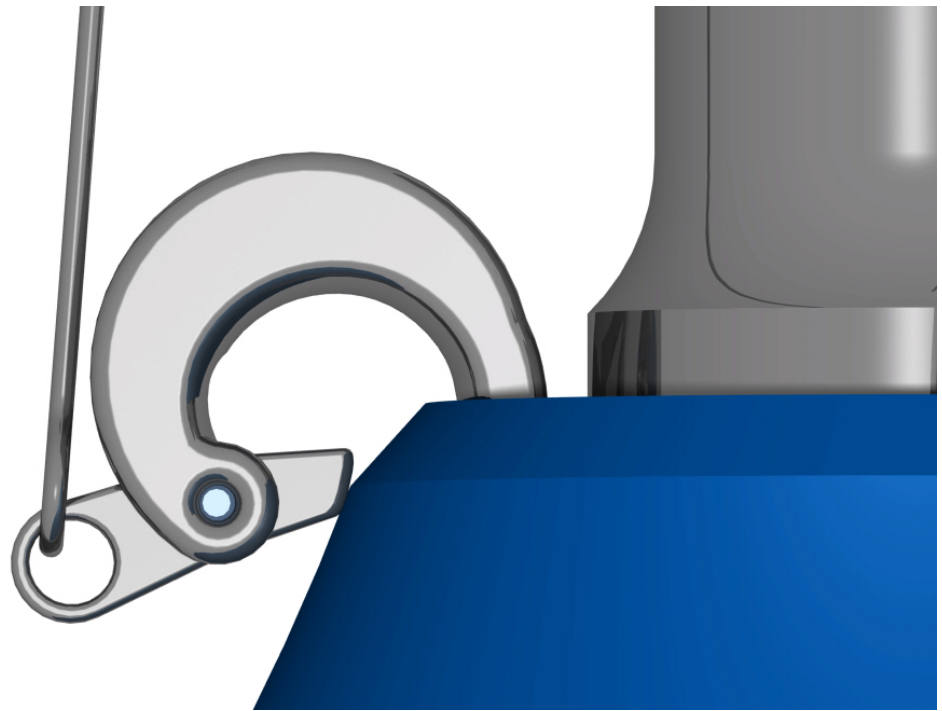




CHALMERS



Utveckling av lyftverktyg för konkrossinnermantlar

Lyftanordning för konkrossmantlar
PPUX03-14-23

Niklas Axelsson, Andreas Carlberger, Felix Dumont,
Oscar Johansson, Daniel Kuzet

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling
Handledare: Gaudi Asbjörnsson

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
GÖTEBORG, 2014

Förord

Denna rapport innefattar utvecklandet av en lyftanordning för konkrossmantlar och är resultatet av ett kandidatarbete (PPUX03-14-23) vid institutionen för Produkt och Produktionsutveckling på Chalmers Tekniska Högskola, omfattande 15hp fördelat över 18 veckor.

Ett stort tack går ut till vår handledare Gauti Asbjörnsson som stöttat och väglett arbetet under projektets gång. Vi vill också tacka Jehander i Kålleröd, Värnamo Krosskonsult AB och Sandvik för värdefull information samt för att vi fått komma på studiebesök.

Vi tackar även Bitr. Prof. Magnus Evertsson, Doktorand Johannes Quist och Bitr. Prof. Johan Ahlström för deras stora hjälp med att svara på frågor och forskningsingenjör Hans Sjöberg som hjälpt oss med prototyp tillverkning i form av 3D-utskrifter. Slutligen vill vi tacka SBMI för initiering och finansieringen av projektet.

Niklas Axelsson, Andreas Carlberger, Felix Dumont, Oscar Johansson, Daniel Kuzet, Göteborg 19/05/14

Sammandrag

Projektet innefattar utveckling av en lyftanordning för innermantlar i stenkrossar. Med hjälp av metoden *“The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value”* har ett konceptförslag tagits fram där fokus har lagts på enkelhet, användarvänlighet och säkerhet.

Hela projektet har kretsats kring att göra byten av innermantlar säkrare och enklare för servicetekniker då detta i dagsläget är bristande. Vissa avgränsningar har gjorts, bland annat beaktas endast slitgods från två tillverkare, Sandvik och Metso, och bara vissa storlekar på krossar.

Utvecklat lösningsförslag är enkelt, säkrare, har förhållandevis låg egenvikt och är betydligt snabbare än många av dagens befintliga metoder. Dock så bedöms det inte klara hela spannet av krosstorlekar och en rekommendation till branschorganisationen SBMI har lagts om att samtliga innermantlar borde få en mindre geometriändring för att enkelt kunna designa ett verktyg som är gemensamt för alla storlekar och tillverkare.

Abstract

The project contains the development of a lifting device for cone crusher liners. With the method *“The Value Model - How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value”*, a suggestion for a concept has been developed with a focus on simplicity, user-friendliness and safety.

The whole project has aimed to make the replacement operations for liners safer and easier for technicians since the present-day operations are flawed. Some limitations have been made, for example, only wear products from two manufacturers, Sandvik and Metso, have been taken into account and only some types of crushers.

The developed solution is simple, safer, has a relatively low weight and is significantly faster than a lot of the existing tools and methods. However, it is not believed to be able to cope with the whole span of crushers and a recommendation for the branch-organization SBMI have been formulated to make a small change in geometry for all liners to easily be able to design a universal tool.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Stenkrossar	2
1.2.1	Käftkross	2
1.2.2	Konkross	6
1.3	Existerande lösningar	10
1.3.1	Sandvik	10
1.3.2	CME	12
1.3.3	Crushing Equipment, Mangasafe™	13
1.3.4	Metso	13
1.3.5	ISO-standard, lagar & föreskrifter	15
1.3.6	Ändringar på slitgods	15
1.4	Avgränsningar och intressenter	16
1.5	Syfte & Mål	16
2	Metod	17
2.1	Metodansats	17
2.2	Arbetsätt	18
2.3	Studier	18
2.4	Konceptsållning	19
2.4.1	Brainstorming	19
2.4.2	Kravspecifikation	19
2.5	CAD och 3D-utskrifter	19
2.6	Beräkningar och modellering	20
2.6.1	MATLAB	20
2.6.2	CATIA	21
2.7	Material	21

3	Resultat	22
3.1	Genererade koncept	22
3.2	Problemområden	26
3.2.1	Varierande geometrier & storlekar	27
3.2.2	Hållfasthet & Utrymmesbrist	27
3.2.3	Friktion	28
3.2.4	Slitage	28
3.3	Slutgiltigt koncept	29
3.3.1	Konceptutvärdering	30
3.3.2	Optimering av geometri	33
3.3.3	Val av arbetsområde	37
3.3.4	Tillverkningsmetod	37
3.3.5	Verktygsmaterial	38
3.3.6	Prototyp tillverkning	39
4	Diskussion	40
4.1	Konceptgenerering och konceptval	40
4.2	Geometriskt lås	40
4.3	Slutgiltigt koncept	41
4.3.1	Kravspecifikation	41
4.3.2	Informationsbrist	42
4.3.3	Material	43
4.3.4	Kundvärde och användarvänlighet	43
4.3.5	Säkerhet	43
4.4	Reflektion	44
5	Slutsatser	45
5.1	Hållbarhet	45
5.2	Rekommendationer	45
5.2.1	Vidareutveckling av konceptet Plåtklo	46
5.2.2	Analys av alternativt koncept	46
5.2.3	Nytt koncept	47
5.2.4	Ändringar i innermantelgeometri	47
	Bilaga A Projektbeskrivning	52
	Bilaga B Värde modellen	55
	Bilaga C Intervjufrågor	62
	Bilaga D Kravspecifikation	65

Bilaga E Materialdata	68
Bilaga F Ritningar slutgiltigt koncept	73

1

Inledning

Att lyfta stenkrossmantlar från moderna stenkrossar på ett säkert sätt är något som aldrig har kunnat göras sedan de konstruerades för över 40 år sedan. Detta projekt strävar efter att finna en lösning på detta problem och utveckla en prototyp av lyftverktyg för att kunna lyfta dessa på ett säkert sätt.

1.1 Bakgrund

Dagens samhälle använder sig av många olika former av krossad sten, även kallat krossberg. De tre vanligaste användningsområdena för krossberg i Sverige är vid vägbyggen, betongframställning och som fyllnadsändamål. Det har beräknats att under år 2012 producerades 78.7 miljoner ton så kallad ballast i Sverige och att varje invånare använde i snitt 8.2 ton ballast under samma år. Ballast är ett samlingsnamn för grus, sand och krossberg, där krossberg står för den stora majoriteten [1].

För att framställa krossberg används så kallade stenkrossar; maskiner som krossar större stenbitar till önskad storlek. Stenkrossar har flera mycket tunga slitdelar, tillverkade i manganstål, som behöver bytas flera gånger årligen då de slits under tiden stenkrossen arbetar. Att byta dessa delar kan vara både svårt och tidskrävande, men framför allt innebära en fara då de ofta deformerats under drift vilket medför att de är svåra att lyfta på ett säkert sätt. Då det i dagsläget inte finns någon tillförlitlig universell lyftanordning och maskinoperatörer riskerar att skadas allvarligt till följd av fallande delar när slitdelar hanteras, önskas en säker produkt som är användbar på flera olika storlekar av slitdelar samt oberoende av fabrikat på stenkross (se bilaga A).

I nuläget förekommer många sätt att lyfta och hantera slitgodsen, många av

dessa är inte anpassade för ändamålet och utgör därför en säkerhetsrisk. Det är därför önskvärt att ta fram en standardiserad produkt som uppfyller alla relevanta säkerhetsföreskrifter utan att ge hanteringen andra nackdelar, såsom att det tar längre tid att utföra arbetet. Bättre existerande lösningar är mer eller mindre anpassade för en specifik produkt eller geometri, det är då ofta tillverkarna som gjort egna lyftanordningar för sina produkter [2, 3, 4]. Problemet är att det behövs flera verktyg för att göra byten av mantlar på en stenkross, dessutom finns det oftast många olika varianter av stenkrossar inom en och samma bergtäkt vilket gör att användningen av lyftanordningar knappast blir rationell. Av dessa anledningar efterfrågas en mer generell lösning än dagens befintliga.

Det finns alltså behov av ett verktyg som fungerar för alla varianter av slitdelar, både slitna som nya. Verktuget behöver vara enkelt nog för att användas direkt vid krossmaskinen och samtidigt klara problem i utemiljön på täkterna. Hänsyn måste även tas till kostnad för verktuget, vilket påverkas av bland annat komplexitet, materialval, tillverkningsmetod och modularisering.

1.2 Stenkrossar

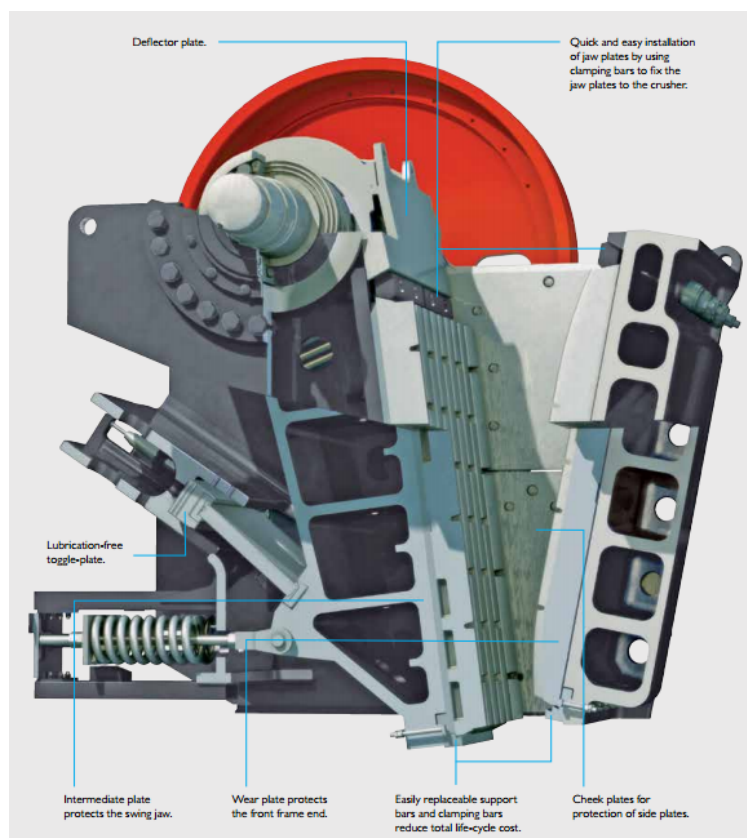
Krossar som behandlas i projektet bygger på att stenar matas in mellan två ytor som klämmer sönder stenarna i mindre och mindre bitar. Krossandet sliter ut krossytorna och därför behöver krossytorna bytas ut med jämna mellanrum. Dessa krossytor kallas slitgods eller slitdelar och ser olika ut beroende på vilken typ av stenkross de är avsedda för. I Sverige finns två dominerande leverantörer av slitgods, Metso och Sandvik [4]. Detta projekt avser i huvudsak att göra hanteringen av slitgods säkrare i Sverige och behandlar därför endast stenkrossar från dessa företag.

Två typer av krossar behandlas i projektet: käftkross och konkross. En principiell förklaring av dessa följer tillsammans med vilka av krossarnas komponenter som har varit relevanta för projektet och hur ett byte av slitgods kan gå till.

1.2.1 Käftkross

Käftkrossen krossar sten genom att slitgodsen, två krossplattor, ställda i vinkel, rör sig fram och tillbaka mot varandra, se figur 1.1. Stenarna förs in i krossen där avståndet mellan plattorna är som störst och den oscillerande rörelsen tillsammans med det avsmalnande utrymmet mellan plattorna krossar stenarna successivt till önskad storlek.

Projektet fokuserar på hanteringen av slitdelar och därför är krossplattor de mest för projektet intressanta komponenterna i käftkrossar. Krossplattor varierar i storlek och ytmönster, men kan sammantaget liknas vid en rektangulär skiva.



Figur 1.1: Käftkross i genomsnitt, Sandvik [5].

Då det är uppenbart att krossplattorna kommer att behöva hanteras under sin livstid har tillverkare valt att bygga in olika lösningar för att förenkla hanteringen av krossplattorna och göra arbetet säkrare. Utformningen av dessa lösningar varierar mellan tillverkare, men överlag går lösningarna ut på att någon form av hål har gjutits in i krossplattorna som möjliggör lyft.

Sandvik har gjutit in hål på krossplattornas över- och underdel i vilka det är tänkt att krokarna skall träs för genomföra ett lyft, se figur 1.2. Om inte gjutprocessen går till på rätt sätt kan gjutartefakter bildas i och kring hålen vilket leder till att krokarna inte längre går att träs in. I vissa fall innebär gjutartefakterna att krossplattan inte går att lyfta utan att hålen bearbetas, vilket förlänger tiden för bytet av krossplattorna och minskar krossens effektivitet. Utöver detta kan gjutartefakterna orsaka farliga situationer då plattan lyfts när krokarna inte sitter som de skall och krossplattan glider av, faller och orsakar skador på personal och materiel.

Sandvik avhjälpas detta problem genom att erbjuda speciellt utformade krokarna som är anpassade att användas med krossplattorna. Det visar sig dock att det



Figur 1.2: Lyftpunkter krossplatta, Sandvik.



Figur 1.3: Lyftpunkt baksida krossplatta, Metso.

är inte alla krossanvändare som väljer att köpa in krokarna då de kan tycka att krokarna är en onödig utgift och att vanliga krokar fungerar tillräckligt bra.

Metso har valt att gjuta in hål som löper rakt igenom krossplattan där det är tänkt att ett specialdesignat lyftredskap, kättingar eller krokar skall träs för att sedan lyfta krossplattan, se figur 1.3. Hålen är relativt stora vilket innebär att det inte är svårt att hitta ett verktyg som passar för att lyfta plattan ifall Metsos egna lyftredskap inte finns att tillgå. Alla andra tillverkares lösningar som undersökts är i stort sett varianter på dessa två lösningar.

Nackdelen med denna typ av lösning är att hålen är helt oskyddade och fylls



Figur 1.4: Inlopp till käftkross, monteringskilen syns på krossplattans överkant.

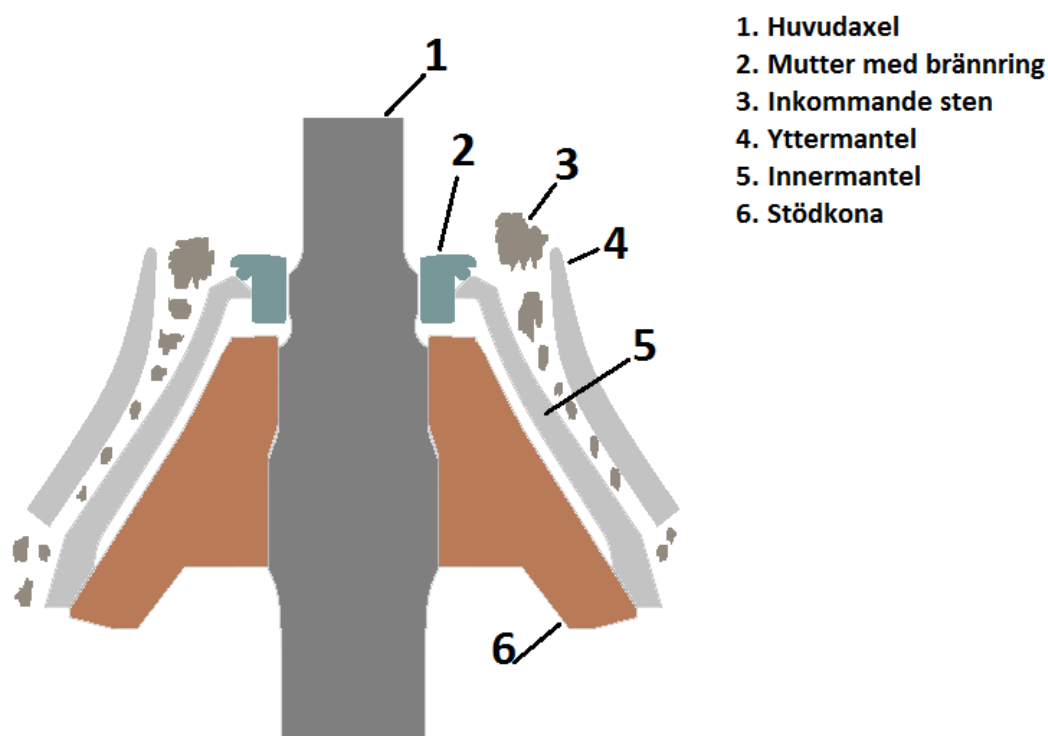
med stendamm och andra biprodukter under tiden krossen är igång. Detta innebär att hålen måste göras rent innan krokarna träs i dem. Slitaget kan också öka på hålens kant vilket kan leda till att specialdesignade verktyg inte längre fungerar som de skall.

För projektet relevanta delar är, förutom krossplattorna, kilarna som håller fast krossplattorna i käftkrossen.

Generell arbetsgång vid byte av krossplattor

Arbetsgången som presenteras här baseras på metoden som förklarades vid studiebesök på Jehanders täkt i Kålleröd och använder sig inte av några specialverktyg för att lyfta krossplattor. Metoden som förklarades avser byte av krossplattor i en Sandvik-kross, och kan därmed skilja sig något från den som används till krossar av annat fabrikat.

Arbetet inleds med att bultar som håller fast kilarna skurvas loss och kilarna avlägsnas. Krokarna träs i krossplattornas hål och krossplattan lyfts bort. Ifall det finns speciellt utvecklade verktyg för att lyfta krossplattor används de med fördel istället för krokarna. Nya krossplattor lyfts in med samma metod och ställs på plats i krossen. Därefter avlägsnas krokarna och kilarna monteras åter dit, se figur 1.4. Bytet av krossplattor är därmed avklarat. De slitna plattorna transporteras bort för återvinning eller kassering.



Figur 1.5: Principiell funktion för konkross

1.2.2 Konkross

Konkrossen bygger på slitgods i form av två olika stora konor (hädanefter refererade till som inner- resp. yttermantel), med den mindre monterad på en axel innanför den större. Den större sitter fast, medan den mindre roterar excentriskt vilket leder till en ökning och minskning av avståndet mellan konorna. Stenar matas in i öppningen mellan konorna och krossen "maler" sönder stenarna till önskad storlek [6], se figur 1.5 och 1.6.

Konkrossar är mer komplexa än käftkrossar och har därmed fler delar som måste behandlas när ett mantelbyte skall genomföras. Detta innebär att konkrossar har fler för projektet relevanta komponenter än käftkrossar, se figur 1.5.

Konkrossens chassi består av två grundläggande komponenter: Topphalvan och bottenhalvan. Kort sagt är bottenhalvan basen för hela krossen. De flesta av krossens komponenter sitter monterade på eller i bottenhalvan. Topphalvan sitter monterad på bottenhalvan och i topphalvan sitter yttermanteln fastmonterad med hjälp av ett flertal bultar.

I bottenhalvan står konkrossens axelpaket. Axelpaketet består av en huvudaxel på vilken en stödkona sitter fastmonterad. Innermanteln sitter monterad på axeln



Figur 1.6: Konkross i genomsärning, Sandvik [7].

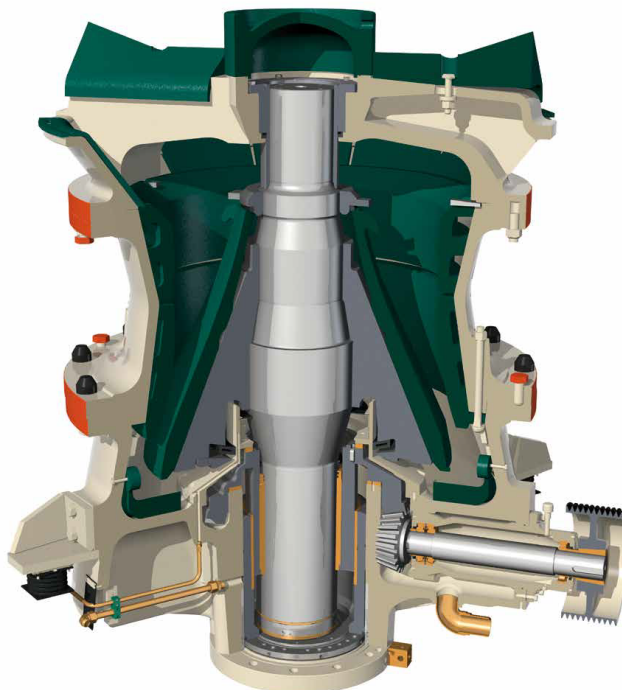
och spänns fast mot stödkonan med hjälp av axelmuttern.

Konkrossar som behandlas i projektet är Sandvik CH430, CH440, CH660, samt Metso GP220, GP300, GP550.

Spindelkross

Spindelkrossar är en variant av konkrossen som känneteckas av att de har längre mantlar med en brantare lutning, se figur 1.7. Under projektets gång har innermantlarna för Sandviks spindelkrossar behövts ta extra hänsyn till då de inte har någon kant på insidan av innermanteln.

Spindelkrossar som behandlas i projektet är Sandvik CS430, CS440 och CS660, samt Metso GP200S, GP300S och GP500S.



Figur 1.7: Spindelkross, Metso [8].

Generell arbetsgång vid mantelbyte i konkross

Arbetsgången som presenteras här baseras på metoden som demonstrerades och berättades under studiebesök på Jehanders täkt i Källered och hos Värnamo Krosskonsult AB i Värnamo.

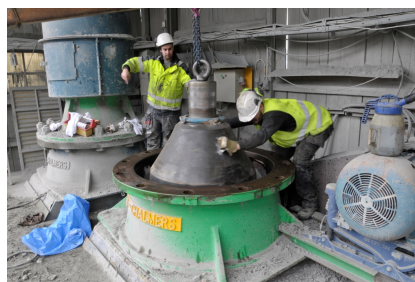
Arbetet inleds med att delar som är monterade över topphalvan monteras av och ställs åt sidan. Om krossen har ett topplager följer att lagret öppnas och töms på smörjmedel. Därefter lossas bultar som håller fast topphalvan. Kedjor träs runt topphalvans armar och kilar slås in mellan topp- och bottenhalva för att separera de två. Toppalvan lyfts av, se figur 1.8, och ställs på någonting, exempelvis en lastpall, så att ett mellanrum bildas mellan topphalvan och marken.

Bultar som håller fast yttermanteln skruvas av och den slitna yttermanteln lossas från topphalvan. Ibland har yttermanteln fastnat i topphalvan och behöver då slås av. Ofta används då en slägga eller dylikt. Toppalvan lyfts åter upp och sänks ner på en ny yttermantel. Bultarna som är till för att spänna fast yttermanteln i topphalvan skruvas åter fast. Toppalvan med ny yttermantel är nu klar att åter monteras på krossen.

När topphalvan lyfts av är innermanteln tillgänglig för att bytas, se figur 1.9. Hur arbetet fortgår i detta skede beror på vilka resurser servicepersonalen har att



Figur 1.8: Topphalvan lyfts av.



Figur 1.9: Topphalvan bortlyft.



Figur 1.10: Axelpaketet lyfts ur.



Figur 1.11: Axelpaketet demonterat.

tillgå.

Antingen lyfts hela axelpaket, alltså axel, stödkona och innermantel ut ur krossen, se figur 1.10 och 1.11, och ställs i en bock så att lagret längst ner på axeln inte skadas. För att lyfta axelpaketet skruvas en lyftögla fast i toppen av axeln. Därefter byts den slitna innermanteln mot en ny och axelpaketet med ny innermantel lyfts åter in i krossen. Det andra alternativet är att den slitna manteln byts när axelpaketet är kvar i krossen.

I båda fallen går själva bytet av innermantel till på samma sätt. Brännringen skärs av med hjälp av en gassvets och axelmuttern lossas. Två, eller fler, stålbrickor med hål i svetsas fast på innermanteln och krokas med kedjor träs i hålen. Manteln lyfts av och ställs åt sidan, se figur 1.12. En ny mantel med påsvetsade brickor lyfts på samma sätt upp och sänks ner över axeln till dess att den vilar på stödkonan. På de större krossarna fylls mellanrummet mellan stödkona och innermanteln med epoxy då inte hela ytan ligger an utan endast vissa segment. En axelmutter med ny brännring skruvas på axeln. I och med detta är bytet av innermanteln klart.

Kvar återstår att montera topphalvan med den nya yttermanteln på bottenhalvan, spänna fast den med bultar, fylla topplagret med smörjmedel och försluta det samt montera resterande delar som förut var monterade på topphalvan. Krossen är nu klar att köras igång och de utslitna mantlarna transporteras bort för kassering

eller återvinning.

Servicepersonalen på Jehanders täkt i Källered har tillgång till en verkstad dit topphalvor och axelpaket med slitna mantlar transporteras och själva mantelbytet genomförs. Detta innebär att arbetet med att svetsa fast lyftbrickorna på innermanteln sker i en mer kontrollerad miljö än om det skulle ske i fältet. Servicepersonalen har alltså större chans att lägga svetsfogarna på rätt sätt så att de inte går av när manteln ska lyftas.

Dessutom har de tillgång till extra uppsättningar huvudaxlar, stödkonor och topphalvor vilket innebär att krossen är ur drift en kortare tid vid mantelbyte. De nya mantlarna kan monteras på en axel och i en topphalva utan att behöva stoppa krossen och plocka ut de som sitter i den.



Figur 1.12: Innermantel lyfts av.

1.3 Existerande lösningar

Nedan följer en genomgång av de lösningar som hittades då existerande alternativa lösningar söktes.

1.3.1 Sandvik

Sandvik erbjuder tre typer verktyg för att göra byten av slitgods säkrare och mer kostnadseffektiva. Två av dem ingår i en produktserie kallad SandlockTM som är till för att lyfta inner- och yttermantlar i konkrossar, och den tredje är en specialdesignad krok anpassad för att lyfta krossplattor i käftkrossar. Alla tre verktyg är endast avsedda att användas för att lyfta Sandviks egna slitgods.

Lösning för konkrossar, SandlockTM

SandlockTM består som sagt av två verktyg. Ett är utvecklat för att lyfta yttermantlar och består av tre justerbara stag varpå tre gripanordningar som fungerar

med samma princip som en plåthandske är monterade. Stagen sitter ihop i en central knutpunkt på vilken en lyftögla är monterad, se figur 1.13.



Figur 1.13: Sandvik Sandlock™ lyftverktyg för yttermantlar [2].



Figur 1.14: Sandvik Sandlock™ lyftverktyg för innermantlar [2].

För att lyfta en yttermantel justeras stagens längd så att de passar yttermanteln, verktyget sänks ner över yttermanteln och plåthandskarna träs över yttermantelns kant. Yttermanteln är då klar att lyftas.

Det andra verktyget är utvecklat för att lyfta innermantlar. Verktyget består av tre gripklor, som fungerar med samma princip som en stensax, vilka är monterade på en cirkulär skiva. Skivans funktion är att sprida ut gripklorna jämnt runt innermantelns periferi samt se till att gripklorna inte kan monteras på fel håll. På de tre gripklorna sitter tre kedjor som går ihop i en central lyftpunkt, se figur 1.14.

För att lyfta en innermantel sänks verktyget ner över manteln till dess att gripklorna gått över innerkanten på manteln. Manteln är då klar att lyftas.

Sandlock™-verktygen kortar ner tiden som krävs för att lyfta mantlarna och gör själva lyftmomentet säkrare i och med att påsvetsningsmomentet av brickor elimineras och därmed minskar risken för att lyftpunkterna lossnar. Sandlock kan dock inte lyfta innermantlar för spindelkrossar, då det inte finns någon kant på dessa mantlar som verktyget kan lyfta i.

Lösning för käftkrossar

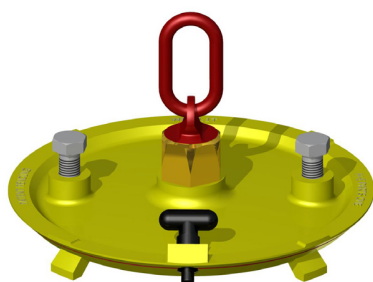
Som nämnts tidigare i texten erbjuder Sandvik en speciellt utformad krok för att lyfta krossplattor. Det är i stort sett en vanlig krok som är extra smal för att passa in i hålen som gjutits in i krossplattorna.

1.3.2 CME

CME är en australiensisk tillverkare av slitgods för stenkrossar. De har utvecklat två verktygsserier för att förbättra lyft av kon- och käftkrosslitgods kallade Locklift[®], respektive Safe-T Lift[®]. Både Locklift[®]- och Safe-T Lift[®]-verktygen fungerar endast med CMEs egna LinerSafe[®]-mantlar och krossplattor.

Lösning för konkrossar, Locklift[®]

Verktyget består av en cirkulär grundkomponent på vilken det finns flera hakar runt om dess undre kant, se figur 1.15. Verktyget placeras över axelhålet på innermantelns översida och roteras till dess att hakarna går i urfasningar på mantelns insida.



Figur 1.15: Ett av flera CME Locklift[®] lyftverktyg för innermantlar [9].



Figur 1.16: CME Safe-T Lift[®] lyftverktyg för krossplattor [9].

LockLift-verktyget minskar tiden som krävs för ett mantelbyte och gör lyftmomentet säkrare i och med att svetsningen av brickor elimineras och gör därmed också själva lyftet säkrare.

Verktyget finns i flera olika varianter som är anpassade till mantlar avsedda för krossar av olika fabrikat. Ett verktyg fungerar alltså inte tillsammans med alla Linersafe-mantlar eller då huvudaxeln är i vägen.

Lösning för käftkrossar, Safe-T Lift®

Safe-T Lift® verktyget är uppbyggt av tre huvudkomponenter: två krokarna med T-formade avslutningar som sitter fast med kedjor i en tvärbalk, se figur 1.16. De T-formade krokarna förs in, vridna 90-grader, i hål i krossplattan. Krokarna vrids 90-grader till lyftläge och låser därmed fast i krossplattan. Krokarna är justerbara så att olika krossplattor hänger vinkel i en som gör det lättare att montera dem i krossen.

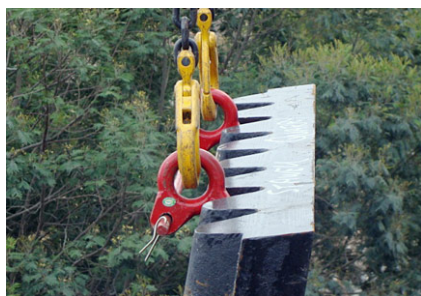
Tvärbalken är till för att knyta ihop de två krokarnas kedjor och samla dem i en lyftpunkt.

1.3.3 Crushing Equipment, Mangasafe™

Mangasafe bygger på krokarna som fungerar enligt samma princip som CMEs Safe-T Lift® verktyg. Två verktyg finns. Ett för lyft av konkrossmantlar och ett för käftkrossplattor. Speciella hål har gjutits in i både käftkrossplattor och konkrossmantlar tillverkade av Crushing Equipment i vilka krokarna förs in och låses fast när de vrids 90-grader, se figur 1.17 och 1.18.

När en krossplatta lyfts används också ett tvärstag som träs igenom håligheter i krokarna. På detta sätt låses krokarna så att de inte kan rotera och lossna från krossplattan.

Värt att nämna är att Mangasafe™ är endast kompatibel med slitgoods tillverkat enligt Crushing Equipments egna design som då har de speciella hålen ingjutna.



Figur 1.17: Mangasafe lyftverktyg för krossplattor [3].



Figur 1.18: Mangasafe lyftverktyg för innermantlar [3].

1.3.4 Metso

Metso har tagit fram två verktyg för att lyfta konkrossmantlar och käftkrossplattor.

Lösningar för konkrossar

Verktyget Metso utvecklat är avsett för lyft av mantlar till krossar i deras HP-serie. Verktyget bygger på att en stor skruv med vinklade “lyfthakar” expanderar och håller fast manteln medan verktyget lyfts i lyftöglor på ovansidan, men den fungerar inte då huvudaxeln är i vägen, se figur 1.19



Figur 1.19: Lyftverktyg för Metso HP-modeller [10].

Lösningar för käftkrossar

Metsos verktyg för att lyfta käftkrossplattor bygger på en stor axel som förs in i hål som gjutits in i krossplattan. I slutet av axeln, den ände som hamnar innanför krossplattan, sitter en bricka som är excentriskt monterat på en liten axel som går igenom den stora. Den lilla axeln är kopplad till ett handtag som går att vrida 180-grader.

När verktyget förts in i krossplattan vrids handtaget 180-grader, brickan kommer då också att vridas och låsa fast verktyget i krossplattan, se figur 1.20. En säkerhetsprint förhindrar att handtaget vrids tillbaka under lyft.



Figur 1.20: Lyftverktyg för Metsos käftkrossplattor.

1.3.5 ISO-standard, lagar & föreskrifter

Det finns flera regelverk som behandlar lyftverktyg, de mest framstående i detta projekt har varit Maskindirektivet och Svensk Standard. För att uppnå de standarder och föreskrifter som var relevanta krävdes det att den mekaniska hållfastheten i verktyget var tillräcklig för att:

1. “Motstå en statisk belastning av tre gånger bärförmågan utan att lasten frigörs även om kvarstående deformation uppstår.”
2. “Motstå en statisk belastning av två gånger bärförmågan utan kvarstående deformation” [11].

Vidare ska verktyget klara av lutande ytor och måste därför även uppfylla följande:

“Lyftredskap avsedda för lutning ska vara konstruerade för en lutningsvinkel som överskrider den maximala arbetsvinkeln med minst 6 grader” [11].

Flera krav var ställda genom direktivet och standarden, men dessa var de främsta och berörde lösningsgången mest.

1.3.6 Ändringar på slitgods

Enligt SBMI var det tillåtet att se över geometrin på slitgodsens för att ge förslag på lyftmetoder. Ändringar på slitgods är relativt dyra och det kan vara svårt att få ett

tillräckligt stort antal företag att tillämpa rekommendationerna. SBMI ansåg sig ha den genomslagskraften [4] och hade därför geometriändringar som alternativ. Vanligt förekommande på vissa innermantlar är hål i sidan för att förhindra att det, vid montering, blir för mycket epoxy mellan manteln och stödkonan. Hålen skapar spänningskoncentrationer och mantlarna tenderar att gå sönder i förtid på grund av dessa [12].

1.4 Avgränsningar och intressenter

Eftersom projektet spände över ett så stort område var det viktigt att sätta tydliga avgränsningar. Detta gjordes genom att diskutera med handledaren, mekanikerna på Jehander, examinatoren, SBMI och Krosskonsult AB.

Projektet behandlar inte någon lösning för att lyfta käftkrossplattor, då nyttan av ett sådant verktyg inte bedöms som tillräckligt stor. Det finns redan flera lösningar tillgängliga på marknaden, men framförallt bedöms sannolikheten för att krossplattan inte går att lyfta på ett säkert sätt som låg. Av samma anledningar kommer inte heller någon lösning för yttermantlar i konkrossar behandlas.

Projektet behandlar inte heller ändringar av slitgodsens geometri. Detta på grund av att genomslagskraften av en sådan lösning inte bedöms som tillräckligt hög och att den är svår att utvärdera.

Utöver avgränsningarna sattes möjliga intressenter upp för att ytterligare förtydliga målen inom projektet. För att veta vilka ramar arbetet skulle hålla sig inom gav SBMI en budget på 50 000 SEK. Dessa pengar var avsatta för att utveckla konceptet och inkludera alla rese-, material-, tillverknings- och testkostnader.

En av de viktigaste aspekterna i att utveckla ett säkert lyftverktyg är just att veta vad som gör dagens lösningar osäkra, av den anledningen granskades rapporter om tidigare incidenter och diskussioner fördes inom gruppen om var osäkerheten låg.

1.5 Syfte & Mål

Syftet med arbetet är att finna och utvärdera en konkurrenskraftig lösning för att kunna lyfta stenkrossinnermantlar av olika storlekar och tillverkare på ett säkert sätt. Detta är tänkt att verifieras genom tester på verkliga arbetsplatser.

Målet är att utveckla en fullskalig prototyp av lyftverktyg som ska testas av personal som arbetar med att byta mantlar, samt att ge en rekommendation till SBMI om lämplig vidareutveckling. För att säkerställa att syfte och mål har uppfyllts kommer prototypen att verifieras både genom beräkningar, virtuella tester i CAD samt genom fysiska tester.

2

Metod

I detta projekt har det eftersträvats att arbeta på ett sådant sätt att resultatet ska göra så stor nytta som möjligt och kunna vara till grund för vidare arbeten inom samma område.

Den nedan beskrivna arbetsgången måste ses som en iterativ process. Anledningen till det är att många av besluten, och arbetet, som gjorts under projektets gång baserats på tidigare uppsamlad kvantitativ data, men allt eftersom mer kvantitativ data samlats in fick nya beslut tas vilket gav stora utslag i hur projektet skulle fortskrida.

2.1 Metodansats

Det finns tre typer av metodansatser, induktiv, hypotetisk-deduktiv och abduktiv, vilka beskriver hur teori och empiri kopplas samman. Vid en induktiv metod utgår arbetet från en oexakt problemställning och ger mer generella omdömen från enskilda iakttagelser. Den hypotetisk-deduktiva metoden ställer krav på en mer noggrann problemformulering och syftar till att testa hypoteser och teorier. Abduktiv metod binder systematiskt samman teori, empiri och metod med målet att ta fram nya teorier [13].

I arbetet valdes en abduktiv metodansats eftersom det var viktigt att kombinera teori, empiri och metod för att på så sätt kunna använda många olika typer av information för att till slut kunna ge en verklig prototyp.

Projektet har främst inriktats på insamling av primärdata enligt kvantitativa metoder [14] eftersom arbetet till stor del baserats på lågt strukturerade data, exempelvis intervjuer, egna observationer och litteraturstudier.

2.2 Arbetsätt

Tillvägagångsätt och metodiker som övervägdes var “Lean”, “Design Research Methodology”, “Design science” och “The Value model”. Då projektet hade en nära koppling till industrin samt en kund, SBMI (Sveriges Bergmaterialindustri), och produkten som projektet skulle mynna ut i var tänkt att öka nyttan för kunden passade modellen “The Value Model – How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value” bäst, se bilaga B.

Modellen ger en bra grund för att komma igång med ett produktutvecklingsprojekt men den bedömdes vara allt för tidskrävande för att följa varje steg. Vissa tidsoptimeringar gjordes därför baserat på tidigare erfarenheter, främst genom att förkasta vissa steg som inte ansågs bidra med något relevant för projektet.

2.3 Studier

För att få en uppfattning om hur en stenkross är uppbyggd påbörjades projektet genom att samla in sekundärdata genom att studera installationsmanualen för Sandvik CH430 [6]. Primärdata samlades genom att totalt fem studiebesök genomfördes, varav tre skedde på en bergtäkt i Källared för att dokumentera arbetet med stenkrossmaskinerna.

En semi-strukturerad intervjuform användes under besöken eftersom den var bra för att ge svar på specifika, förberedda frågor (se bilaga C), men samtidigt lämna möjligheten till att ställa ytterligare frågor på plats. Detta sätt gav så mycket information som möjligt från intervjuerna. Genom att spela in ljud, fotografera och filma under besöken minimerades felkällorna.

Första besöket gav en introduktion till stenkrossmaskinerna och platschefen gav en inblick i vad problemet ligger i då underhåll bedrivs på maskinerna. Under andra och tredje besöket iaktogs serviceteknikernas arbete då de genomförde mantelbyte på en maskin och därefter intervjuades de för att få reda på vad de fann problematiskt med arbetet. Hela proceduren filmades [15] för att ha material att analysera så att inget moment skulle missas.

Fjärde besöket gjordes på Krosskonsult AB, i Värnamo, där kontaktpersonen även arbetar för SBMI. Företaget arbetar med underhåll av stenkrossar och hade, till skillnad från tidigare företag, tillgång till spindelmantlar. En genomgång gavs om hur spindelkrossar och spindelinnermantlar skiljer sig från vanliga konkrossar respektive konkrossmantlar och vilka verktyg som finns idag för att lyfta innermantlar som har ingjutna hål.

Femte besöket gjordes på Sandvik, i Svedala, som demonstrerade Sandviks verktyg Sandlock under användning och även andra verktyg som lyfter innermantlar och spindelinnermantlar.

2.4 Konceptsållning

Flera gånger under projektets gång har nya konceptförslag tagits fram, många av dessa under brainstorming men även vid analys av andra koncept eller problemområden. Oavsett vilken typ av koncept eller när de togs fram har det eftersträvats att alltid bedöma dem objektivt utifrån hur stor deras potentiella nytta för projektet var.

2.4.1 Brainstorming

Den valda metoden för att få fram idéer gick ut på att brainstorma individuellt för att därefter rita upp dessa lösningförslag som 3D-modeller i CAD-program. För- och nackdelar med de olika koncepten diskuterades och detta möjliggjorde en effektiv ållning som sparade tid då vissa självklara brister tydligt kunde ses av den som såg konceptet för första gången. Exempelvis så kunde vissa koncept vara för komplicerade att använda eller att de vägde för mycket för att kunna användas på ett enkelt sätt.

2.4.2 Kravspecifikation

En kravspecifikation (se bilaga D) skapades för att reda ut vilka önskemål och krav som eftersträvas på konceptet och på så sätt ge en tydligare bild över vad projektet ska mynna ut i. Varje kriterie tilldelades en siffra mellan 1-4 för att kunna vikta vilka kriterier som hade störst betydelse. Siffran 4 angav att kriteriet var av större vikt att uppfylla.

Arbetet med kravspecifikationen påbörjades tidigt i projektet och det var därför viktigt att uppdatera kravspecifikationen under arbetets gång då mer kunskap om projektet ackumulerats, även kravspecifikationen skapades genom en iterativ process. Vidare bedrevs diskussioner med handledaren om hur kraven skulle ställas.

2.5 CAD och 3D-utskrifter

Då besöken gjordes på de olika arbetsplatserna så kunde mått tas på några axelpaket och dessa mått användes för att skapa CAD-filer i genomskäring på maskindelarna. Med hjälp av dessa filer kunde de olika modellerna enkelt jämföras genom att placera ritningar i samma skala bredvid varandra. Detta med en förhoppning om att kunna konstruera ett verktyg som passar båda med avseende på utrymme och utformning. De ritningar som skapades motsvarade Sandviks CH430 och CH660.

Eftersom mått hade tagits på de olika maskinerna så kunde vissa komponenter 3D-printas för att på ett mer intuitivt sätt ge känsla av hur projektets problem skulle kunna lösas. Innermantlar motsvarande både CH430 och CH660 printades ut i skala 1:10, och senare även en utskuren del av axelpaketet. Detta axelpaket var av modell CH430 innermantel och axel i skala 1:2 och tillät därmed enkla funktionstester. För dessa tester printades även två skala 1:2 modeller av lyftverktyget för att testa montering.

Anledningen till att 3D-skrivare användes var för att en empirisk studie av verktyget var nödvändig. Funktionaliteten behövde verifieras och det som testades var ifall verktyget hade rum nog att komma emellan mantel och axel med avseende på geometri, hur omständigt det var att applicera verktyget på manteln vid ett litet spelrum samt att testa ifall verktyget kan fungera på det sättet som det konstruerats för.

2.6 Beräkningar och modellering

Beräkningar på det valda konceptet gjordes till en början för hand med statiska jämviktsekvationer. Ofta tillät kraftbilden att beräkningarna utfördes i två dimensioner. Denna typ av förenkling användes dock alltid på ett sådant sätt att de inte skulle bli missvisande. Efter att alla krafter tagits fram på det slutgiltiga konceptet, med avseende på den valda geometrin på verktyget, användes MATLAB och CATIA för att automatiskt iterera fram den bästa lösningen respektive analysera belastningen.

2.6.1 MATLAB

I arbetet har en stor mängd beräkningar av olika slag genomförts. Huvuddelen av dessa är gjorda med hjälp av mjukvaran MATLAB. MATLAB valdes som beräkningsmjukvara eftersom det fanns snabbt att tillgå och är ett kraftfullt och välbekant program.

MATLAB användes bland annat till att utvärdera olika koncept samt till att generera formen på dem.

Beräkningarna var konservativt satta eftersom verktyget skulle komma att användas i en ogynnsam miljö där faktorer som exempelvis friktion och utmattning ger icke konsekventa värden.

Krafter som tagits fram genom beräkning i matlab exporterades till ett FEM-program för att ge spänningarna i materialet. Flera iterationer i form av omkonstruktion av verktyget fick ske för att få till rätt hållfasthet och utformning.

2.6.2 CATIA

Med hjälp av CATIA V5R19 kunde verktyget modelleras och monteras på axelpaketet i programmet för att se ifall det passar innan det skrevs ut med 3D-printer.

FEM-Analysen genomfördes i CATIA V5R19 genom att dela upp verktygets komponenter var för sig. Samtliga komponenter studerades och låstes i sina infästningspunkter, varpå de beräknade krafterna applicerades på verktygets kontaktytor som fördelade laster. Även lyftkraften som verkar på verktyget togs hänsyn till, liksom dess vinkel. Fallet för statisk belastning beräknades. I själva programmet genomfördes beräkningarna med elementparametrarna; *Size: 4mm*, *Absolute sag: 1mm* och med *Parabolic Element type*. Materialet på verktyget valdes till programmet *Steel* med modifierade värden enligt bilaga E. Genom analysen studerades spänningarna (Von Mises Stresses) och deformationen (Displacement).

2.7 Material

För att hitta ett lämpligt material till verktyget användes programmet CES Edu-Pack. Där söktes material som hade tillräckligt hög sträckgräns för att kunna användas som verktygsmaterial. På det utökades sökandet så att hänsyn togs till sprödhet och utmattning eftersom verktyget kommer vistas i en tuff miljö.

3

Resultat

Här presenteras de resultat, lösningar och problem som uppmärksammats under projektets gång.

3.1 Genererade koncept

Efter undersökning av marknaden visade det sig att flera tillverkare har speciella lösningar för att kunna lyfta en innermantel utan att svetsa fast brickor på sidorna, men i de fallen hade innermantlarna en speciell geometri som möjliggjorde att verktygen kunde användas. Exempel på detta är ingjutna kanter där verktyget kan sättas fast för att på så sätt lyfta.

Efter idéer tagits från befintliga lösningar samt brainstorming framkom tio koncept som kunde vara rimliga att realisera. Utav dessa tio vidareutvecklades två för att få fram en slutgiltig lösning.

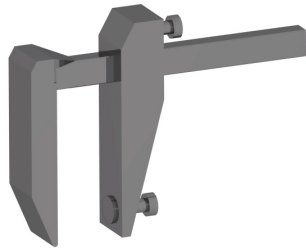
1. Manuell skruvtving

Ett verktyg mycket likt vanliga skruvtvingar i funktionen fäst på manteln ovankant (Se figur 3.1). En operatör skulle vara tvungen att spänna fast verktyget manuellt och fördela ett flertal verktyg jämnt runt manteln för att få ett stabilt lyft.

Detta koncept är anpassningsbart till olika storlekar på mantlar och skulle troligtvis kunna användas för både spindelinnermantlar och vanliga innermantlar. Det finns dock en risk för felmontering i samband med inspänningen. Dessutom varierar vinkeln på verktygsgreppet med olika innermantelstorlekar och det finns därför en risk att verktyget går emot axeln i krossmaskinen.

2. Megapolygrip

Detta koncept är mycket likt en polygrip i funktionen, anpassad för att gripa på innermantlars undersida i ena änden och ovansida i andra änden (Se figur 3.2). På detta sätt blir verktyget anpassningsbart till olika storlekar och kan användas för både vanliga innermantlar och spindelinnermantlar.



Figur 3.1: Manuell skruvtving



Figur 3.2: Megapolygrip

3. Stöd med vajrar

Tre mindre L-formade stöd ligger an mot innermantelns underkant (Se figur 3.3). Tre vajrar löper igenom stöden så att de hålls på plats och anpassas för innermantelns storlek. Längst upp samlas vajrarna i en lyftring som, när den lyfts, drar åt vajrarna och klämmer stöden mot manteln.

Detta verktyg blir anpassningsbart till olika storlekar och bedömdes kunna monteras snabbt på innermantlar. Eftersom verktyget lyfter i innermantelns underkant är det även användbart på spindelinnermantlar. Stödets utformning gör dock att vinkeln på den greppande ytan samt stödets kontaktarea kan variera med innermantelstorlek. Vajrarna innebär också en risk; de kan slita på godset, slitas själva och kan bli otympliga att hantera.

4. Sandlock/stensax

Konceptet är mycket likt Sandviks verktyg SandlockTM, därav benämningen, och fungerar genom att verktygets klo greppar innermantelns överkant (Se figur 3.4). Klon hålls fast endast genom lyftkraften och kräver en kant på insidan manteln för att lyfta.

Verktyget är självspännande och går relativt snabbt att montera på innermantlar. Däremot kan det inte lyfta spindelinnermantlar och konceptet är mycket likt en redan existerande lösning, vilket är en nackdel.



Figur 3.3: Stöd med vajrar.



Figur 3.4: Stensaxlösning.

5. Lång gripklo

Tre långa L-formade stänger sitter jämnt fördelade på ett ringformat stöd (Se figur 3.5). Konstruktionen placeras över manteln så att de L-formade stängerna krokas i mantelns underkant. Genom att lyfta i stängernas övre del medför konstruktionen att stängerna griper om manteln som en gripklo.

Konceptet är självspännande och kan lyfta både spindelinnermantlar och vanliga innermantlar. Den är dock otymplig och vinkeln på den greppande ytan kan variera med storleken på innermanteln. Det finns även en risk för att stängerna släpper tag om innermanteln.

6. Självhämmande krok

Böjda krokas placeras över innermantelns överkant (Se figur 3.6). Krokarna är utformade så att när de belastas vid lyft självhämmar de och håller fast manteln.

Konceptet är relativt billigt, lättanvänt och har inga direkt rörliga delar. Det kan monteras snabbt på både spindelinnermantlar och vanliga innermantlar och verkar självspännande när det lyfts. Därav är det ett av de två koncept som vidareutvecklats.

Riskerna med verktyget ligger mest i geometrin. Det finns risk att kraften som uppstår får en orimlig vinkel och får verktyget att lossna. Det är också känsligt för olika innermantelvinklar och det är osäkert om ett tillräckligt starkt verktyg ens får plats på de minsta innermantlarna.

Detta koncept ansågs ha potential att bli en produkt med högt kundvärde eftersom att konstruktionen var så enkel. Därför vidareutvecklades konceptet så att dess funktion kunde fastställas och jämföras med andra koncept.

Konceptet utvärderades med hjälp av MATLAB med utgångspunkt i en statisk jämviktsberäkning. Kroken lyfts i en punkt och har två anliggningspunkter på manteln, en på insidan och en på utsidan. De tre krafter som

verkar på kroppen gör att beräkningen blev statistiskt obestämd. För att komma runt detta problem gjordes antagandet att en av punkterna som ligger an mot manteln var fixerad och inte kan glida. Om beräkningarna visade att glidning inte uppstår i den andra punkten så gjordes beräkningen om med denna punkten fixerad. Glider inte heller den andra punkten så ansågs konceptet fungera för just det lastfallet.

Förutom statisk jämvikt så tog beräkningarna hänsyn till att verktyget lossnar om krafterna på kroken från manteln blir negativa. Vidare kontrollerades att friktionskraften i punkterna inte var för stor i någon riktning.



Figur 3.5: Lång gripklo.



Figur 3.6: Självhämmande krok.

7. Fasta stöd

Två cirkelbågsformade stöd placeras mot mantelns underkant och används för att lyfta manteln (Se figur 3.7).

Detta verktyg kan lyfta båda typer av innermantlar, men det är otympligt, kräver manuell inspänning och dessutom kan vinkeln på den greppande ytan variera med innermantelstorlek samtidigt som radien skiljer sig på de olika mantlarna.

8. Steglös skruvlösning

Konceptet består av tre långa stänger med lika många hållare (Se figur 3.8). Stängerna kan justeras manuellt, exempelvis genom gängor, till olika storlekar. En krok sitter under varje hållare och greppar innermanteln då hållarna går utåt vid lyft.

Verktyget är steglöst och fungerar på båda typerna av innermantlar. Dock kan det uppstå ett stort moment eller stor tryckkraft på stängerna och det tar tid att få verktyget på plats. Dessutom finns det många delar och det är en otymplig lösning.



Figur 3.7: Fasta stöd.



Figur 3.8: Steglös skruvjustering.

9. Självhämmande klämma

Två skrovliga ytor greppar på mantelns ovansida, genom att lyfta i hålet längst upp på armen kläms de båda ytorna ihop och håller fast manteln vid lyft (Se figur 3.10). Fungerar i teorin till både spindelmantlar såväl som konkrossmantlar.

Verktyget är självspännande och kan monteras enkelt och snabbt. Här spelar friktionen mycket stor roll och det finns en risk att det glider av spindelinnermantlar, då dessa inte har en kant på innersidan. Verktyget har även relativt många rörliga delar.

10. Plåtklo

Självlåsande lösning som fungerar både till konmantlar och spindelmantlar (Se figur 3.9). Fungerar genom att armen som lyftet sker i trycks in mot materialet och på så sätt låser verktyget så att manteln kan lyftas med hjälp av friktion.

Denna lösning är självlåsande och fungerar för båda typerna av innermantlar, men det finns en risk för platsbrist. Den enkla principen och verktygets förhållandevis lilla storlek gör att det är det andra vidareutvecklade konceptet.

3.2 Problemmråden

Under tiden som projektet löpt har ett flertal problemområden uppmärksamats. Hänsyn behöver tas till samtliga vid framtagning av koncept och tillverkning av en prototyp.

**Figur 3.9:** Plåtklo.**Figur 3.10:** Självhämmande klämlösning.

3.2.1 Varierande geometrier & storlekar

Ett stort problem i framtagandet av ett verktyg är att de olika innermantlarnas geometri skiljer sig mycket, framförallt i överkant där lyftet ska ske. De flesta konkrossinnermantlar har en kant vilket möjliggör ett lyft uppåt oberoende av friktion medan spindelkrossinnermantlar saknar denna kant [4]. Detta gör att ett eventuellt verktyg som utnyttjar denna kant för att lyfta falerar vid lyft av spindelkrossinnermantlar. På grund av detta önskades ett verktyg som klarade av att lyfta båda varianterna oberoende av utformningen.

Utöver dessa skillnader i geometri skiljer sig storlekarna och framförallt massorna på de olika modellerna. Den största modellen som beaktats, Sandviks CH660, har en minsta diameter som är cirka 45% större än Sandviks minsta innermantel, CH430, samtidigt som axelpaketet väger ca 274% mer [6].

3.2.2 Hållfasthet & Utrymmesbrist

Tidigt observerades att utrymmet mellan innermantelns överdel och axelns gänga var litet, ungefär 35 mm för Sandviks CH430. Detta gör det problematiskt att tillverka en produkt som fungerar för flera storlekar eftersom vikten av de stora axelpaketerna skulle knäcka ett så litet verktyg som krävs för att få plats. På Sandviks CH660 finns ungefär 61 mm men på grund av den högre vikten måste större delen av detta mått utnyttjas vilket gör att ett eventuellt verktyg inte passar på de mindre modellerna. Att göra verktyget bredare diskuterades men det gav en förhållandevis liten effekt jämfört med att göra det tjockare. En fördubbling av bredden gav en dubbelt så hög hållfasthet medan en dubbling av tjockleken gav en ökning av hållfastheten med en faktor åtta, enligt grundläggande hållfasthetslära. Den maximala spänningen som går att uppnå i ett stål som är lämpligt att göra verktyg av är 1500 MPa, enligt materialdata i bilaga E, utan att materialet plasticerar. Säkerhetsfaktorn mot flytning måste vara 3 för att uppnå rådande standard [11]. Utifrån detta sattes en högsta tillåtna spänning i verktyget på 500 MPa.

3.2.3 Friktion

Ett stort problem som uppmärksammades vid utveckling av verktyg som använder friktion för att lyfta var det starka beroendet av en hög friktionskoefficient. Verktøget var tvunget att vara säkrat mot glidning på grund av säkerhetskraven. Detta var inget problem där det fanns utrymme för att ha en stor godstjocklek eftersom det då gick att öka den anbringade kraften utan risk för brott. Men det fanns en tydlig platsbrist som gav stora problem. Samtidigt fick det inte utsättas för alltför höga spänningar som riskerar brott eller stora, kvarstående deformationer. I detta fall var det kallhärdat manganstål som skulle lyftas. Det hårda materialet i lyftobjektet medförde att det var svårt att åstadkomma den önskade deformationen i materialet för att öka friktionen.

Friktionskoefficienten (μ) för stål mot stål var svår att uppskatta men approximerades någonstans mellan 0,2-0,8 för torra stål [16]. För att säkerställa funktionen även vid de lägre värdena i intervallet krävdes en hög normalkraft, eftersom friktionskraften kunde antas $F \leq \mu N$. Detta medför att med lägre friktionskoefficient kommer högre spänningar att uppstå i verktyget till följd av att normalkraften måste ökas.

Det fanns dessutom risker att användningsmiljön orsakade fall i friktionsintervallet. Då innermantlarna byttes förekom rikligt med stenmjöl och viss olja, vilka båda riskerar hämma friktionen.

3.2.4 Slitage

Eftersom verktyget ska lyfta både nya och slitna mantlar måste hänsyn tas till storleks- och formskillnaderna som uppkommer till följd av slitage under maskinens drifttid. Detta slitage gör att en avsevärt stor mängd material försvinner från manteln. Det har visat sig att slitaget på innermanteln framförallt uppkommer i de tre nedre fjärdedelarna av manteln, där det kan försvinna så mycket som 93% av materialets godstjocklek. På den övre delen är slitaget inte fullt så stort och uppgår till cirka 25% av godstjockleken [17].

3.3 Slutgiltigt koncept

En utvärdering gjordes av konceptet “Självhämmande krok” och en slutsats drogs att detta koncept inte var realiserbart. Detta grundades främst på att verktygets omfång inte var variabelt och det därför troligen inte skulle gå att trä på över innermantlarnas överkant. Konceptet “Plåtklo” bedömdes därefter ha störst möjlighet att uppfylla målen. Detta på grund av storleken samt att det är väldigt lätt att montera. Den visade sig även vara det bästa valet efter “Självhämmande krok” enligt utvärdering i Pugh-matris, vars resultat kan ses i tabell 3.1. Den slutgiltiga formen visas i figur 3.11 & 3.12, ritningar kan ses i bilaga F.

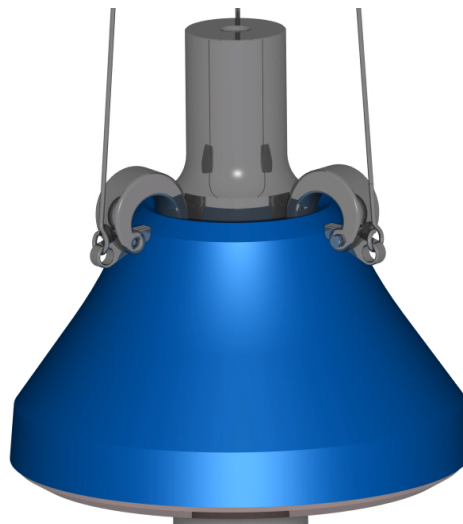
Konceptet använder sig av tre likadana verktyg, detta för att användning av två stycken skulle göra lyftet instabilt samtidigt som det innebär större påfrestning på materialet. Fler än tre bedömdes inte rimligt då det skulle ta längre tid att montera, väga mer samt kräva en betydligt större yta vid förvaring och transport. Ytterligare ett problem med att ha fler än tre delar är att det då skulle blivit ett statistiskt obestämt problem vilket innebär att det inte går att garantera att lasten fördelas jämnt mellan lyftpunkterna.

Tabell 3.1: Resultat från Pugh-matriser.

Poäng	Koncept
1.67	Självhämmande krok
2.33	Plåtklo
2.67	Sandlock/Saxlösning
3.33	Självhämmande klämman
5.67	Manuell skruvtving
7.00	Stöd med vajer
7.33	Lång gripklo
7.33	Megapolygrip
7.33	Steglös skruv
9.33	Fasta stöd



Figur 3.11: Lyftverktyg monterat på mantel sett från sidan



Figur 3.12: Lyftverktyg monterat på mantel sett snett uppifrån

3.3.1 Konzeptutvärdering

För att analysera konceptet gjordes en funktionsfil i MATLAB. Utgångspunkten var att konceptet kan approximeras till två dimensioner utan att detta ger signifikanta fel i beräkningarna. Beräkningarna avsåg ett av de tre lyftverktögen med hänsyn tagen till symmetrivillkor. I grunden ligger sex statiska jämviktsekvationer, ekvation 3.1-3.8, två anslutningsvillkor, ekvation 3.9 och 3.10, och två frik-

tionsvillkor, ekvation 3.11 och 3.12. Ekvationerna är baserade på friläggnings av verktygets två huvudkomponenter som visas i figur 3.13.

$$FB_{1x} = -FB_{2x} \quad (3.1)$$

$$FB_{1y} = -FB_{2y} \quad (3.2)$$

$$FA_x + FB_{1x} + FC_x = 0 \quad (3.3)$$

$$FA_y + FB_{1y} + FC_y = 0 \quad (3.4)$$

$$\overrightarrow{BA_x}FA_y - \overrightarrow{BA_y}FA_x + \overrightarrow{BC_x}FC_y - \overrightarrow{BC_y}FC_x = 0 \quad (3.5)$$

$$FB_{2x} + FD_x = 0 \quad (3.6)$$

$$FB_{2y} + FD_y = 0 \quad (3.7)$$

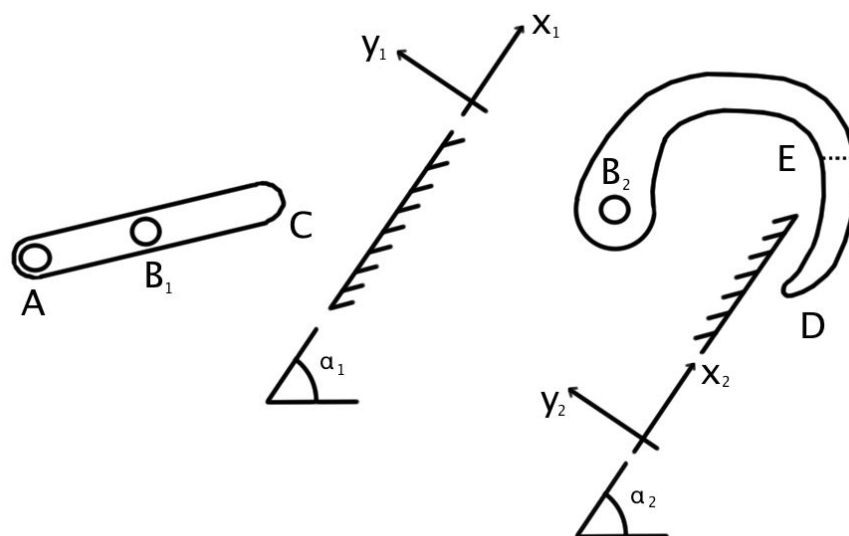
$$\overrightarrow{BD_x}FD_y - \overrightarrow{BD_y}FD_x = 0 \quad (3.8)$$

$$FC_{y1} > 0 \quad (3.9)$$

$$FD_{y2} < 0 \quad (3.10)$$

$$|FC_{x1}| \leq \mu FC_{y1} \quad (3.11)$$

$$|FD_{x2}| \leq -\mu FD_{y2} \quad (3.12)$$

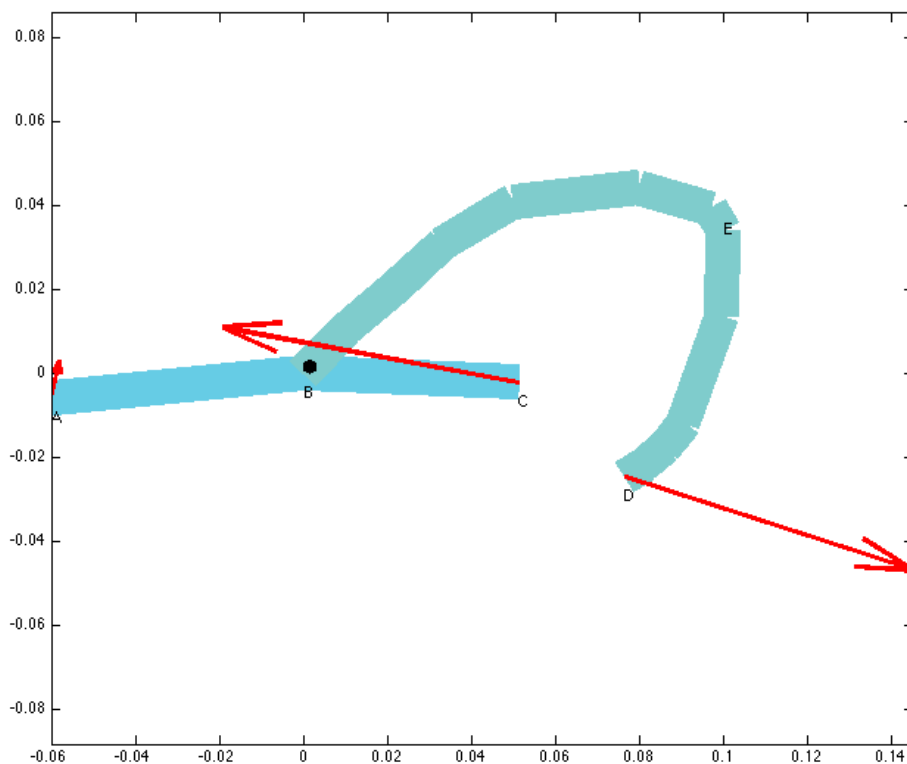


Figur 3.13: Friläggning av verktyg

Friktionsvillkoren kräver att det inte uppstår glidning i någon av anliggningspunkterna. Friktionskoefficienten som används är den lägsta som vanligtvis kan uppstå mellan två ferritiska material, $\mu = 0,2$ [16]. Anliggningsvillkoren ser till att normalkraften är positiv i anliggningspunkterna.

Indata till funktionen var vikten på axelpaketet som skulle lyftas, riktningen verktyget lyftes med samt koordinaterna för punkterna A och B. Utdata var de resulterande krafterna i kontaktpunkterna, en approximerad maximal spänning i verktyget samt huruvida konceptet uppfyller alla friktions- och anliggningsvillkor. Se figur 3.14 för en approximativ bild av verktyget och krafterna som verkar på det.

Den delen av verktyget som ligger mellan mantelns övre kant och inre axelmuttern, punkt E i Figur 3.13, kommer utsättas för ett stort böjmoment och eftersom den är geometriskt begränsad av utrymmet mellan mantel och mutter görs det ett antagande att den största spänningen i kroken kommer uppstå där, detta eftersom på övriga ställen kan godstjockleken ökas. I funktionsfilen görs en approximation av maximala spänningen i detta tvärsnitt med antagandet att momentet där kan skrivas som $M = |\overrightarrow{DE}| * |F_D|$. Spänningen beräknas som $\sigma = \frac{M*y}{I_z}$, där y är halva godstjockleken vid E och I_z är tvärsnittets yttröghetsmoment. I dessa beräkningar är tvärsnittet approximerat till en rektangel. Denna spänning är teoretiskt alltid större än den verkliga men det ansågs vara lämpligt att göra en konservativ uppskattning eftersom spänningskoncentrationer i den slutgiltiga geometrin inte kunde beaktas.

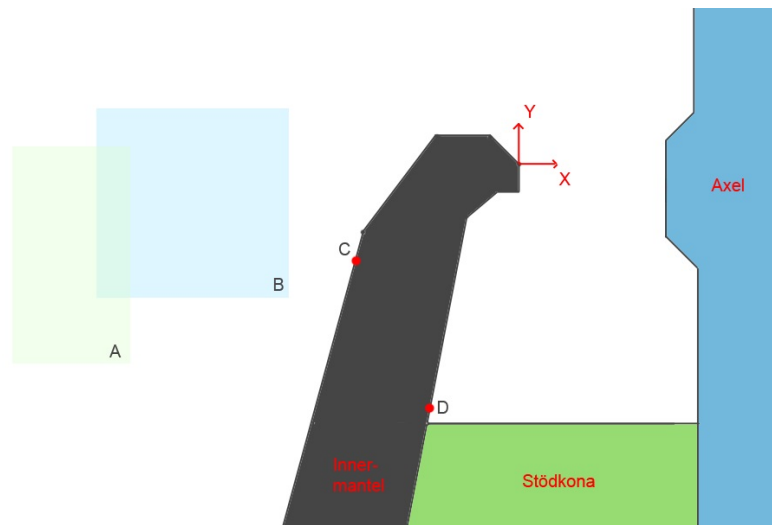


Figur 3.14: Figuren visar krafterna på verktyget samt deras riktningar och storlekar i förhållande till varandra

3.3.2 Optimering av geometri

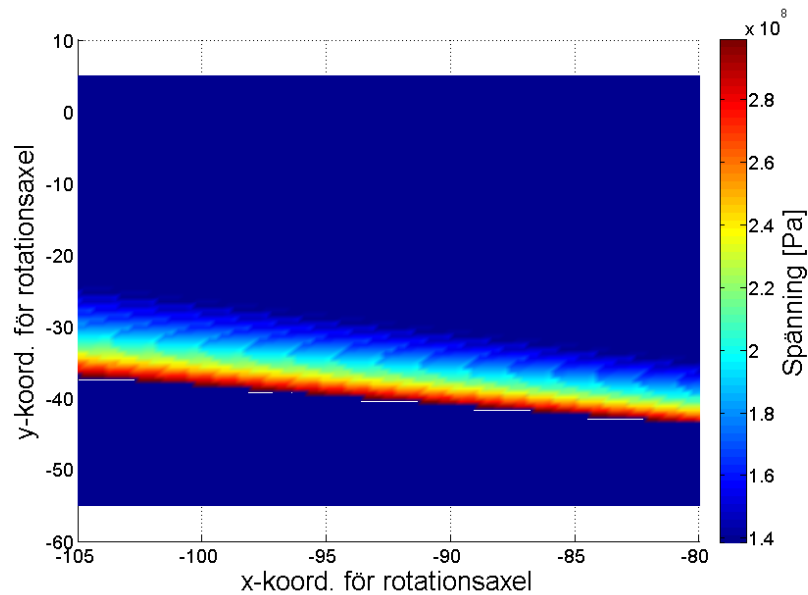
Det visade sig att det var gynnsamt att anläggningspunkten på utsidan av manteln låg långt över anläggningspunkten på insidan eftersom de resulterande krafterna då blev som minst. Därmed bestämdes positionerna på dessa punkter med detta som utgångsläge. Den yttre punkten placerades högst upp på mantelns långa fas med en säkerhetsmarginal på tio millimeter, den inre punkten placerades fem millimeter ovanför stödkonan, se punkt C och D i figur 3.15.

Under förstudien framkom att mantelbytet ibland sker inomhus och att det kan vara begränsat med plats i höjddled. Det valdes därför att kättingarna som de tre verktygen lyfts med skulle vara så korta som möjligt utan att de vidrör toppen på axeln. Den här längden på kättingarna bestämde arbetsvinkeln för den lyftande kraften.



Figur 3.15: Möjliga positioner för lyft- och axelpunkten

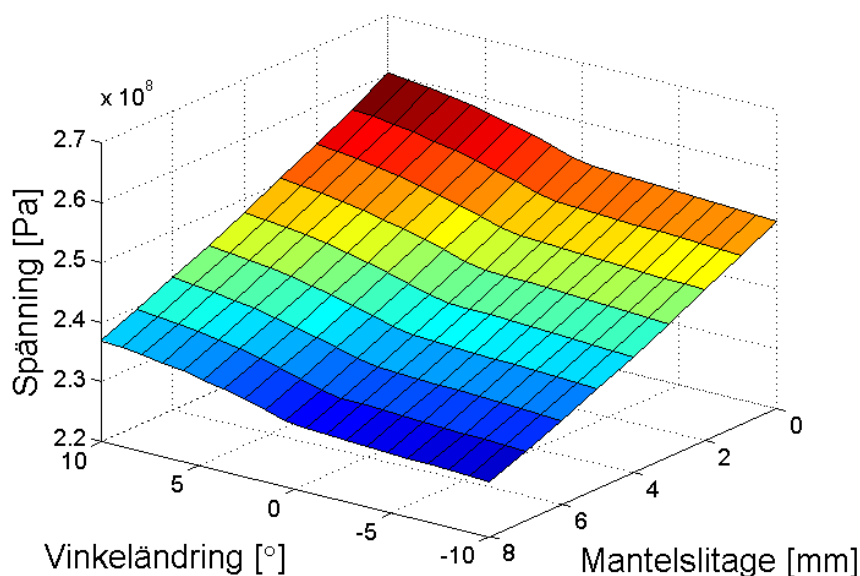
För att bestämma den optimala positionen på lyftpunkten och verktygets axelpunkt skrevs ett script i MATLAB. Dess funktion var att anropa funktionsfilen, som beskrevs tidigare, med alla möjliga kombinationer av dessa punkter. På så sätt kunde den bästa geometrin på verktyget tas fram med avseende på lägsta maxspänning och under förutsättning att verktyget klarar de lyft som är specificerade i kravspecifikationen. Dessa beräkningar gjordes med upp till fyra miljoner olika geometrier inom ramen av vad som ansågs vara ett lagom stort verktyg. Figur 3.15 illustrerar hur möjliga lyft(A)- och axelpunkter(B) valdes i förhållande till varandra. Områdena för de olika punkterna överlappar men endast kombinationer av dessa när lyftpunkten är 40mm utanför axelpunkten beaktas. Detta så att lyftkroken inte kommer för nära rotationsaxeln. I figur 3.16 kan området där axelpunkten får befinna sig ses, punkter i det mörkblå området fungerar ej eftersom glidning uppstår mellan mantel och verktyg. Geometrin valdes på ett sådant sätt att spänningarna blev låga och glidning inte kan uppstå. Punkterna bestämdes till följande: $A = [-160 \ -40]$, $B = [-100 \ -34]$, $C = [-48,7 \ -36]$, $D = [-23,3 \ -58,7]$. Koordinaterna är utifrån samma koordinatsystem som i figur 3.15.



Figur 3.16: Materialspänning som funktion av rotationsaxelpunktens position. Undantaget är den lägsta spänningen som representeras av mörkblått, här kan friktionsvillkor inte uppfyllas. Den redovisade spänningen är den lägsta för alla val av lyftpunkt.

Efter att punkterna bestämts blev kraftbilden som visas i figur 3.14. Som synes är krafterna på verktyget mycket större än den anbringade lyftkraften.

Ett av kraven var att verktyget skall fungera även på slitna mantlar. Den del som gör det möjligt med varierande tjocklek på manteln är den hämmande armen eftersom den närmar sig manteln när lyfthålet rör sig uppåt. Ett problem som framgick i funktionsfilen var att om anläggningspunkten på utsidan av manteln rörde sig nedåt så ökade reaktionskrafterna markant. Problemet löstes genom att en del av ytan till den hämmande armen formades som ett segment av en spiral. På så sätt kunde manteltjockleken minska utan att höjden på kontaktpunkten ändrades. För att lyftpunktens läge skulle ändras så lite som möjligt vid lyft av en sliten mantel gjordes den spiralformade delen så brant som möjligt. I figur 3.17 syns uppskattade maxspänningen i verktyget beroende på hur mycket manteln är sliten samt vilken vinkel-offset som manteln lyfts med. Det största vanligtvis förekommande slitaget på det stället där verktyget ligger an på den beaktade manteln är 8mm [17]. Dessutom så måste verktyget kunna lyfta även med en snedställning på 6 grader [11].



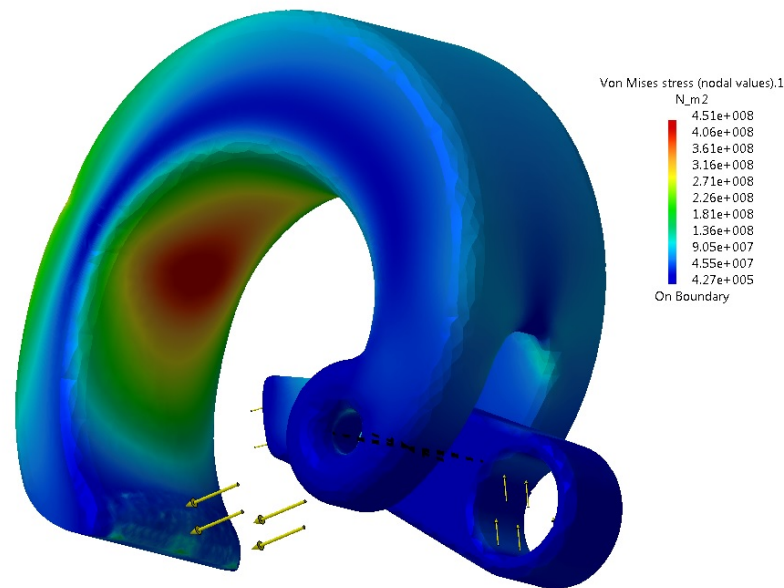
Figur 3.17: Spänning vid olika slitage på mantel, samt riktning på lyftkraft

Efter att konceptet fått en lovande geometri testades den i ett FEM-program. De krafter som den utsattes för var de mest ogynnsama krafterna som kan uppstå med säkerhetsfaktorer och vinklade krafter enligt CE-certifieringsstandard och beräknades med funktionsfilen i MATLAB. Figur 3.17 visar hur maxspänningen beror på mantelslitage och lyftvinkel. FEM-beräkningen gav de mest kritiska områdena och där det gick ökades godstjockleken och radien i inåtvända hörn ökades för att minska spänningskoncentrationerna. Resultatet ur FEM-analysen kan ses i figur 3.18 & 3.19.

Ur tillverkningssynpunkt ansågs det vara bäst att hela verktyget var lika brett. Variationen i spänning reglerades istället med en varierande godstjocklek.

De två rörliga delarna monteras ihop med en skruv. Denna får inte dras åt så hårt att delarna inte kan rotera fritt i förhållande till varandra. Kraften som behöver överföras mellan delarna måste därför gå genom skruven. Lastfallet i axeln kan då approximeras till ren skuvning av två axeltvärsnitt.

Kraftresultanten för belastningen på skruven beräknades till $48100N$. Genom att välja en skruv där ingen gänga befinner sig i belastningsområdet kan erforderlig skruvarea beräknas som $A = \frac{F*n}{\sigma*2}$. Där σ är sträckgränsen för skruven och F är kraften som verkar på den. Med en säkerhetsfaktor $n = 3$ och en hållfasthet på 8.8



Figur 3.18: Resultat av FEM-analysen

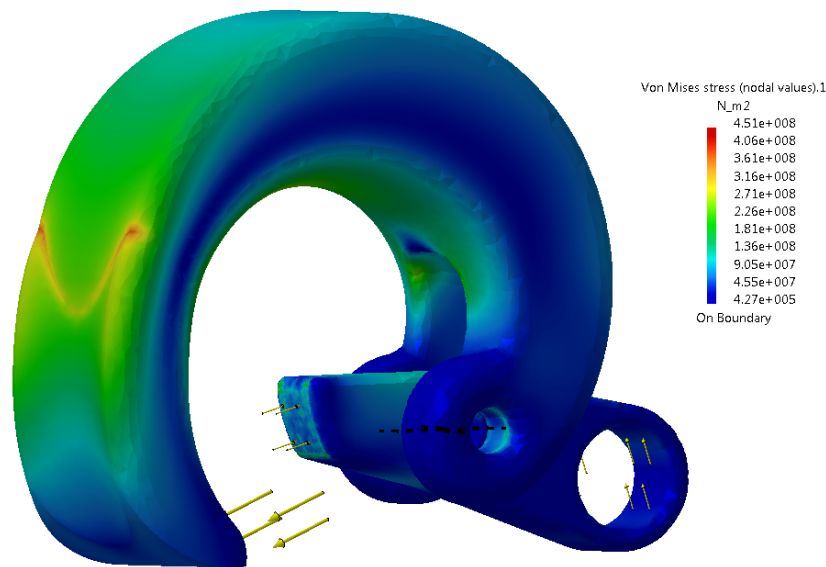
för skruven ger detta en minsta skruvarea, $A = 90,2\text{mm}^2$, vilket efter omräkning ger en minsta skruvdiameter på $5,4\text{mm}$.

3.3.3 Val av arbetsområde

Verktyget som designades och verifierades var anpassat till den minsta manteln av de som valdes att beaktas. Tanken var att sedan anpassa det verktyget för de större mantlarna. Anledningen till att den minsta manteln användes som utgångspunkt var att den sätter de största geometriska begränsningarna på verktyget. Det viktigaste är utrymmet på insidan av manteln, avståndet ner till stödkonan och avståndet mellan manteln och axelmuttern. När verktyget som anpassats till den minsta manteln testades med FEM framkom det att de största spänningarna som uppkom var 451 MPa, vilket är nästan lika mycket som den maximala tillåtna spänningen på 500 MPa. Det ansågs därför orimligt att anpassa samma verktyg till någon av de större mantlarna. Den minsta innermanteln som det fanns mått till var Sandviks CH430, Metsos motsvarande innermantel kunde verktyget aldrig verifieras mot eftersom mått på den inte kunde tillgås.

3.3.4 Tillverkningsmetod

En av tillverkningsmetoderna som är aktuell är vattenskarning för att skära ut profilen i två dimensioner, vilken sedan behöver fräsas för att få djup i den tredje



Figur 3.19: Resultat av FEM-analysen

dimensionen samt härddas efter färdig formgivning. Detta för att det krävs ett allt för hårt stål för att kunna fräsas innan härdning. En annan tillverkningsmetod som skulle kunna vara lämplig är smide [17].

Då denna produkt utnyttjar friktion för att lyfta krävs en stor normalkraft för att uppnå önskad friktionskraft, detta gör att det uppstår stora spänningar i materialet. Samtidigt får ingen större deformation uppstå eftersom det gör att lyftobjektet kan börja glida, därav kravet på den höga sträckgränsen.

För att detta verktyg ska gå att tillverka måste formen skapas ur ett stål som är mjukare än det önskade vilket medför att härdningen av stålet måste ske efter tillverkning. Det måste även tillverkas i ett stål med en legering som möjliggör genomhärdning eftersom endast ythärdning inte bedömts hålla [18].

3.3.5 Verktøjsmaterial

Ett låglegerat stål med medium kolhalt (0,25-0,60 wt%) är rimligt att använda då mangan, krom, nickel samt molybden ger goda förutsättningar för härdning av stålet. Hade ett stål utan tillsats av ovan nämnda ämnen använts skulle det vara mycket svårt att härda det och omöjligt att härda det på djupet eftersom det då skulle kylas ned för långsamt. Stål med låg kolhalt (under 0,25 wt%) hade inte gått att härda till en tillräckligt hög sträckgräns och ett stål med hög kolhalt (0,60-1,40 wt%) blir för hårt och sprött [18].

Det primära kravet som ställdes upp för verktyget är att det ska hålla de

påfrestningar som uppstår med en faktor tre, enligt säkerhetskraven. Efter beräkningar uppgick den teoretiska påfrestningen i materialet till 451 MPa, vilket med pålagd säkerhetsfaktor krävde ett stål med minsta sträckgräns 1353 MPa.

Råvaran för ett lämpligt stål kostar ca 4,00-4,50 SEK/kg enligt uppgifter från programvaran CES Edupack 2013, materialdata kan ses i bilaga E.1 där de färgade områdena motsvarar ett specifikt stål som alla uppfyller de önskade kraven.

3.3.6 Prototyp tillverkning

Med hänsyn till verktygets geometri ansågs vattenskärning vara den mest passande tillverkningsmetoden. Ytterligare efterbearbetning skulle krävas i form av härdning för att uppnå lämplig hållfasthet. Förseningar i leveranser av data gjorde att klartecken för byggnad av prototyp kom så sent att verktyget inte kunde bli byggt inom den tidsram som fanns.

4

Diskussion

4.1 Konceptgenerering och konceptval

Individuell brainstorming för att ta fram konceptförslag är ofta en bra metod som gör att alla idéer kommer fram utan att något förslag sågas utan att det granskats. Eftersom varje person sitter för sig själv och antecknar sina idéer får alla lösningar en utvärdering utan risk att någon direkt avvisar den samt att det är en bra metod som gör att idéförslagen inte påverkas av gruppens tankar som helhet. Det är dock en metod som inte tar hänsyn till genomförbarhet eller alla de parametrar som behöver uppfyllas för att lösningen ska vara användbar, dock så tas det i beaktning vid sällning av koncepten.

Konceptval med hjälp av en morfologisk matris i flera omgångar är ett effektivt sätt att få fram den bästa lösningen utan att personliga åsikter påverkar utfallet. Detta på grund av att varje egenskap hos konceptet beaktas separat och inte som en helhetslösning vilket gör att utfallet blir den totalt sett bästa lösningen och inte den som uppfyller en viss aspekt. Det är en bra metod att använda då den på ett enkelt sätt får fram en bra lösning. Dock kan en nackdel vara att det tar tid att iterera den flera gånger då det finns många alternativa idéer att gå igenom.

4.2 Geometriskt lås

En strävan som inte uppnåddes var att åstakomma ett geometriskt lås hos prototypen. Ett geometriskt lås hade inneburit att det inte hade varit möjligt för verktyget att lossna under lyftet annat än vid ett brott eller allvarlig deformation. Detta till följd av innermantelns geometri.

Flera varianter på lås diskuterades men ingen hittades som passade på samtliga

varianter av innermantlar. För vanliga konkrossinnermantlar går det relativt enkelt att konstruera ett verktyg som utnyttjar denna egenskap, problemet uppstår främst vid beaktning av spindelkrossinnermantlar. Dessa skiljer sig, som bekant, från övriga konkrossinnermantlar, på det viset att det saknar en vågrät kant kring den övre insidan vilket gör det svårt att skapa ett verktyg som låser sig i mantelgeometrin.

4.3 Slutgiltigt koncept

Det slutgiltiga konceptet valdes till en variant av Plåtklo eftersom det är ett lättanvänt verktyg som i teorin kan fungera på många varianter av mantlar samtidigt som det har en förhållandevis låg tillverkningskostnad. Utformningen gör att det endast går att montera på ett sätt vilket gör det säkert med avseende på fastställning.

I tidigt utvecklingsstadium var tanken att ett komplett verktyg skulle bestå av tre lika delar. De problem som uppstod var att för att åstadkomma erforderlig klämkraft för att kunna lyfta med hjälp av friktion uppstår väldigt stora spänningar i verktygsmaterialet. Dessa är så stora att det är omöjligt att tillverka ett universellt verktyg av denna typ som passar för alla de beaktade storlekarna. Detta på grund av begränsad plats mellan axel och mantel samt användandet av ett stål med rimlig hållfasthet. Med tanke på projektets ursprungliga syfte och hade såklart varit önskvärt med ett annat utfall. I teorin fungerar dock verktyget som tänkt på en storlek av mantel. Bristen på data och information om olika manteltyper och deras geometrier gjorde det mycket svårt att anpassa konceptet till dessa. Med tillgång till rätt data i rätt tid hade andra val kunnat göras och då kanske fått ett bättre utfall.

4.3.1 Kravspecifikation

Kravspecifikationen, som visas i bilaga D, visar en del av de faktorer som påverkar ett lyftverktyg. Utmaningen låg i att ett helt nyutvecklat koncept skulle tas fram utan tidigare referenser och det gjorde att kravspecifikationen var utmanande att fastställa. De allra viktigaste kraven, som påverkade konceptvalet och dimensioneringen mest, var funktionen, prestandan, vikten och standarder & lagkrav.

Vissa koncept bedömdes inte kunna bli tillräckligt lätta för att uppfylla kravet. Även prestandan, alltså kompatibiliteten med flera krossmodeller, spelade roll. Exempelvis så var konceptet Steglös skruv tyngre men hade större sannolikhet att fungera på flera krossmodeller, jämfört med det valda konceptet Plåtklo. Funktionen, att lyfta en viss vikt, spelade mycket stor roll vid de mekaniska beräkningarna och var direkt avgörande vid analyserna. Likaså var de standarder och lagkrav som

konceptet skulle uppfylla viktiga och gav betydande krav som undersöktes, även dessa genom mekaniska beräkningar. Dessa krav visade kritiska delar och funktioner i konceptet och var avgörande för att utvärdera säkerheten hos verktyget.

Det som hade kunnat utvärderas mer var främst livslängden och kostnaden. Inga omfattande utmattningsberäkningar gjordes och därför kunde verktygets livslängd inte garanteras. Inte heller kunde tillräckligt med undersökningar inom tillverkning genomföras för att ta fram ett rimligt pris. Även de eftersträlvade standarderna och lagkraven hade kunnat studeras mer för att garantera säkerhet i användning.

4.3.2 Informationsbrist

Ett genomgående problem under hela projektet har varit bristen på data, det vill säga avsaknaden av nödvändig kunskap om bland annat mått, geometrier och existerande modeller av krossar. Detta har flera gånger gjort att projektet delvis stagnerat då det ofta har varit svårt att få fram nödvändig information.

Det stora problemet vid anskaffning av data är att de kommer ifrån företag som tillverkar slitdelar och stenkrossar, det rör sig därför om mycket sekretessbelagd information vilket inte enkelt går att ta del av. Mycket värdefull tid av projektet har därför förlorats och gissningar och antaganden har varit enda alternativet. Att nödvändig information har uteblivit eller kunnat tillgås för sent har i sin tur lett till att projektets mål inte uppfyllts. Hade tillräcklig data funnits att tillgå och i tid, hade verktygets funktion kunnat testas och verifieras med fler mantelgeometrier och i fler situationer. En fullskalig prototyp hade då också kunnat tillverkas och testas som det var tänkt i projektets början. Det är också möjligt att ett annat lösningskoncept hade valts om mer information funnits att tillgå innan konceptvalet gjordes.

Även något som förutsattes vara enkelt att finna, friktionskoefficient, visade sig vara i stort sett omöjligt att, med tillräcklig precision, anta utan att göra erforderliga mätningar på det specifika materialet. Detta på grund av de stora variationerna i yta & härdning, fukt, samt risken för olja eller fett på ytan. Detta återkopplar till behovet av en stor kraft emot materialet, hade det gått att garantera en högre friktionskoefficient hade det inte varit några problem att realisera produkten för ett större intervall av modeller.

Flera varianter av geometri på verktyget, olika placering av kontaktpunkterna samt olika hävarmar har beaktats utan framgång. Beräkningarna har optimerats i MATLAB och även om verktyget garanterat inte flyttar sig från den precisa monteringspunkten bedöms det vara väldigt svårt att realisera verktyget för mer än en storlek på innermantel.

Eftersom det varit svårt att få tillgång till information och gissningar behövt göras har projektet förlorat mycket tid på grund av spekulationer och de flesta

problemen som stötts på under projektets gång har på ett eller annat sätt grundat sig i informationsbrist. Detta har gjort att framförallt värdefull tid gått förlorad men också potentiella lösningar eller möjliga ändringar av vald lösning. Dock är det inte säkert att det valda konceptet hade fungerat även med tillgång till all information, eftersom det framförallt beror på fysiska begränsningar.

4.3.3 Material

Behandlingen av materialet för att uppnå önskade egenskaper kan ske på flera olika sätt, de två vanligaste är smide eller härdning. Fördelen med att smida ett material är att det går att åstadkomma en form som är starkare än motsvarande gjutna eller frästa del genom att kornstrukturen i materialet blir mer kontinuerlig, dock till en högre kostnad än med härdning. Härdning är som tidigare nämnt ett billigare alternativ för att höja materialets hållfasthet, det är också enklare att kontrollera processen. Dock kan det vara komplicerat att djuphärda en produkt då den måste kylas snabbt där härdningen ska ske, vilket är svårt i en större homogen produkt.

4.3.4 Kundvärde och användarvänlighet

Ett av de största problemen, och även projektets syfte, var att finna en lösning som passar flera mantelstorlekar. Att utveckla ett verktyg som passar på flertal storlekar av innermantlar samt att verktyget i sig har en liten storlek och en lång livslängd är en nyckel till högt kundvärde. Detta är viktigt på flera plan, inte endast ekonomiskt då det är dyrt att köpa många verktyg, utan även praktiskt eftersom det finns många krossar på en arbetsplats och tekniker ska inte behöva ta med många skrymmande verktyg.

Utöver detta är det också viktigt med ett användarvänligt verktyg, det vill säga ett verktyg som har en intuitiv funktion, ett litet underhållsbehov och återigen har en låg egenvikt.

För att sammanfatta finns det fem viktiga aspekter för att få ett högt kundvärde. Verktyget ska vara; litet, passa flera storlekar på krossar, ha en lång livslängd, vara användarvänligt samt ha ett lågt inköpspris.

4.3.5 Säkerhet

Vid arbeten där lyft av mycket tunga komponenter ingår finns alltid en överhängande risk för allvarliga olyckor. I de flesta fall sker inga personskador utan olyckor resulterar i skador på maskiner eller övrig utrustning.

Det finns dock fall där personer fått allvarliga skador till följd av dåligt påsvetsade lyftöron på manteln vilket gjort att manteln lossnat vid lyft. Ett exempel finns

ifrån Australien där en operatör fick en innermantel på foten vilket resulterade i amputation av samtliga tår på foten i fråga [19].

Då det finns risk för allvarliga olyckor är det av yttersta vikt att konstruera ett verktyg som är säkert, både med avseende på lyft och risk för felmontering. Det stora problemet är att uppnå ett högt kundvärde samtidigt som det uppfyller alla nödvändiga direktiv och säkerhetskrav, detta eftersom att kostnad, storlek och säkerhet hänger ihop. Dessa tre aspekter går inte alltid att få så bra som kan önskas vilket gör att en av dessa ofta får nedprioriteras.

4.4 Reflektion

Den fullskaliga prototypen har inte tillverkats, vilket var ett av projektets mål. Detta för att den tillgängliga informationen varierat och det därför inte varit möjligt att realisera produkten, till exempel så visade det sig så sent som i den 13:e projektveckan att distansen mellan axel och innermantel på CH430 var 10mm större än vad som tidigare räknats med. Anledningen till att informationen kom så sent var ett missförstånd.

När det visade sig att produkten var realiserbar var projektet långt gånget och prototypen skulle inte hinna bli klar i tid. En bedömning gjordes också att det var bättre att lämna en rekommendation än att spendera pengar på något som inte klarar att lyfta mer än en mantel.

I dagsläget går det alltså att tillverka en produkt som i teorin fungerar på CH430, dock så behövs mer undersökning och utvärdering för att ta reda på om utvecklat koncept också kan fungera på större innermantlar. Om konceptet visar sig möjligt att vidareutveckla så att det fungerar för flera storlekar på innermantlar är det rimligt att anta att det snart kommer bli både konkurrenskraftigt och en ekonomisk produkt tack vare dess enkla design, detta skulle då uppfylla projektets mål. Som det ser ut nu är det endast konkurrenskraftigt för en modell, vilket inte helt och hållet uppfyller projektets huvudmål.

5

Slutsatser

5.1 Hållbarhet

Det framställda verktyget ämnar att göra lyftprocessen effektivare. Verktyget bidrar därmed med att minimera dödtid och kan göra en hel anläggning mer effektiv. Detta ger ett bättre användande av resurser.

En självklarhet var att minimera materialmängden i verktyget då detta inte bara sparar in på utsläpp av farliga ämnen utan även kostnader. Ju mindre metall som används desto mindre behöver utvinnas ur jorden, framställas, förädlas och transporteras. Direkt hälsoskadliga ämnen och material har medvetet undvikits för att göra verktyget mer hållbart ur en miljösynpunkt. Även återvinningen av verktyget påverkade materialvalet och icke-återvinningsbara material förkastades. Det har eftersträövats att minimera miljöbelastningen för hela verktygets livscykel, till exempel så ersätter verktyget påsvetsning av lyftöglor som är en energikrävande process.

En stor del i utvecklingsarbetet bestod i att skapa ett säkrare verktyg. Det valda verktyget skulle minska risken för skador och olyckor och på så sätt förbättra arbetsmiljön, verktyget gör hela arbetsprocessen mer hållbar.

5.2 Rekommendationer

Utvecklingen av produkten kunde inte slutföras helt och det finns flera sätt att arbeta vidare. De fyra alternativ som rekommenderas är att vidareutveckla det framtagna konceptet, att analysera ett eller flera av de koncept som i slutändan förkastades eller utgå ifrån den bakgrund och de krav som tagits fram och försöka finna ett nytt koncept. Det fjärde alternativet är att istället fokusera på själva

innermantlarna för att kunna skapa gemensamma drag som tillåter enklare och säkrare lyft.

5.2.1 Vidareutveckling av konceptet Plåtklo

Den valda lösningen, Plåtklo, har utvecklats såpass att den kan klarar att lyfta Sandviks mantel 430. För att kunna tillverka och använda verktyget under en hel livslängd behövs dock ytterligare arbete för att vara helt säker på dess prestanda och funktionalitet kan bibehållas. Konceptet har dock utvärderats tillräckligt mycket för att en säker slutsats kunnat dras att en storlek på verktyg inte kommer fungera på hela spannet av mantlar.

Beräkningar som validerar dess livslängd och säkerhet mot utmattningsbrott bör göras samt en närmare undersökning av deformationen i godset. Tillverkningens inverkan på materialet och verktygets egenskaper behöver beräknas, samt behovet av ytterligare efterbehandligar såsom härdning. Även korrosionsrisken behöver uppskattas och studeras närmare, då detta kan i stor omfattning påverka materialets egenskaper och prestanda. Korrosion i kombination med mekaniska belastningar kan dessutom orsaka spricktillväxt och brott, något som direkt påverkar livslängden på verktyget.

Kostnaden bör approximeras mer exakt genom att finna ett lämpligt material och tillverkningsmetod. Monteringskostnaden av produkten och en rimlig produktionsvolym behöver också bestämmas. Med tillgång till denna information kan ett rimligt försäljningspris sättas och lösningens potential för ekonomisk vinst blir tydligare.

5.2.2 Analys av alternativt koncept

Konceptet Steglös skruv var ett koncept som hade stor potential men också flera problem. Det är inte lika enkel som Plåtklo men bedöms ha större prestanda.

Lösningen förklaras i resultatkapitlet och har ett geometriskt lås med stor justerbarhet. Den har en stor potential att lyfta alla sorters innermantlar, av både Sandvik och Metso, i det studerade intervallet.

De problem som hade kunnat studeras i större utsträckning är flera, men förhoppningsvis kan en sådan studie eliminera eller minimera ett flertal av dem. Verktyget är stort och relativt klumpigt, det kräver ett verktyg för att kunna monteras på innermanteln och det finns ett tydligt underhållsbehov för att garantera en lång livslängd. Lösningen har en mer komplicerad geometri och ställer krav på en mer exakt tillverkning och produktmontering.

5.2.3 Nytt koncept

Det tredje alternativet är att genomföra en ny produktutvecklingsprocess. Denna nya process kan grundas på samma syfte och mål som den redan genomförda produktutvecklingen och använda den framtagna informationen och resultaten för att generera nya potentiella lösningar.

Genom att återanvända bakgrunden och metoden kan arbetet effektiviseras och mer fokus kan läggas på att ta fram lösningar och analysera dem. Dessa nya lösningar kan vara varianter på de gamla koncepten eller vara helt nya.

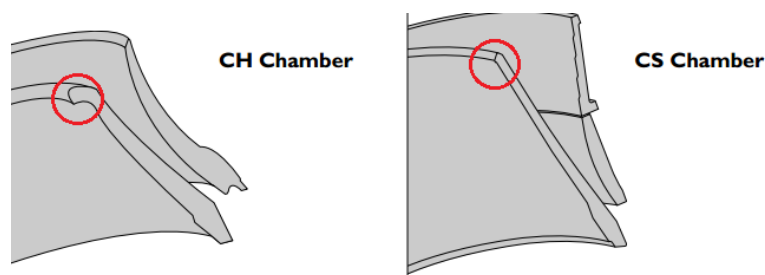
Kraven och informationen som tagits fram kan och borde föras vidare vid ett nytt utvecklingsarbete. Ytterligare tidsbesparingar kan göras och det finns möjlighet att ta fram precisa krav och skapa ett större utbud av data och information.

Detta sätt att gå vidare hade återvunnit arbetets resultat i viss mån men lämnat stora utrymmen för variation.

5.2.4 Ändringar i innermantelgeometri

Genom att ändra innermantelgeometrin har existerande lyftverktyg möjlighet att lyfta ett större utbud av innermantlar. I detta fall behöver troligvis inget nytt koncept för lyftverktyg tas fram. Dock behövs det stöd från en större organisation, exempelvis SBMI, för att ändringar ska adopteras. Motstånd till detta kan finnas hos enskilda företag med egen produktion av lyftverktyg och innermantlar.

De främsta alternativen för ändring av geometrin är dels att tillsätta en kant vid den övre insidan på samtliga, eller en stor del, av innermantlarna. Som tidigare nämnt saknar spindelmantlar en kant, se figur 5.1 Innermantlarna kan även förses med hål på sidorna, liknande de som redan finns på en del mantlar, för att ge lyftverktyg en lämplig plats för montering på manteln.



Figur 5.1: Tvärsnitt av inner- och ytermantel för kon- respektive spindelkross från Sandvik [20] med plats för kant markerat på innermantel.

Ett annat möjligt scenario vore att utnyttja att flertalet innermantelmodeller redan har hål och föreskriva att alla borde ha det. Det skulle då vara möjligt att undersöka ideal form på hål och verktyg utifrån den redan existerande lösningen.

Det finns dock flera väsentliga nackdelar med att vidareutveckla detta koncept. Dels så är det omöjligt att komma ifrån att konstruktionen blir vekare och livslängden kortare samt att kostnaden blir större. Det kommer bli mer komplicerat att genomföra beräkningar och miljön innebär risker, exempelvis att det lägger sig smuts och annat oönskat material i hålen.

Detta sättet att gå vidare, att ändra geometrin på mantlarna, är annorlunda och kommer mest sannolikt att kräva en annan sorts bakgrund och data. Arbetet redan genomfört kommer alltså vara av mindre värde, dock bedöms detta vara det alternativ som har störst potential för möjligheten att finna ett universellt och säkert verktyg.

Litteraturförteckning

- [1] *Grus, sand och krossberg 2012* <http://resource.sgu.se/produkter/pp/pp2014-1-rapport.pdf>
Hämtad 2014-05-16
- [2] *Sandlock produktbroschyr* [http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/global/S003713.nsf/Alldocs/Portals*5CProducts*5CCrushers*and screens*2AAftermarket*offering/\\$file/Sandlock_lr.pdf](http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/global/S003713.nsf/Alldocs/Portals*5CProducts*5CCrushers*and screens*2AAftermarket*offering/$file/Sandlock_lr.pdf)
Hämtad 2014-02-07
- [3] *Mangasafe* <http://www.mangasafe.com.au/about.html>
Hämtad 2014-02-07
- [4] *Almén, Andreas*; medlem i krossutskottet i Sveriges Bergmaterialindustri. Intervjuer genomförda 2014-01-31 och 2014-02-18
- [5] *Sandvik* [http://mining.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/AlldocsM/Portals*5CProducts*5CCrushers*and*screens*2AJaw*crushers/\\$FILE/Jaws.pdf](http://mining.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/AlldocsM/Portals*5CProducts*5CCrushers*and*screens*2AJaw*crushers/$FILE/Jaws.pdf)
Hämtad 2014-05-09
- [6] *Installationsmanual Sandvik CH430:01*. Svedala: Sandvik
- [7] *Sandvik* [http://mining.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/AlldocsM/Portals*5CProducts*5CCrushers*and*screens*2ACone*Crushers/\\$FILE/Cones.pdf](http://mining.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/AlldocsM/Portals*5CProducts*5CCrushers*and*screens*2ACone*Crushers/$FILE/Cones.pdf)
Hämtad 2014-05-09
- [8] *Metso* [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/4045B6C4E0154A79C22573F3002E2216/\\$File/GPseries_English.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/4045B6C4E0154A79C22573F3002E2216/$File/GPseries_English.pdf)
Hämtad 2014-03-21

- [9] *CME Locklift* http://www.crushingandmining.com.au/images/files/products/wear_products/manganese_crusher_liners/CME%20Lifting%20Safety%20Flyer.pdf
Hämtad 2014-02-07
- [10] *Larsson, Micael*; Sales Engineer, Metso Minerals Sweden AB. Mailkonversation 2014-04-09
- [11] *SS-EN 13155+A2:2009* Svensk Standard, redogör för krav och lagar för lyftanordningar.
- [12] *Evertsson, Magnus*; Biträdande Professor på avdelningen för produkt- och produktionsutveckling. Muntliga uppgifter 2014-03-19
- [13] *Paulin, Dan*; universitetslektor vid avdelningen för Operations Management. 20140305 Kvalitativa och kvantitativa metoder (pdf)
- [14] *Kvantitativa metoder* kvalitativ metod. <http://www.ne.se/lang/kvalitativ-metod>, Nationalencyklopedin
Hämtad 2014-05-06.
- [15] *Video på mantelbyte* <https://www.youtube.com/watch?v=5V3KZD3brZc>
Hämtad 2014-05-14.
- [16] *Ahlström, Johan*; Docent på avdelningen för materialteknik. Muntliga uppgifter 2014-04-04
- [17] *Quist, Johannes*; doktorand vid Produkt- och produktionsutveckling. Muntliga uppgifter 2014-05-06
- [18] Callister, William D. (2007) *Materials Science and Engineering - An Introduction*, New York: John Wiley and Sons, Inc.
- [19] *Incidentrapport* http://mines.industry.qld.gov.au/assets/mines-safety-health/incident_report72.pdf
Hämtad 2014-02-07
- [20] *Sandvik* [http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/Portals*5CProducts*5CCrushers*and*screens*2AAftermarket*offering/\\$file/Sandvik_Manganese_EN_final.pdf](http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/Global/S003713.nsf/Alldocs/Portals*5CProducts*5CCrushers*and*screens*2AAftermarket*offering/$file/Sandvik_Manganese_EN_final.pdf)
Hämtad 2014-05-16
- [21] *Metso* [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/C456ED9F5C9B39B7C2256DAC00206B4D/\\$File/CseriesEnglish.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/C456ED9F5C9B39B7C2256DAC00206B4D/$File/CseriesEnglish.pdf)
Hämtad 2014-03-21

- [22] *Niklas Molander*; Anställd hos Jehander, Kålleröd. Intervjuer genomförda 2014-02-03 och 2014-02-04

A

Projektbeskrivning

Kandidatarbete vid Institutionen för PPU - PPUX03-14-23

Titel
Utveckla en prototyp för en säker lyftanordning för tunga krossplattor och mantlar
Beskrivning (bakgrund, problembeskrivning, arbetsätt)
<p>Bergkrossar har slitdelar i manganstål som kan väga flera ton och som måste bytas många gånger per år om krossen arbetar i ett nötande berg. Att byta slitna delar kan vara svårt – de kan delvis ha deformerats under drift – och det är alltför vanligt förekommande att maskinoperatörer skadas under bytet, ibland allvarligt.</p> <p>Någon säker lyftutrustning finns inte idag, men tankar hur en sådan skulle kunna utformas finns preliminärt hos operatörer i Sydsverige. Intressenter av en lösning är bergmaterialproducenter, företag som säljer krossplattor och mantlar, serviceföretag som utför byten av krossplattor och mantlar.</p> <p>Uppgiften är att utveckla och konstruera ett lyfthjälmedel som höjer säkerheten vid hanteringen av de tunga slitdelarna. Målet är att inom projektet bygga och testa en prototyp som kan visas och utvärderas av verkliga användare. Tester kan sedan utföras inom ramen för projektet på ett flertal olika platser och hos olika företag i Sverige.</p>
Målgrupp
Studenter med stort intresse för maskinkonstruktion i en industrinära miljö.
Gruppstorlek
Cirka 4-5 kandidater/studenter.
Litteraturförslag
Berg för byggande, SBMIs faktablad om krossar, Underhållsmanualer för krossar.
Speciella förkunskapskrav
Maskinkonstruktion, produktutveckling, hållfasthetskunskaper.
Handledare
Rebecka Stomvall, MSc
Examinator
Magnus Evertsson, Bitr Prof
Kan projektet dubbleras? JA / NEJ
Nej
Bifogas (bild, ev utförligare beskrivning)
 <p>Bilden intill: ett lyftdon till de flera ton tunga mantlarna. Verktyget kanske fungerar på nya mantlar, men inte på slitna gamla mantlar. Även krossplattor behöver säkra lyftdon.</p> <p>Ett utvecklat bra tillförlitligt lyftverktyg bedöms snabbt kunna bli en försäljningsmässigt stabil produkt, som skulle kunna ge en säker liten intäkt till konstruktören (om den prissätts så att motivet att utveckla en alternativ liknande lösning inte blir tillräckligt starkt).</p>

Projektet är initierat och stöds av Sveriges Bergmaterialindustri (SBMI).

I projektet finns medel reserverade för bygge av prototyp. Tester kan utföras på ett flertal olika platser och hos olika företag i Sverige.

B

Värde modellen

Aktivitetsplan projektarbete

1. Etablera projektet

Steg	Aktivitet	Metod/Verktyg	Syfte/Mål	Föreläsning
1.1	Skapa en projektdefinition	Enligt kapitel 11.	Definiera projektets intressenter. Formulera mål. Lista leveranser. Klargör avgränsningar.	1
1.2	Skapa en projektplan	Enligt kapitel 12.	Resursuppskatta och tidsplanera projektet. Skapa en milstolpeplan och ett Gantt-schema.	1
1.3	Organisera gruppen	Enligt kapitel 14.	Ta fram ett rullande schema för byte av projektledare samt andra relevanta roller. Fördela ut kollektivt såväl som individuellt ansvar.	1
1.4	Fastställ spelregler	Exhibit 14.10 och 14.11.	Hur skall ni förhålla er till varandra inom gruppen. Vilka regler skall gälla?	1
1.5	Utforma projektets kontroll och uppföljningssystem	Enligt kapitel 13.	Analysera riskerna i projektet och hitta åtgärder. Utarbeta rutiner för kontroll och uppföljning.	1

2. Beskriv produkten

2.1	Kartlägg samverkan med kunden under produktens livscykel	Enligt kapitel 2.	Gå igenom produktens livscykel och identifiera områden där kundvärdet kan och bör ökas.	2
2.3	Konkretisera kundvärdet och ta fram ett ramverk för en funktionsbaserad kravspecifikation.	Enligt kapitel 3.	Formulera huvud-, tillägs- och oönskade funktioner samt mätbarhet av huvudfunktionerna.	2
2.4	Analysera produktens position på s-kurvan	Enligt kapitel 4.	Definiera produktens position på S-kurvan och formulera generella strategier för fortsatt utveckling.	2

2.2 Nedanstående lämnas in tillsammans med steg 3, lv. 4.

2.2	Kartlägg produktens miljöpåverkan under produktens livscykel		Identifiera hur produkten påverkar/belastar miljön i de olika skedena under dess livscykel. Vad kan göras för att minska miljöbelastningen?	2
-----	--------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

3. Kartlägg kundens röst

3.1	Kartlägg användarens röst, "Voice of the Customer"	Enligt kapitel 17 Issue 1 samt exhibits 17.6, 17.7, 17.8, 17.10	Kartlägg och formulera kritiska kundkrav.	3
3.2		Se exhibit 17.9.	Formulera baskrav, uttalade krav samt "pricken över i"	3
3.3		Se sidan 498.	Vart är pionjärerna (innovators) på väg?	3

4. Analysera alternativa lösningar

4.1	Inventera kända koncept och idéer	Konkurrentinventering, patentanalys via nätet och brainstorming (www.uspto.gov , www.epo.org). Enligt kapitel 17 Issue 2.1 samt exhibits 4.13 och 17.16	Inventera kända koncept och gör varianter på dessa. Redogör för minst 5 alt. sätt på vilket huvudfunktionen kan utföras.	4
4.2		Enligt utdelat material Funktionellt Konceptarbete och kapitel 17 Issue 2.1.	Fastställ en referenslösning	4
4.2	Rita ett funktionellt diagram	Blackbox funktionsanalys enligt utdelat material Funktionellt Konceptarbete och exhibit 17.17	Rita ett funktionellt diagram av produkten samt identifiera starka och svaga delar i produkten.	4

5. Skapa ett vinnande koncept

5.1 <i>Kreativ loop</i>	Generera alternativa koncept med potential till högre kundvärde	Funktionell modellering kapitel 17 Issue 2.2 samt exhibit 17.18 – 17.25.	Generera flera nya koncept med potential till högre kundvärde via funktionell modellering.	5
5.2 <i>Kreativ loop</i>	Vidareutveckla koncepten	Sök alternativa verktyg och metoder på nätet.	Utveckla koncepten till en jämn förädlingsgrad så att en rättvis relativ jämförelse kan göras.	5
5.3 <i>Kreativ loop</i>	Korsbefrukta de bästa koncepten och välj ut det mest lovande	Pugh/morfologisk matris. Enligt exhibit 17.26.	Använd Pugh eller morfologisk matris för att se om de bästa koncepten går att korsbefrukta.	5
5.4	Konceptval	Pughs konceptvalsmatris exhibit 17.26.	Sälla bort lösningar och koncept med låg potential och fastställ en principlösning.	5

5.5 Nedanstående lämnas in till Antal Boldizar, måndag 24/2, Iv. 6. Efter godkändande skickas det till resp. handledare i IKOT.

5.5	Beskriv möjligheter till framtida koncept med särskild hänsyn till miljöaspekter		Vad kan göras för att minska miljöbelastningen i framtiden? Här kan argumenteras för större förändringar.	X
-----	----------------------------------------------------------------------------------	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

6. Skriv den slutliga kravspecifikationen

6	Slutgiltig kravspecifikation för valt koncept på kundnivå	Enligt kapitel 17 issue 3 samt exhibit 17.29 och 17.30.	Sätt målvärden på huvud-, tilläggs- samt oönskade funktioner och kostnader	5
---	-----------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	---

7. Konstruera konceptet

7.1	Systemarkitektur	Enligt kapitel 18 issue 4 samt exhibits 18.4 , 18.6 och 18.7.	Modularisera produkten med hjälp av den funktionella modellen. Träddiagram som visar gränssnitt för de olika modulerna i produkten; vad utvecklas in-house/externa leverantörer. Beskriv modulernas funktioner. Gränssnittsmatris visar hur de olika modulerna hänger ihop.	6
7.2	Detaljkonstruktion.	Detaljmodulering i Inventor eller Catia	Detaljkonstruera och dimensionera kritiska delsystem. Modellera komponenter i CAD verktyg.	6-8
7.3	Produktionsanpassning och kostnadsuppskattning.	Sållning av tillverkningsprocesser baserat på konstruktionskriterier	Tillverkningsbarhet	7&8
7.3	Produktionsanpassning och kostnadsuppskattning.	Kostnadsuppskattning detaljtillverkning och montering	Kostnadsuppskattning	7&8
7.3	Produktionsanpassning och kostnadsuppskattning.	Konstruktionsanpassning för detaljtillverkning (DFM) och montering (DFA) Exhibit 18.5	Tillverkningsbarhet	7&8

8. Verifiera och utvärdera konceptet

8.1	Prototyp tillverkning	Modellering i Inventor eller Catia samt modell tillverkning	Modell och en första fysisk prototyp för förståelse av funktionen. Vad vill ni testa?	
8.2	Genomför ett funktionell test	Simulering	Gör ett praktiskt prov där funktionen simuleras och utvärdera resultatet.	
8.3	Analys av måluppfyllnad	Återkoppla till steg 5	Analysera funktion och måluppfyllnad. Om målen inte nås med valt koncept, utvärdera ifall projektet bör starta om ifrån steg 5	

9. Presentera och dokumentera

9.1	Dokumentation och presentation	Enligt utdelat material och PM	Dokumentation av arbetsprocess, valt koncept och gjorda erfarenheter.	
9.2	Reflektion över gruppdynamiken		Slutrapportering med reflektioner kring det gruppdynamiska inslaget med erfarenheter från grupparbetet i praktiken.	
9.3	Slutpresentation		Ta fram en professionell slutpresentation	

C

Intervjufrågor

Intervjufrågor

Jehander:

- Hur går bytet av innermantel till?
 - Hur går det ideala bytet till?
 - Hur stor är skillnaden i geometri på en utsliten innermantel och en ny?
 - Vad är livslängden, hur länge håller en innermantel?
 - Vad är osäkerheten, vad händer när det krånglar?
 - Hur brukar användare skada sig?
 - Vad anses vara tillräckligt säkert?
 - Hur skiljer sig de inner- & yttermantel och krossplatta?
 - Vad väger de olika detaljerna?
-
- Hur mycket plats för verktyget finns?
 - Kan verktyget krocka med yttermanteln och konan?
 - Vad lyfts själva lyftverktyget med?
 - Vad riskerar gå fel med det gamla verktyget?
 - Finns det olika lösningar (lyftverktyg), vilka i så fall?
 - Finns det olika varianter på lyftverktyget?
 - Vilka är de stora fördelarna och nackdelarna med verktyget?
-
- Vilka krav ställs, hur lång tid får lyftet ta (etc.)?
 - Finns det extra önskemål, vad hade varit bra om produkten gjorde?
 - Finns det tillgängliga ritningar & data för verktygen?
 - Vad är materialet för lyftverktyg och mantlar/krossplattor?
 - Vad väger lyftverktyget?
 - Hur stor är den nuvarande kostnaden?

Sandvik:

- Har det skett några skador eller olyckor med [lyftverktyget] Sandlock?
- Vad kostar verktyget?
- Hur lång är livslängden på verktyget?
- Vilka typer av säkerhetscertifieringar finns för verktyget?
- Vad innebär CE-certifiering i detta fallet?
- Varför gjorde Sandvik egna lyftverktyg?
- Finns det data för lyftverktyget? Material, vikt och dimensioner söks, både för lyftverktyg och axlar.

Andreas Almén, Krosskonsult AB (SBMI):

- Vad är den minsta diametern på innermantlarna i Sandviks CH430-CH660 serie samt motsvarande för Mesto?
- Vilka är de allra vanligaste innermantlarna i Sverige?
- Hur ser Metsos kon- och spindelinnermantlar ut?
- Hur stort är viktspannet i de efterfrågade innermantlarna samt axelpaket?

D

Kravspezifikation

Chalmers	Dokumenttyp:	Kravspecifikation			
	Projekt:	Utveckla en säker lyftanordning för tunga krossplattor och mantlar (PPUX03-14-23)			
Utfördare: Niklas Axelsson, Andreas Carlberger, Felix Dumont, Oscar Johansson, Daniel Kuzet		Skapad: 2014-02-11			
Modifierad: 2014-05-09		Vikt: 1 lägst, 4 högst			
Kriterier	Målvärde	K/Ö	Vikt (1-4)	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)
Funktion					
Bära last	5000 kg*	K		Hållfasthetsberäkningar, test	Projektgruppen
1. Prestanda					
Kompatibilitet med krossmodeller	Sandvik CH430-660** samt motsvarande Metso	K		CAD-modellering, test	Projektgruppen
Kompatibilitet med krossmodeller	Sandvik CH420 och CH880 samt motsvarande Metso	Ö	1	CAD-modellering, test	Projektgruppen
Kompatibilitet med spindelkrossar	Sandvik CS430-CS660 samt motsvarande Metso GP	Ö	4	CAD-modellering, test	Projektgruppen
Minimalt verktygsbehov	Inte mer än två verktyg behövs för justering/användning	Ö	3	Konstruktion	Projektgruppen
Justeringssteg för verktyget vid montering	Inga, steglös	Ö	3	CAD-modellering	Projektgruppen
Låg komplexitet (avs. konstruktion)	Färre än femtio delar	Ö	1	CAD-modellering	Projektgruppen
2. Miljö					
Återvinningsbarhet	70% av komponenter återvinningsbara	Ö	1	Materialanalys	Projektgruppen
3. Livslängd					
Användningscykler	(Standard) 1 30 år***	K		Utmattningsberäkning	Projektgruppen
Användningscykler	4000st	Ö	2	Utmattningsberäkning	Projektgruppen
4. Underhåll					
Underhållsbehov	Endast smörjning nödvändigt	Ö	2	Test	Projektgruppen

E

Materialdata

Description

The material

Pure iron is soft stuff. Add carbon and heat-treat it right, and you can get a material that is almost as hard and brittle as glass, or as ductile and tough as boiler plate. 'Heat treat' means heating the steel to about 800 C to dissolve the carbon, then quenching (rapid cooling, often by dropping into cold water) and tempering - reheating it to a lower temperature and holding it there. Quenching turns the steel into hard, brittle 'martensite'; tempering slowly restores the toughness and brings the hardness down. Control of tempering time and temperature gives control of properties. It's wonderful what 1% of carbon can do. But (the inevitable 'but') the cooling rate in that initial quench has to be fast - more than 200 C/second for plain carbon steels. There is no difficulty in transforming the surface of a component to martensite, but the interior cools more slowly because heat has to be conducted out. If the component is more than a few millimeters thick, there is a problem - the inside doesn't cool fast enough. The problem is overcome by alloying. Add a little manganese (Mn), nickel (Ni), molybdenum (Mo), or chromium (Cr), and the critical cooling rate comes down, allowing thick sections to be hardened and then tempered. Adding some vanadium, V, as well allows a dispersion of carbides giving strength while retaining toughness and ductility. Chrome-molybdenum steels such as AIS 4140 are used for aircraft tubing and other high strength parts. Chrome-vanadium steels are used for crank and propeller shafts and high quality tools. Steels alloyed for this purpose are called low alloy steels, and the property they have is called 'hardenability'.

Composition (summary)

Fe/<1.0 C/<2.5 Cr/<2.5 Ni/<2.5 Mo/<2.5 V

Image



Caption

Low alloy chrome-molybdenum and chrome-vanadium steels are used for high quality tools, bike frames and automobile engine and transmission components.

General properties

Density	7.8e3	-	7.9e3	kg/m ³
Price	* 4.04	-	4.44	SEK/kg
Date first used	1930			

Mechanical properties

Young's modulus	205	-	217	GPa
Shear modulus	77	-	85	GPa
Bulk modulus	160	-	176	GPa
Poisson's ratio	0.285	-	0.295	
Yield strength (elastic limit)	400	-	1.5e3	MPa
Tensile strength	550	-	1.76e3	MPa
Compressive strength	400	-	1.5e3	MPa
Elongation	3	-	38	% strain
Hardness - Vickers	140	-	693	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 248	-	700	MPa
Fracture toughness	14	-	200	MPa.m ^{0.5}

Mechanical loss coefficient (tan delta) * 1.8e-4 - 0.00116

Thermal properties

Melting point	1.38e3	-	1.53e3	°C
Maximum service temperature	* 500	-	550	°C
Minimum service temperature	* -73.2	-	-43.2	°C
Thermal conductor or insulator?	Good conductor			
Thermal conductivity	34	-	55	W/m.°C
Specific heat capacity	410	-	530	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	10.5	-	13.5	µstrain/°C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good conductor			
Electrical resistivity	* 15	-	35	µohm.cm

Optical properties

Transparency	Opaque			
--------------	--------	--	--	--

Processability

Castability	1	-	2
Formability	3	-	4
Machinability	3	-	4
Weldability	5		
Solder/brazability	5		

Eco properties

Embodied energy, primary production	* 28.7	-	31.7	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 1.93	-	2.13	kg/kg
Recycle				

Supporting information

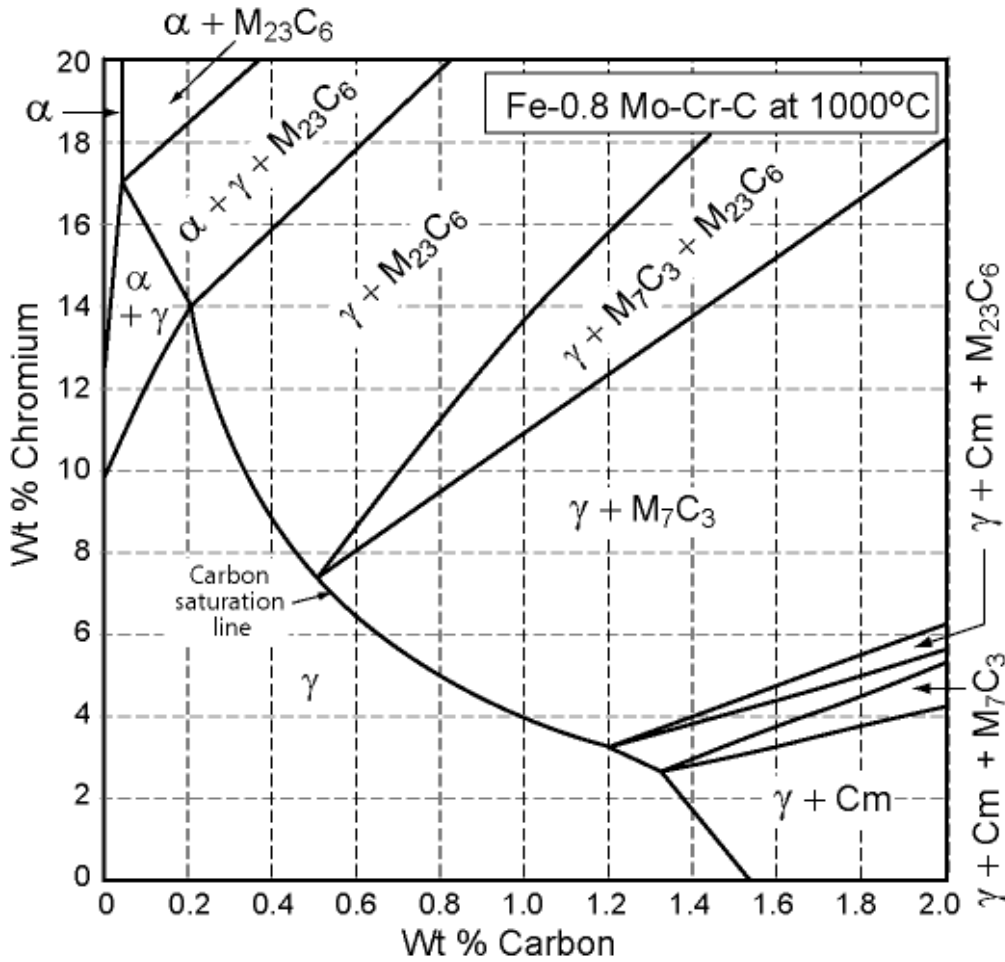
Design guidelines

Low alloy steels are heat treatable - most other carbon steels are not - and so are used for applications where hardness or strength is an important feature, particularly in large sections. They have greater abrasion resistance, higher toughness and better strength at high temperatures than plain carbon steels. Alloy steels with carbon content of 0.30 to 0.37 % are used for moderate strength and great toughness; 0.40 - 0.42% for higher strength and good toughness; 0.45 - 0.50% for high hardness and strength with moderate toughness; 0.50-0.62% for hardness (springs and tools); 1% for high hardness and abrasion resistance (ball bearings or rollers).

Technical notes

The SAE-AISI system for low alloy steels works the same way as that for plain carbon steels. Each steel has a four-digit code; the first two digits indicate the major alloying elements, the second two give the amount of carbon, in hundredths of a percent. Typical are the nickel-chrome-molybdenum steels with the designation 43xx, but the alloying elements can include any of the following: more than 2% silicon, more than 0.4% copper, more than 0.1% molybdenum, more than 0.5% nickel, more than 0.5% chromium. More information on designations and equivalent grades can be found in the Users section of the Granta Design website, www.grantadesign.com

Phase diagram



Phase diagram description

High strength low alloy steels contain small (<5%) additions of chromium (Cr), molybdenum (Mo), nickel (Ni) and carbon (C).

Typical uses

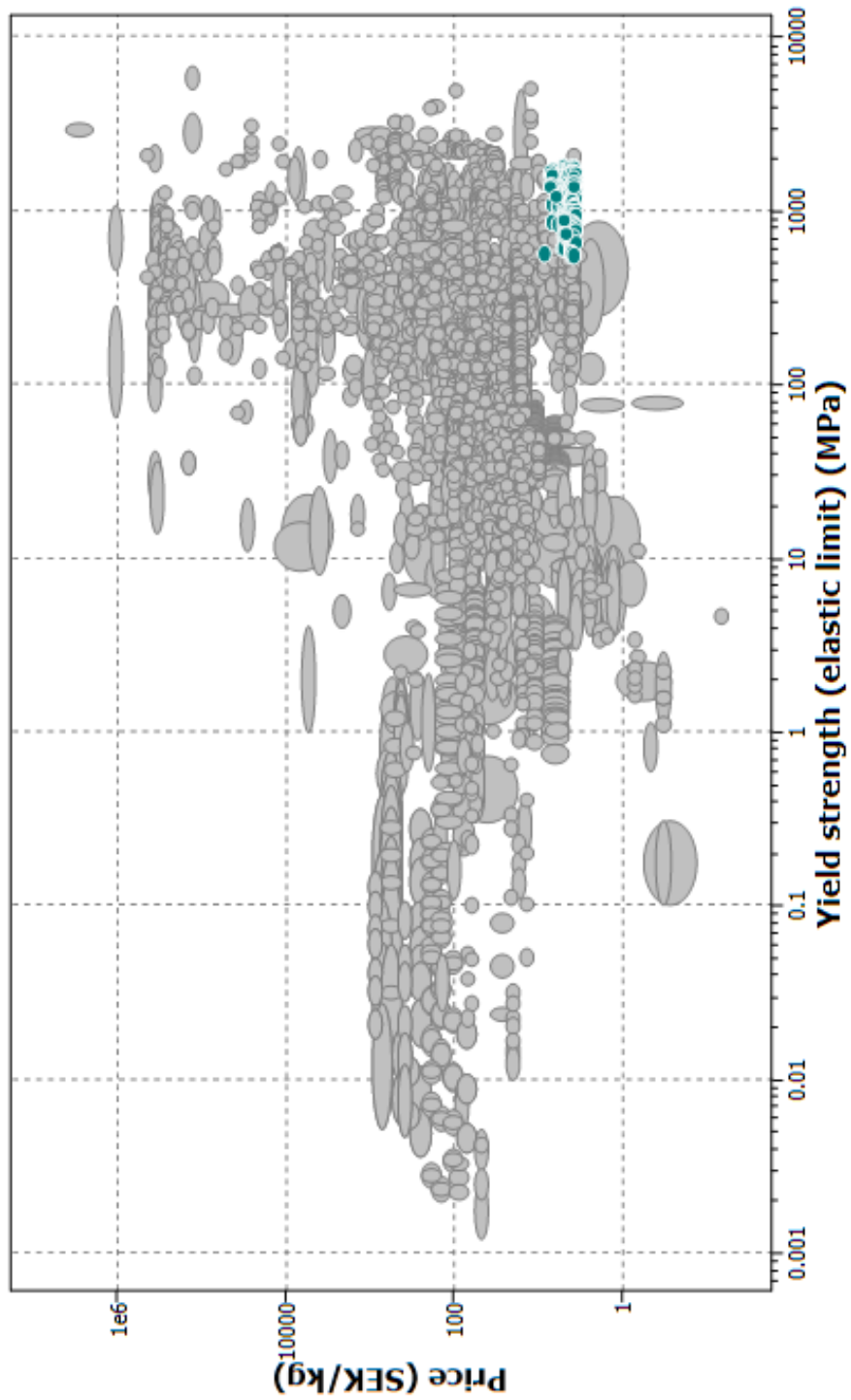
Springs, tools, ball bearings, rollers; crankshafts, gears, connecting rods, knives and scissors, pressure vessels.

Links

Reference

ProcessUniverse

Producers



Figur E.1: Pris/kg beroende av sträckgränsen

F

Ritningar slutgiltigt koncept

D

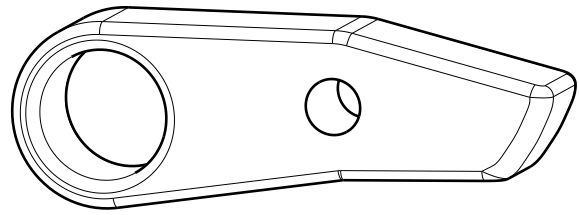
C

B

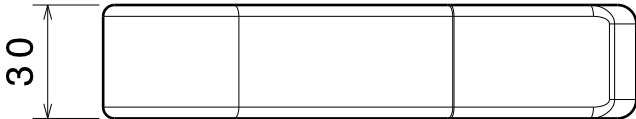
A

4

4



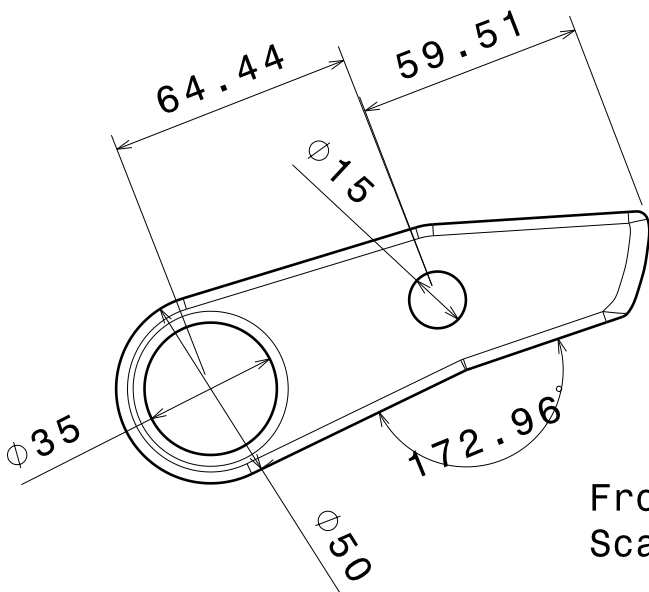
Isometric view
Scale: 1:2



Bottom view
Scale: 1:2

3

3



Front view
Scale: 1:2

2

2

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

KONCEPT PLÅTKLO

DRAWING TITLE

Komponent A

DRAWN BY
Niklas

DATE
5/19/2014

CHECKED BY
XXX

DATE
XXX

SIZE
A4

DRAWING NUMBER
001

DESIGNED BY
XXX

DATE
XXX

SCALE 1:1

WEIGHT (kg) 1.1

SHEET 1/1

1

1

D

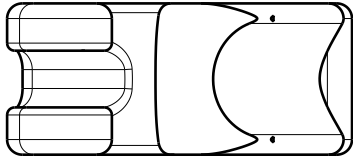
A

D

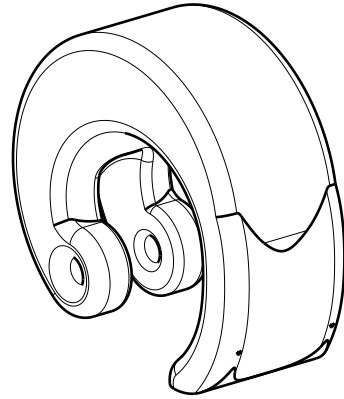
C

B

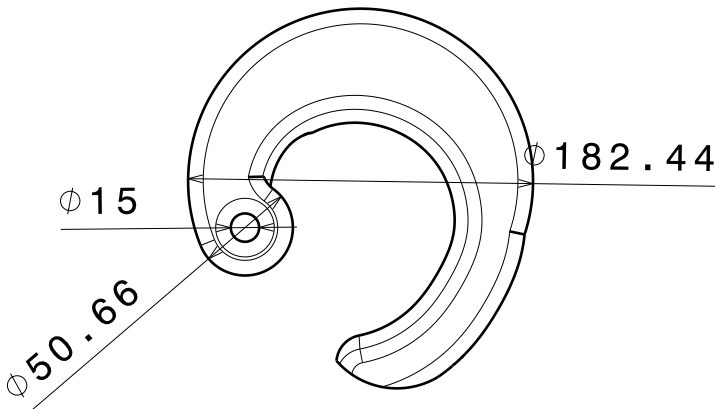
A



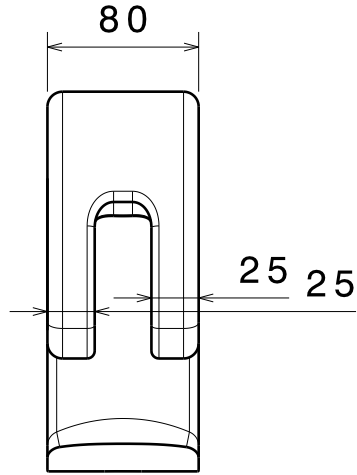
Bottom view
Scale: 1:4



Isometric view
Scale: 1:4



Front view
Scale: 1:4



Left view
Scale: 1:4

This drawing is our property.
It can't be reproduced
or communicated without
our written agreement.

KONCEPT PLÅTKLO

DRAWING TITLE

Komponent B

DRAWN BY
Niklas

DATE
5/19/2014

CHECKED BY
XXX

DATE
XXX

SIZE
A4

DRAWING NUMBER

002

DESIGNED BY
XXX

DATE
XXX

SCALE

1:1

WEIGHT (kg)

9.7

SHEET

1/1

D

A

4

4

3

3

2

2

1

1