringen visar att en potentiell hotspot även förekommer här. Dess placering gav även nyttig fakta om hur utvecklingen av projektet skulle gå vidare. Enligt gjuteriet, med grund från simuleringen, framkommer den potentiella hotspoten på grund av masskoncentrationen som kan ses i bakre delen av lyftörat.

6.2 Resultat från befintlig designs hållfasthetsberäkningarna

I detta kapitel presenteras resultaten från hållfasthetsberäkningarna på det befintliga pressverktyget. Beräkningarna utfördes på tre olika lastfall, där den tredje är uppdelade i två olika fall (läs kapitel 5.2 Lastfall). Resultaten från dessa kommer sedan vara en referens för de framtida förändringarna av geometrin.

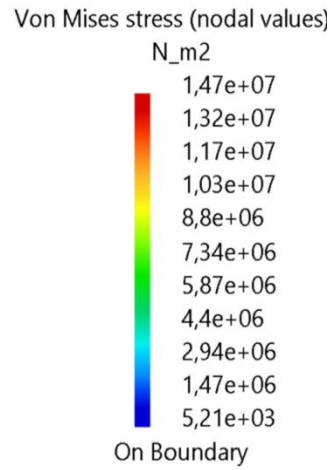
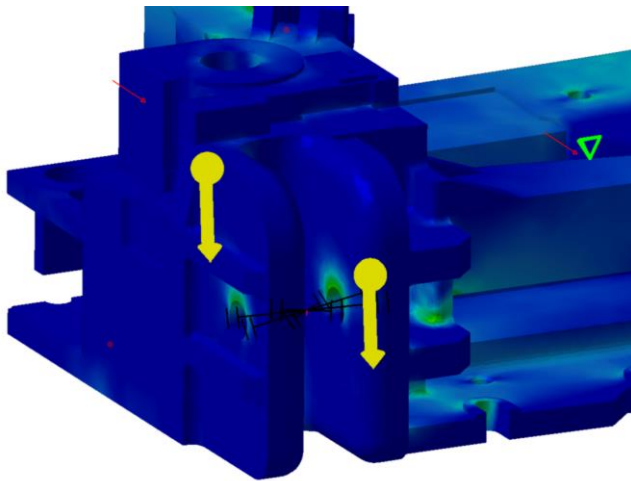
Resultatet för de olika lastfallen presenteras i figur 40, 41, 42 och 43, spänningarna kan ses som färgskillnader i verktyget där de mörkblå områdena har väldigt låga spänningar och de områdena som skiftar mot rött har maximala spänningar. Färgskalan och dess spänningar kan ses nedan och är specifika för varje lastfall.

Resultat för Lastfall A befintlig geometri:



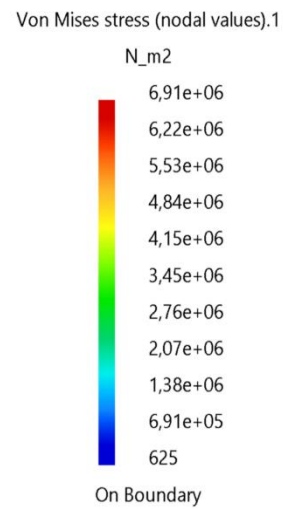
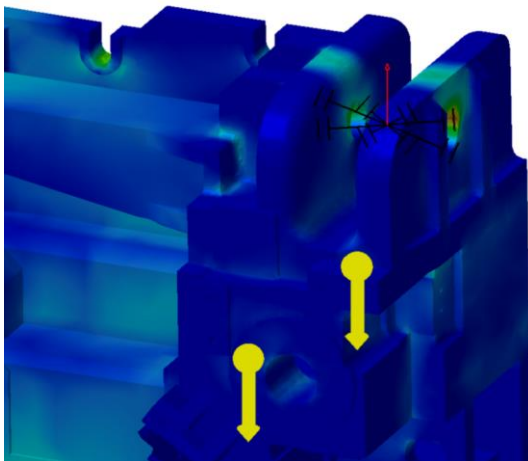
Figur 40: Lastfall A

Resultat för Lastfall B befintlig geometri:

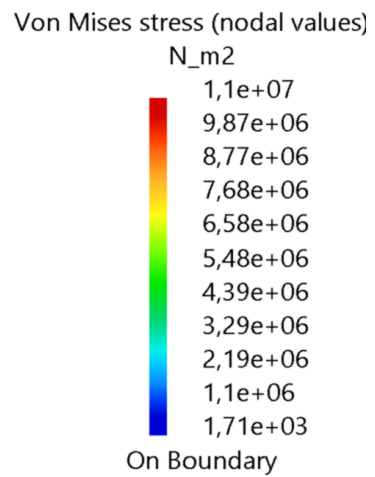
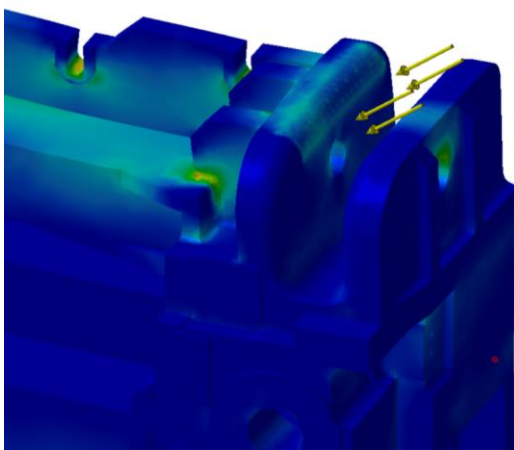


Figur 41: Lastfall B

Resultat för Lastfall C befintlig geometri:



Figur 42: Lastfall C1



Figur 43: Lastfall C2

Då hållfasthetsberäkningarna är gjorda och resultatet blev enligt ovan kan det konstateras att det är relativt små delar av lyftörat som har stora spänningar. Framförallt är det i anslutning till där kraften läggs på samt där fallringsbulten är placerad. En del spänningar kan även ses vid radier och liknande, dock är det inte relevant för helhetsfunktionen av lyftörat och heller inte för den allmänna geometrin av lyftörat. Övriga områden har väldigt låga spänningar.

På grund av att det är relativt små spänningar i stora delar av lyftörat finns det potential till att minska massan och göra ändringar i geometrin utan att befinna sig för nära brott.

6.3 Analys av resultaten

Gjutningssimuleringen visar att det som är orsaken till kaviteten uppstår är att det är en stor masskoncentration. Det kan även ses att hotspoten, det problemområdet som visas vid gjutningssimuleringen, ligger placerad i mitten av masskoncentrationen. Det blir så på grund av att det är i mitten som gjutmassan kommer stelna sist. Det är varmast där jämfört med kanterna och det medför att det blir en hotspot. Hållfasthetsberäkningarna visar att det är relativt låga spänningar i stora delar av lyftörat. Runt problemområdet är det små spänningar och stora delar av lyftörat är inte påverkade vid de olika lastfallen. På grund av att det finns det potential till att göra olika ändringar på geometrin i anslutning till hotspoten. För att minska masskoncentrationen kan geometrin bakom lyftörat smalnats och eftersom det inte är ett särskilt tungt påfrestat område med spänningar i lastfallen kan det undersökas med olika varianter för att minska massan.

7. Koncept

I detta kapitel presenteras de olika koncepten. Koncepten presenteras med hjälp av en förklarande text samt figur vid behov.

7.1 Koncept 1: Flytta in lyftöra

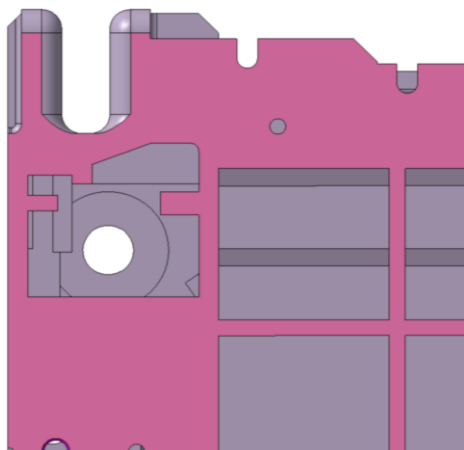
Den höga masskoncentration som lyftörat bidrar med är ett stort problem. Genom att flytta in lyftörat längre in och på så sätt integrera den mer med resterande konstruktion kan masskoncentrationen minskas. Flyttas lyftörat inåt kan massan och tjockleken på väggarna minska då hållfastheten i lyftörat inte blir lika utsatt, detta ger då en mindre koncentration av massan.

7.2 Koncept 2: Ändring bakom lyftöra

Koncept 2 görs i två versioner med samma anledning och mål i åtanke. För att minska den relativt stora masskoncentrationen bakom lyftörat görs två olika delkoncept där geometrin bakom lyftörat ändras. I båda fallen flyttas väggen bakom lyftörat för att minska massan bakom där problemområdet uppkommer.

7.2.1 Sned vägg

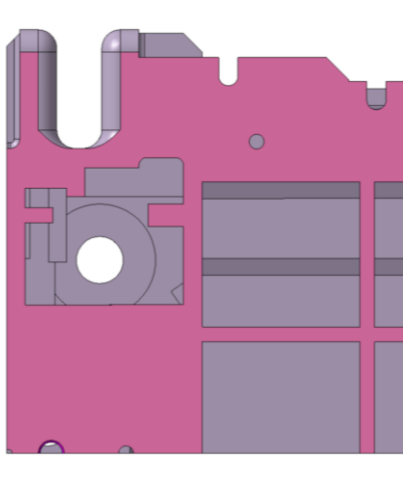
För att minska masskoncentrationen bakom lyftörat, framförallt där problemområdet sitter, görs väggen bakom sned. Detta för att skära bort en del av massa. Det resulterar i att masskoncentrationen blir mindre samt att vägen där smältan flyter blir simplare. Det kommer även leda till att stelningen av massan i det området kommer förändras. I figur 44 visas ändringen som gjorts.



Figur 44: Koncept Sned vägg

7.2.2 Rak vägg

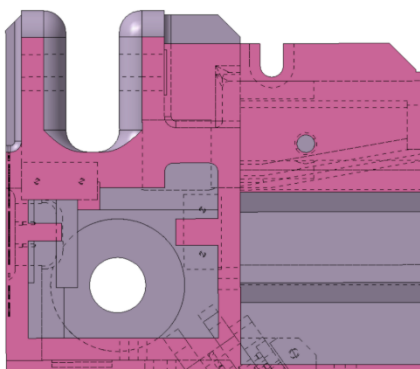
Även här görs väggen bakom lyftörat smalare för att minska masskoncentrationen. Här förflyttas vägen bakom rakt närmare lyftörat. Detta är ett annat sätt för att minska masskoncentrationen genom att minska området där problemet har uppkommit, men det görs utan att göra väggen lutande. Detta visas i figur 45.



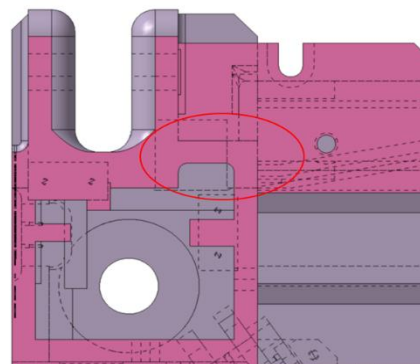
Figur 45: Koncept Rak vägg

7.3 Koncept 3: Förflyttning av vägg

I detta koncept flyttas väggen som är placerad från lyftörat och sen bakåt mot problemområdet. Före och efter bild kan ses i figur 46 och 47. Denna vägg flyttas bakåt av liknande skäl som innan, för att minska masskoncentrationen. Väggen görs nu lika bred som resterande väggar på baksidan av verktyget, detta för att hålla måtten så lika som möjligt då det gör det enklare för gjutningen samt att det blir enhetligt i geometrin.



Figur 46: Före ändring



Figur 47: Efter ändring

8. Resultat av enskild simulering

I kapitlet nedan presenteras resultatet efter en undersökning av varje koncept.

8.1 Koncept 1: Flytta in lyftörat

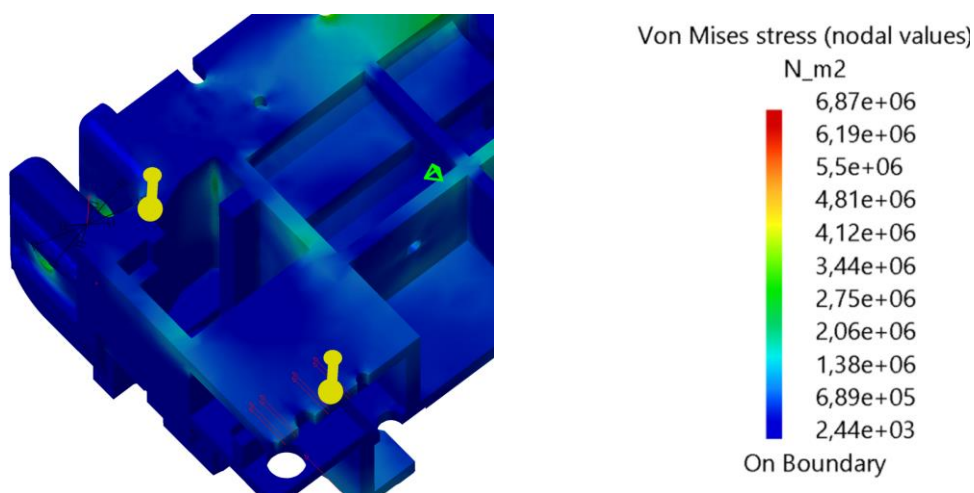
Efter diskussion med Volvo går detta koncept ej att genomföra då fallringsbulten som traversen ska kopplas till behöver utrymme för att lätt kunna monteras. Lyftanordningen behöver även sticka ut längre än vad den övriga konstruktionen gör vid rotering av pressverktyget. Detta för att skydda de viktiga delarna av verktyget.

8.2 Koncept 2: Ändringar bakom lyftöra

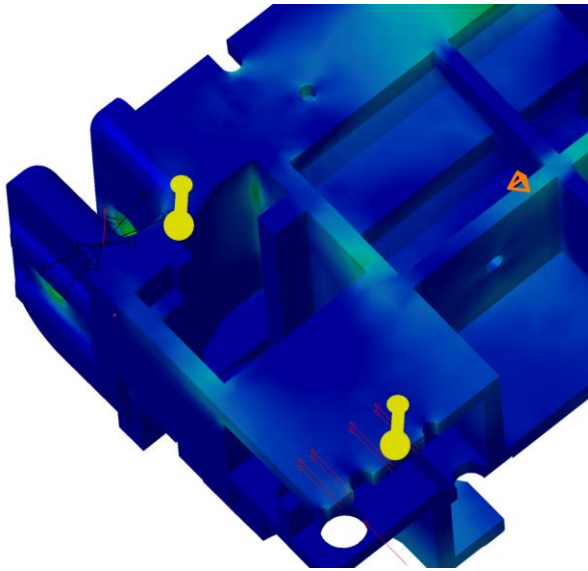
Resultatet av dessa koncepter är relativt lika, detta på grund av att koncepten är liknande. I båda fallen blir masskoncentrationen mindre och efter simulering av hållfastheten blir resultatet relativt likt originalet i de olika lastfallen. Resultatet av de enskilda delkoncepten samt lastfallen presenteras nedan.

8.2.1 Sned vägg

Vid simulering av lastfall A kan det ses att hållfastheten i lyftörat är densamma som originalet. Efter ändringen där den lutande väggen är gjord kan det konstateras att i alla de tre lastfallen, A, B och C, har inte spänningarna ökat kring lyftörat jämfört med originalet. Resultatet för de olika lastfallen visas i figur 48, 49, 50 och 51, för fler vyer av resultatet se bilagor B.

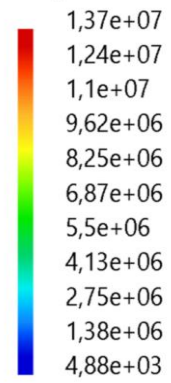


Figur 48: Resultat lastfall A



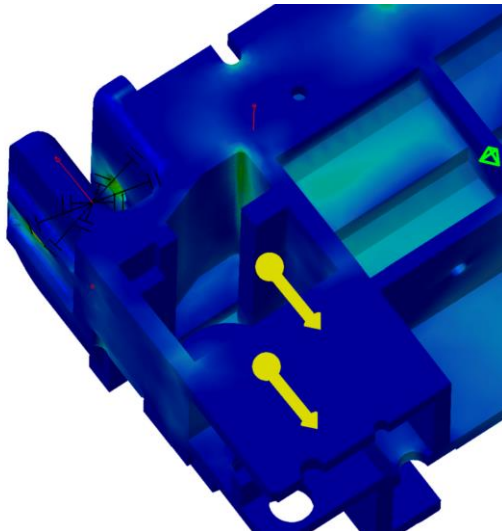
Von Mises stress (nodal values)

N_m2



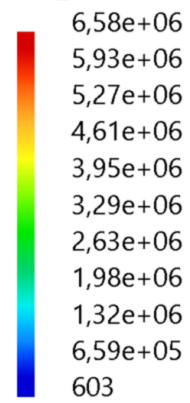
On Boundary

Figur 49: Resultat lastfall B



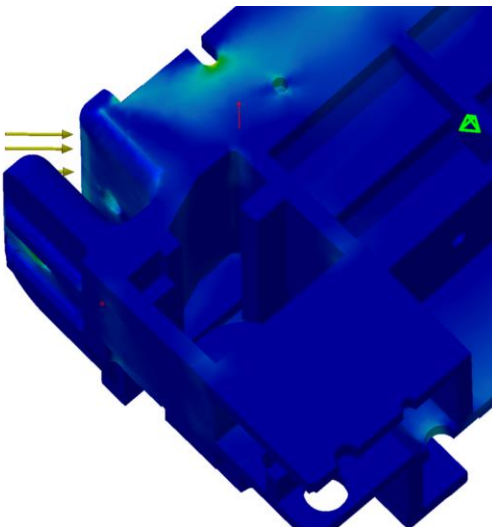
Von Mises stress (nodal values)

N_m2



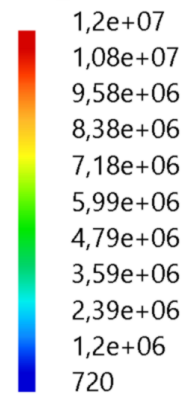
On Boundary

Figur 50: Resultat lastfall C1



Von Mises stress (nodal values)

N_m2



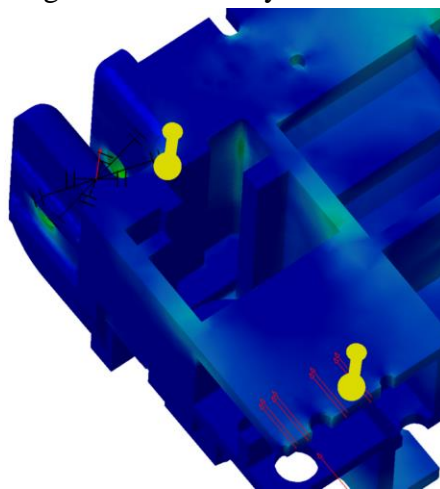
On Boundary

Figur 51: Resultat lastfall C2

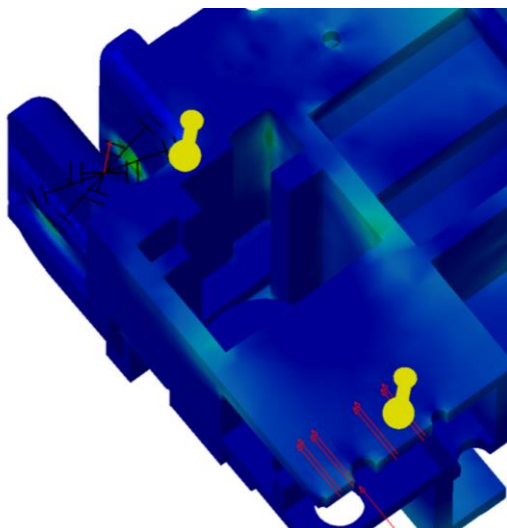
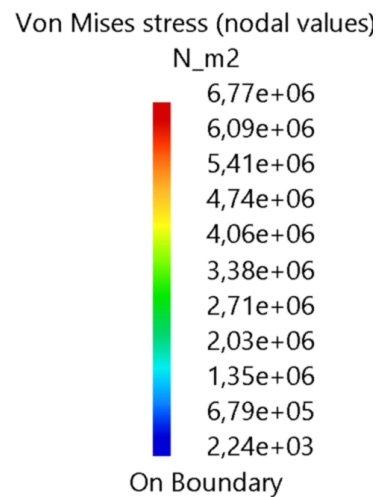
Efter dessa hållfasthetsberäkningar är gjorda kan det konstateras att det inte är sämre än originalet vid denna undersökning, det klarar av alla de lastfallen som testas utan att visa några direkta ökningarna i spänningar kring lyftörat där geometriändringen har gjorts.

8.2.2 Rak vägg

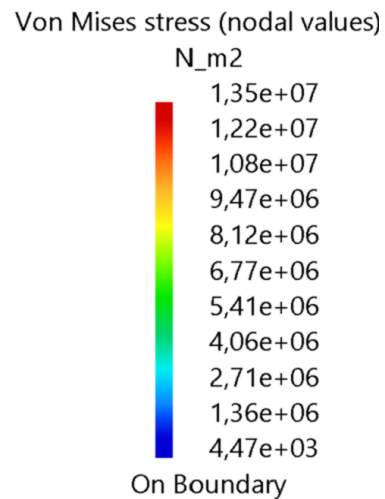
Vid geometriändringen där väggen bakom lyftörat är rak är resultatet väldigt likt originalet samt konceptet med en sned vägg, vid simuleringen av hållfastheten. Även här har spänningarna minskat lite. Resultatet av de olika lastfallen presenteras nedan i figur 52, 53, 54 och 55. I bilagor C finns fler vyer av resultatet av lastfallen.

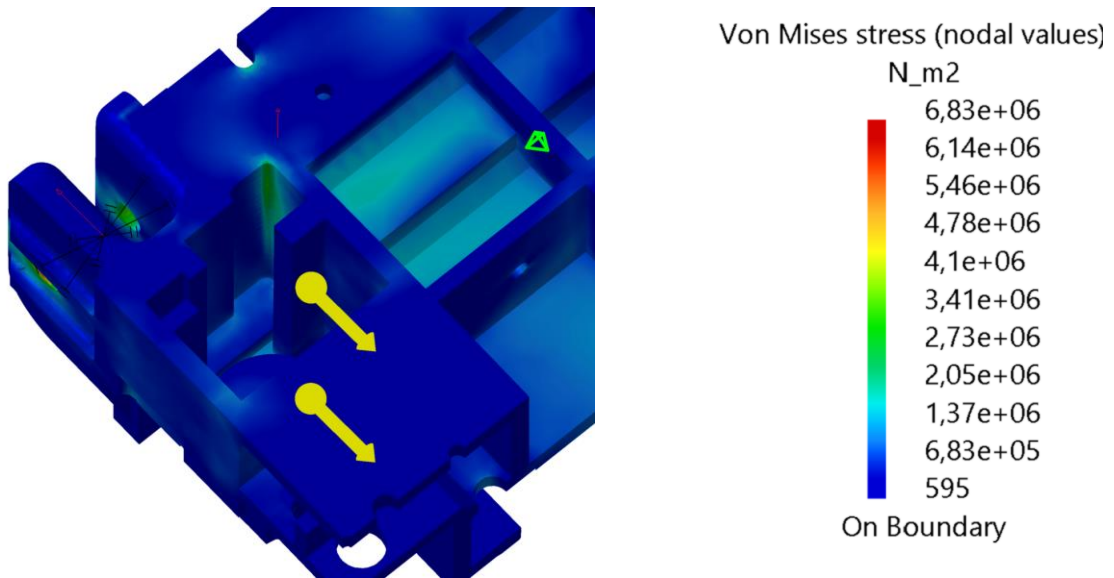


Figur 52: Resultat lastfall A

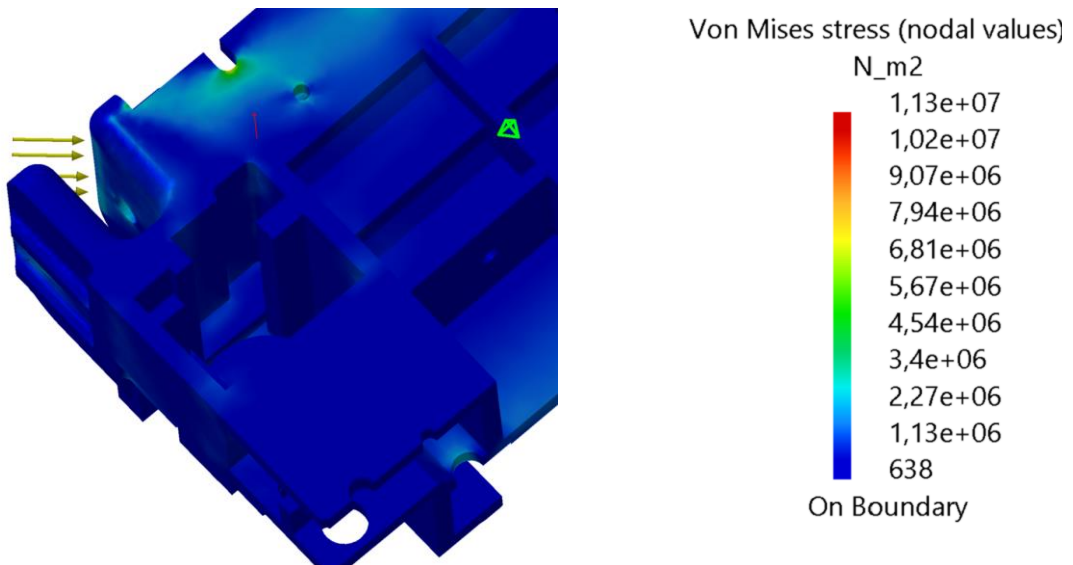


Figur 53: Resultat lastfall B





Figur 54: Resultat lastfall C1

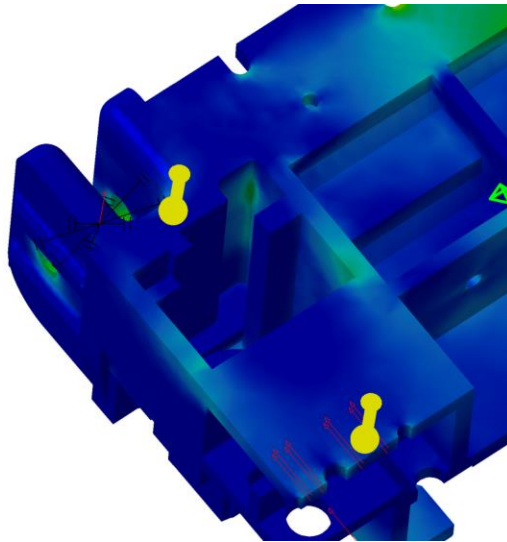


Figur 55: Resultat lastfall C2

Efter dessa hållfasthetsberäkningar visar det att geometriändringarna i detta konceptet inte har gjort att spänningarna ökar i lastfallen, det är inte sämre hållfasthet än hos originalet i undersökningen som gjorts.

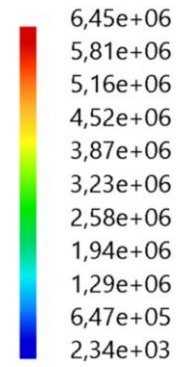
8.3 Koncept 3: Förflyttning av vägg

Resultatet för koncept 3 är skiljer sig inte jättemycket från originalgeometrin. Spänningarna i lastfall A, B och C1 är lite mindre än i originalet. Skillnaden är inte så stor och ger inte så mycket. I lastfall C2 är det dock tvärtom, lite större spänningar kan ses i koncept 3 jämfört med originalet, men inte heller här är det några nämnvärda skillnader. Fler vyer av resultatet kan ses i bilagor D.



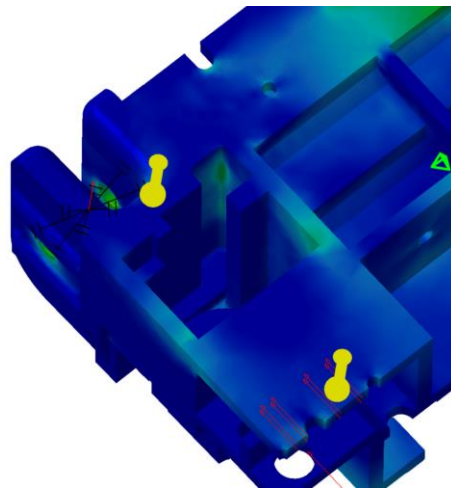
Von Mises stress (nodal values)

N_m2



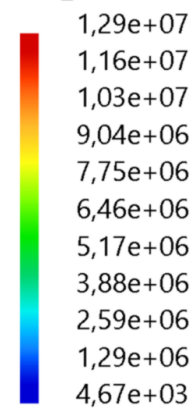
On Boundary

Figur 56: Resultat lastfall A



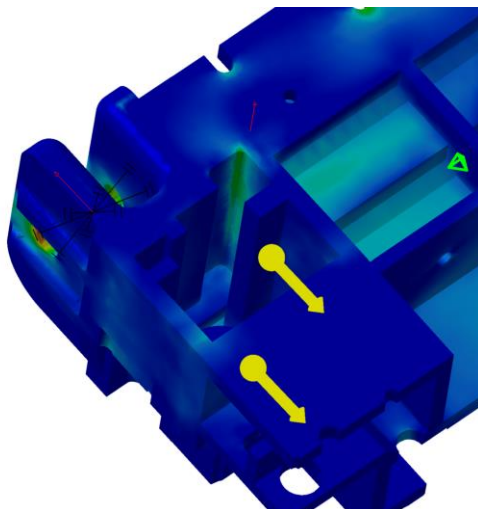
Von Mises stress (nodal values)

N_m2



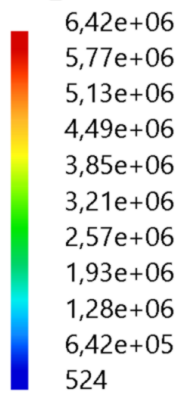
On Boundary

Figur 57: Resultat lastfall B



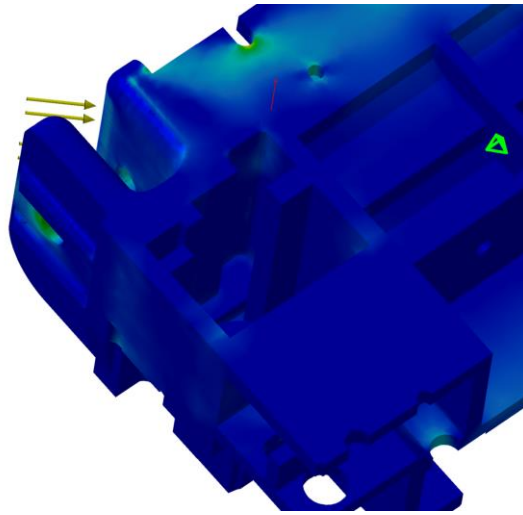
Von Mises stress (nodal values)

N_m2

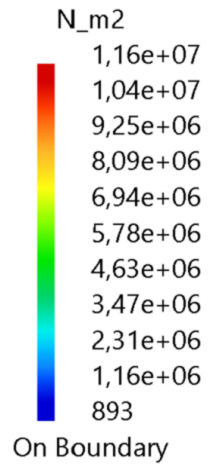


On Boundary

Figur 58: Resultat lastfall C1



Von Mises stress (nodal values)



Figur 59: Resultat lastfall C2

9. Diskussion

Under detta kapitel diskuteras slutsatsen av denna rapport samt hur projektet kan vidareutvecklas.

9.1 Resultat

De olika koncepten med geometriändringar är relativt lika. Ändringarna medför inga öknings i spänningar, vilket är avgörande för designen, och därför skulle alla de geometriförändring kunna fungera och hålla i de lastfallen som undersökts. På grund av att spänningen inte påverkas kan det finnas möjligheter till att eventuellt minska massan ännu mer och även eventuellt i andra områden kring lyftörat. Möjligen skulle en kombination av de olika förslagen på ändringar kunna fungera som en bra lösning.

De spänningarna som syns i lastfallen är lite mindre i koncept 2 och 3 än vad som syns i originalet. Detta kan ha att göra med att massan är lite mindre. Kraften som används i beräkningarna är tyngdkraften och eftersom massan minskar lite kommer även tyngdkraften att minska. Det är inte en avgörande skillnad i kraft storleken men det kan vara viktigt att notera vid analysen av resultatet.

Vad resultaten ger är att det finns stora möjligheter till att minska risken för en kavitet och hotspot uppstår genom att minska massan kring problemområdet. Denna massa kan minskas på olika sätt, detta representeras med de tre förslagen som arbetet resulterar i. I de lastfallen som undersöks i de olika förslagen på geometrier kan det ses att det finns stora möjligheter till att förändra området. Det kan också ses att hållfastheten inte försämras, i de lastfallen som undersöks, vid den minskningen som görs av massan.

Eftersom kaviteten består av ett hålrum kan det kännas som en naturlig lösning att tillföra mer smälta med hjälp av en matare. Detta kommer inte fungera i detta fall då mataren framförallt tillför smälta vid ytan av gjutgodset och en bit ner. I detta fall är kaviteten placerad för långt in i gjutgodset vilket gör att mataren inte kommer att fungera, det kommer inte tillföra smälta på rätt ställe.

9.2 Vidareutveckling

Som vidareutveckling på projektet och som verifiering på de geometrierna som tagits fram i arbetet skulle en gjutsimulering på de olika geometrierna vara nyttigt. Det skulle eventuellt kunna ge underlag för att bestämma vilken som har bäst gjutbarhet och vidare vilken som skulle kunna användas som alternativ geometri till lyftöronen. För att vidare se om förändringarna ger det förväntade resultatet kan en provgjutning göras av lyftörat. Efter lyftörat har gjutits fräser man och kollar om defekten är kvar eller om den är borta, eller om den kanske har förändrats på något sätt. Detta skulle ge en verifiering kring om de nya geometrierna är bra, om de har löst problemet och kaviteten är borta, om kaviteten har förändrats på något sätt eller om problemet helt kvarstår.

Lastfallen som resultatet av rapporten bygger på är förenklade där radier i gjutgodset inte tas till hänsyn bland annat. Därav kan spänningarna i resultatet inte utvärderas helt korrekt utan endast som ett konceptuellt underlag till vad som kan förändras. För en mer ingående utvärdering av resultatet krävs en mer avancerad uppställning av hållfasthetsberäkningarna som representerar verkligheten mer exakt.

För att undersöka problemet vidare finns det andra vägar som skulle kunna lösa problemet, eller kanske i kombination med geometriändringar. En undersökning kring hur gjutprocessen ser ut skulle kunna vara en utvecklingsmöjlighet. Att undersöka möjligheten till ett kylsystem för att manipulera stelningen av smältan. Ett annat alternativ skulle också kunna vara att lägga in värme på ställen där man vill att smältan ska stelna långsammare. Att flytta på kaviteten till ett mindre känsligt område skulle också kunna fungera. Alternativt lägga till en del utanför verktyget som fortfarande sitter fast i verktyget, där man kan förflytta kaviteten till istället för att sedan kapa av den.

Att byta material till segjärn istället för gråjärn skulle kunna öppna upp möjligheten att förändra geometrin mer, ha ännu mindre massa och kanske det skulle kunna ge möjligheten att helt minska storlek på lyftörat enligt Volvos standard. Eftersom segjärn är segare och har högre brottgräns än gråjärn kan det ge andra möjligheter i konstruktionen. Den rena gjutbarheten i materialen är densamma men det skulle finnas andra möjligheter för att ändra geometrin om gråjärnet byts mot segjärn.

Det finns många vägar man skulle kunna undersöka för att lösa problemet, antingen som enskilda lösningar eller som en kombination av flera. I detta arbete undersöktes endast geometriändringar och dessa kan användas som en del av den helhetliga lösningen eller kanske tillsammans med förändringar i gjutningen.

10. Slutsats

Slutsatsen i arbetet är att det finns stora möjligheter till att minska massan kring problemområdet och på så sätt minska risken för en hotspot och kaviteter vid gjutningen. Massan kan minskas på flera sätt, genom att minska bakom lyftörat eller framifrån. I arbetet görs tre förslag på ändringar i geometrin med avsikt att minska massan i problemområdet. Dessa olika sätt skulle kunna kombineras med varandra eller med en förändring av gjutprocessen. Området där kaviteten upptäcktes kan minskas relativt mycket utan att det påverkar den hållfastheten som finns i lyftörat negativt i de lastfallen som undersöks. Det kunde inte ses några större förändringar i spänningar i lyftörat innan jämfört med efter minskningen av massan. Alltså kan det konstateras att det finns stora möjligheter att förändra massan kring problemområdet för att minska risken för en hotspot och kavitet utan att försämra hållfastheten i de lastfallen som undersöks.

Källförteckning

Blair. M. & Stevens. L. T. (1995) *Steel Castings Handbook*. (uppl. 6). Chalmers University of Technology.

Fristedt. A. (2020). *Lyftöron och säkerhetspallningsytor i pressverktyg Konstruktionsanvisningar*. Volvo Standard.

Hallström. F. (2006). *Fullformsgjutning*, SweCast AB.
<https://www.gjuteriforeningen.se/media/297268/061221.pdf>.

Hamberg. K. (2014). *GJUTNING SOM EN TILLVERKNINGSMETOD - en kort introduktion*. Material- och tillverkningsteknik LMU234.

Metallkompetens. Hämtad: 2022-05-30. *3.4 Segjärn*.
<https://www.metallkompetens.se/handbok/gjuterihandboken/gjutna-material/segjarn/>

Metallkompetens. Hämtad: 2022-05-30. *6.3 Matare och dess placering*.
<https://www.metallkompetens.se/handbok/gjuterihandboken/gjutteknik/matare-och-dess-placering/>

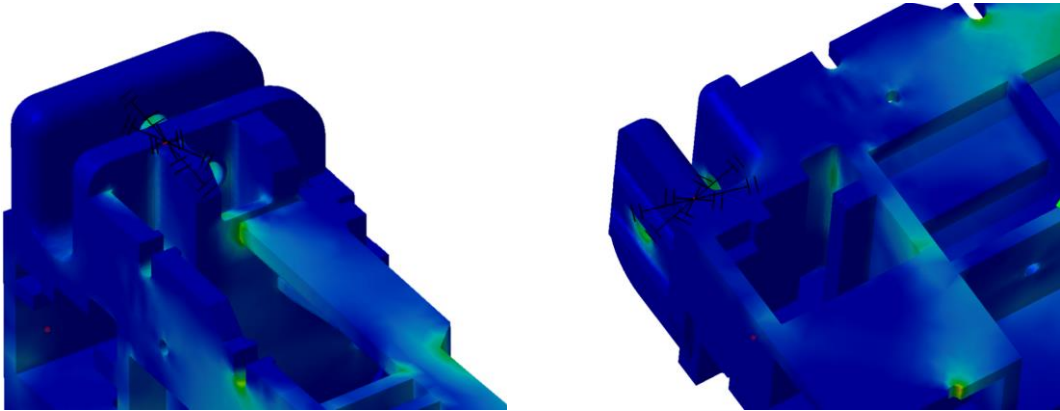
Samuelsson. D. (2011). *Analysis of microstructural strain-fields in grey cast iron*. Chalmers University of Technology.
<https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/152927/1/152927.pdf>

Wikipedia. (2021), *Lost-foam casting*, https://en.wikipedia.org/wiki/Lost-foam_casting

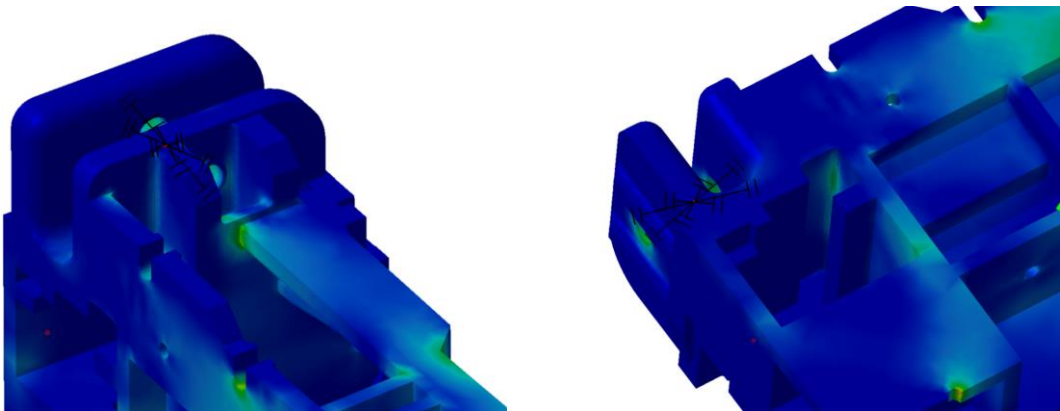
Bilagor

A: Resultat från hållfasthetsberäkningar på befintlig design

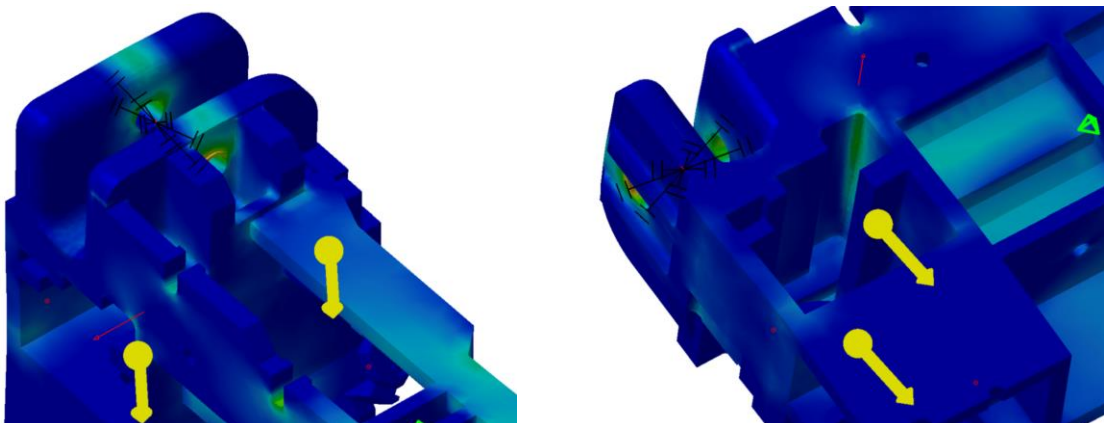
Lastfall A:



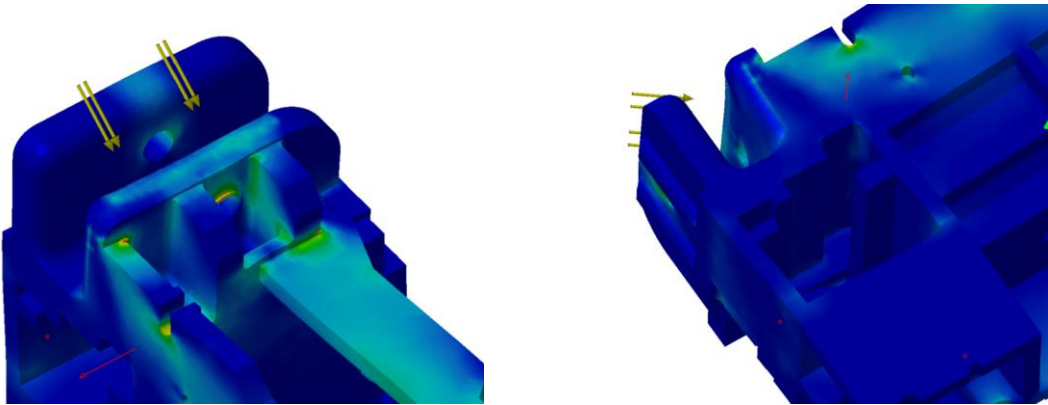
Lastfall B:



Lastfall C1:

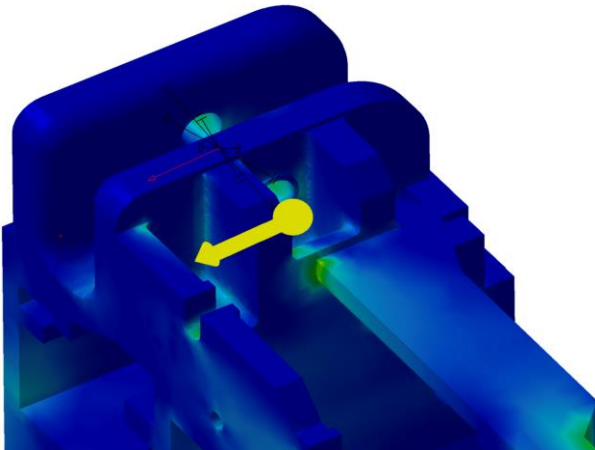


Lastfall C2:

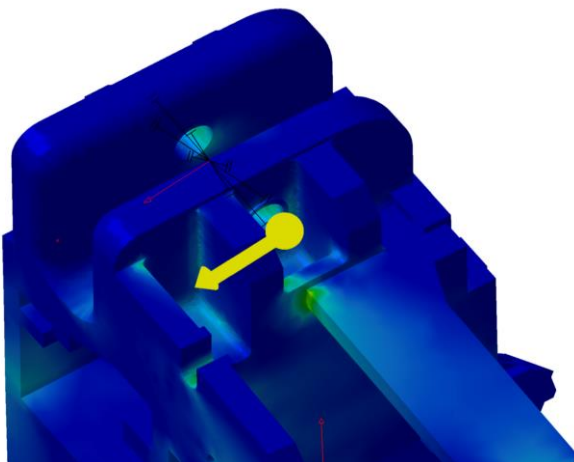


B: Resultat från hållfasthetsberäkningar koncept 1, delkoncept 1: Lutande vägg

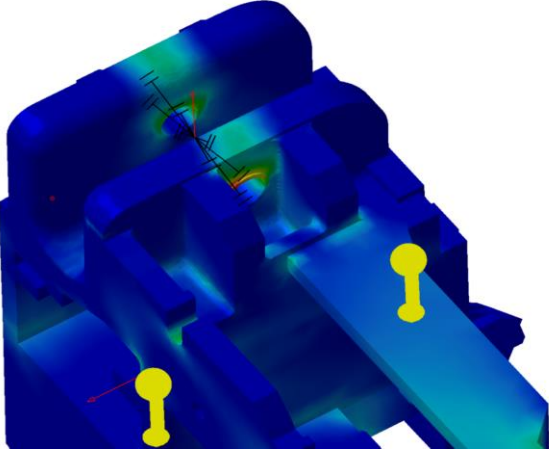
Lastfall A:



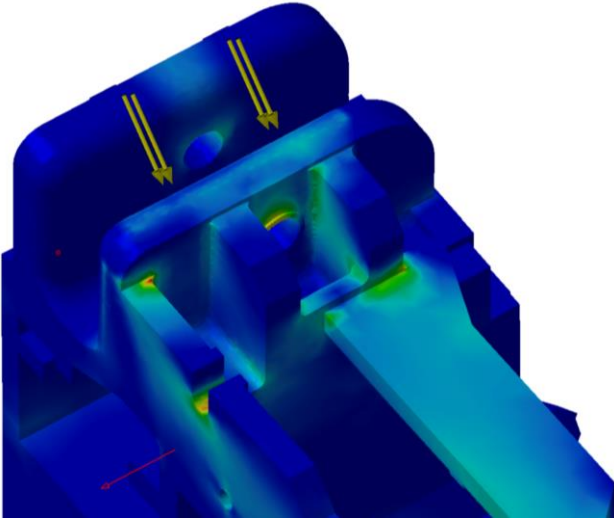
Lastfall B:



Lastfall C1:

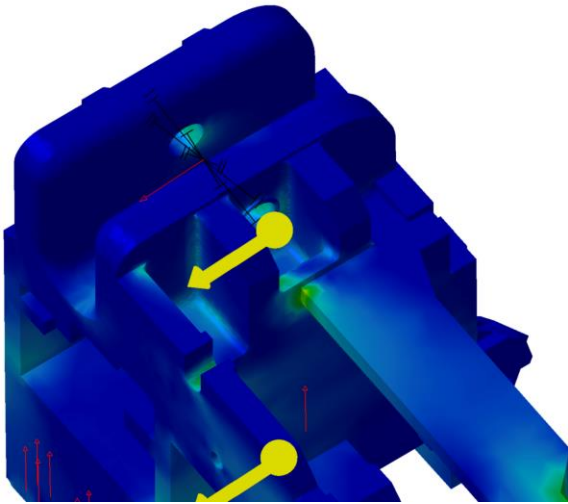


Lastfall C2:

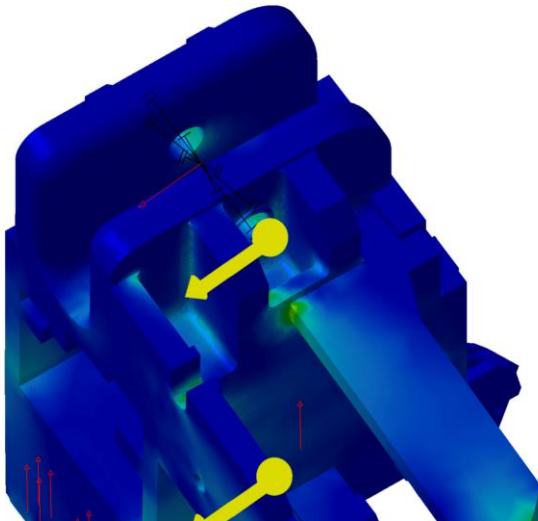


C: Resultat från hållfasthetsberäkningar koncept 1, delkoncept 2: Rak vägg

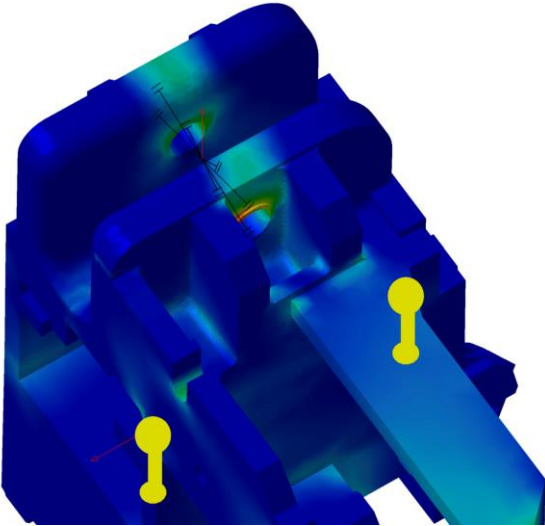
Lastfall A:



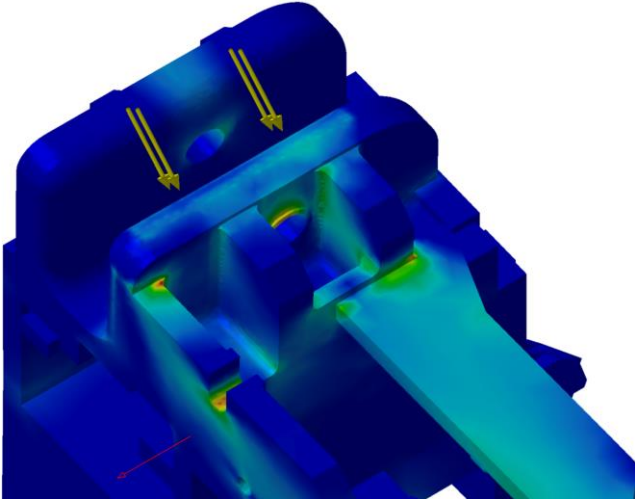
Lastfall B:



Lastfall C1:

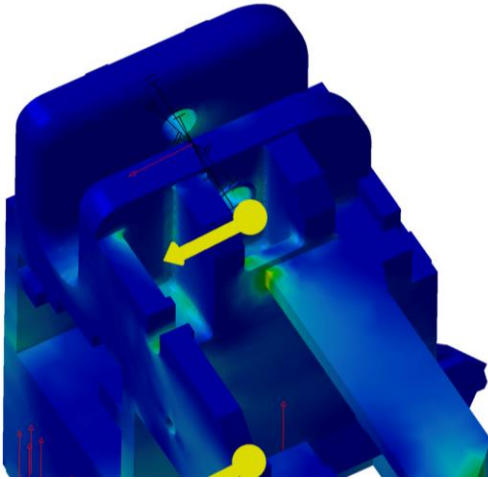


Lastfall C2:

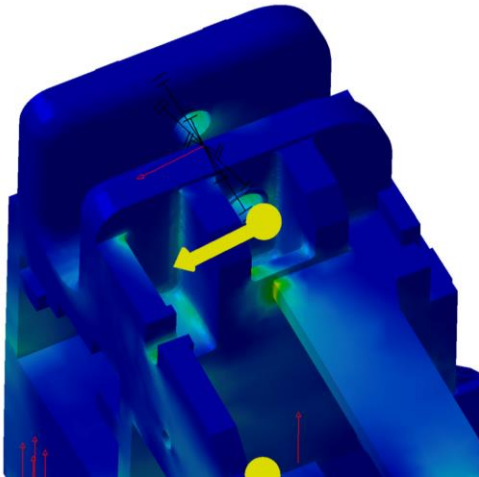


D: Resultat från hållfasthetsberäkningar koncept 2: Förflyttning av vägg

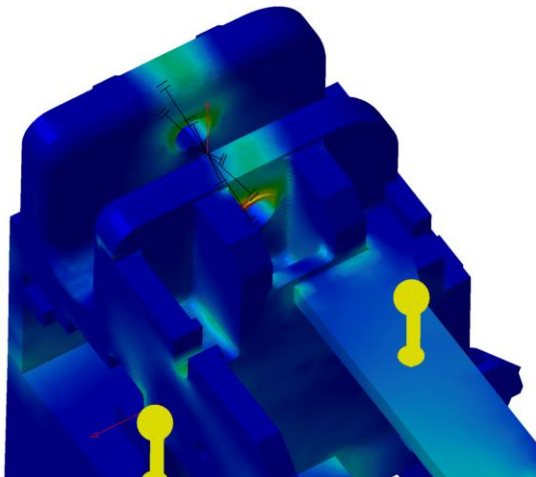
Lastfall A:



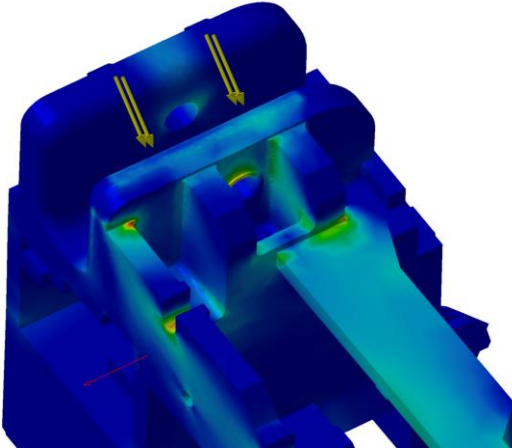
Lastfall B:



Lastfall C1:



Lastfall C2:



INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se



CHALMERS